TÍTULO:	Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial na região do empreendimento UHE Mauá e Terras Indígenas de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina – Relatório Ano 2015-2016
OBJETIVO:	Diagnóstico da qualidade da água através de ensaios físicos, químicos e biológicos.
CONTRATO:	Nº 4600005476
SOLICITANTE:	Copel Geração e Transmissão S.A. Rua José Izidoro Biazetto, 158 Curitiba - Paraná CEP 80420-170 A/C: Eng. Geovanni Fedalto
EXECUTANTE:	Institutos Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 | Jardim das Américas Caixa Postal 19067 | CEP 81531-980 | Curitiba – Paraná – Brasil

Equipe técnica:
Autores:
Nicole M. Brassac de Arruda - CRBio 28775-07D
Gheysa do Rocio Morais Pires - CREA PR 110797D
Marianne S. França Sieciechowicz - CREA PR 85343D
Priscila Izabel Tremarin - CRBio 45593-07/D
Moacyr Serafim Júnior - CRBio 17499-07/D
Rosemary Brogim - CRBio 17494-07/D
Camila Cardoso Fontanella - CRBio 66171-07/D
Letícia Larcher - CRBio 50469-07/D

Apoio:
Sarah Lopes – Estagiária Ciências Biológicas/DPRA
Geovanna Colombo – Estagiária Eng. Ambiental/DPRA
Henrique Leite - Estagiário Geografia/DPRA
Mariana Fialho – Estagiária Tecnologia Proc. Ambientais/DPRA

Emitido por:

_____
Nicole M. Brassac de Arruda
CRBio 27775-07D
Divisão de Meio Ambiente

Aprovado por:

_____
Tânia Lúcia Graf de Miranda
CREA RS 069105/D
Gerente Divisão de Meio Ambiente

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

Nome	Profissão	Registro de Classe	Assinatura
Qualidade de Águas Superficiais e Sedimento			
Nicole M. Brassac de Arruda	Bióloga	CRBio 28775-07/D	
Marianne S. França Sieciechowicz	Engenheira Ambiental	CREA PR 85343/D	
Gheysa do Rocio Morais Pires	Tecnóloga em Química Ambiental	CRQ PR 09202642/D	
Tânia Lúcia Graf de Miranda	Engenheira Agrônoma	CREA RS 069105/D	
Comunidade Fitoplanctônica			
Priscila Izabel Tremarin	Bióloga	CRBio 45593-07/D	
Comunidade Zooplanctônica			
Moacyr Serafim Júnior	Biólogo	CRBio 17499-07/D	
Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos			
Rosemary Brogim	Bióloga	CRBio 17494-07/D	
Macroinvertebrados bentônicos Invasores			
Camila Cardoso Fontanella	Bióloga	CRBio 66171-07/D	
Comunidade de Macrófitas Aquáticas			
Letícia Larcher	Bióloga	CRBio 50469-07/D	
Atividades de Campo			
Bruno Cavichiolo Andreoli	Engenheiro Civil	CREA PR 117427/D	

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

SUMÁRIO

1 Introdução 17
2 Metodologia 17
2.1 Área de Estudo 17
2.1.1 UHE Mauá 17
2.1.2 Terras Indígenas 20
2.2 Procedimentos Técnicos 22
2.2.1 Qualidade de Água 22
2.2.1.1 Índices de Qualidade de Água 24
2.2.1.1.1 IQA - Índice de Qualidade de Água 24
2.2.1.1.2 IQAR – Índice de Qualidade de Água de Reservatórios 24
2.2.1.1.3 IET – Índice de Estado Trófico 25
2.2.1.1.4 Índices de Estabilidade da Água 25
2.2.2 Análises em Sedimento 28
2.2.2.1 Metodologia 29
2.2.2.2 CQS – Critério de Qualidade de sedimentos 31
2.2.3 Fitoplâncton 33
2.2.4 Zooplâncton 34
2.2.5 Macroinvertebrados Bentônicos 35
2.2.5.1 Levantamento macroinvertebrados invasores 37
2.2.6 Macrófitas Aquáticas 38
3 Resultados e Discussão Relacionados às estações de monitoramento de reservatório e entorno da UHE Mauá 41
3.1 Variáveis físico-químicas de qualidade de água 41
3.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA) 58
3.1.2 Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR) 59
3.1.3 Índice de Estado Trófico (IET) 62
3.1.4 Índices de Estabilidade da Água 64
3.2 Perfis térmicos e químicos 67
3.3 Sedimentos 75

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

3.3.1 Avaliação do CQS – Critério de Qualidade de sedimentos 78
3.3.2 Granulometria 79
3.3.3 Comparativo Resultados Anteriores UHE Mauá 82
3.3.4 Comparativo Resultados Granulometria Mauá 88
3.4 Comunidade Fitoplanctônica 92
3.4.1 Diagnóstico integrado com os resultados apresentados no relatório anterior 102
3.5 Comunidade Zooplanctônica 103
3.5.1 Composição e Abundância de Rotíferos 103
3.5.2 Composição e Abundância de Microcrustáceos 106
3.6 Macroinvertebrados Bentônicos 109
3.6.1 Caracterização das estações de amostragem com base no estudo de macroinvertebrados bentônicos 110
3.6.1.1 . Estação E1 110
3.6.1.2 Estação E2 111
3.6.1.3 Estação E3 112
3.6.1.4 Estação E4 112
3.6.1.5 Estação E6 113
3.6.1.6 Estação E7 113
3.6.1.7 Estação E9 114
3.6.1.8 Estação E10 116
3.6.2 Resultados e Discussão das Estações UHE Mauá 116
3.6.2.1 Estação E1 118
3.6.2.2 Estação E2 121
3.6.2.3 Estação E3 123
3.6.2.4 Estação E4 125
3.6.2.5 Estação E6 127
3.6.2.6 Estação E7 130
3.6.2.7 Estação E9 133
3.6.2.8 Estação E10 135
3.6.3 Avaliação da ocorrência de Limnoperna fortunei (macroinvertebrado invasor) . 137

3.6.3.1 Diagnóstico 139
3.7 Macrófitas Aquáticas 140
4 Resultados e Discussão Relacionados às estações de monitoramento das Terras Indígenas 160
4.1 Variáveis físico-químicas de qualidade de água 160
4.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA) 168
4.1.2 Índice de Estado Trófico 169
4.2 Sedimento 170
4.2.1 Avaliação do CQS – Critério de Qualidade de sedimentos 173
4.2.2 Granulometria 174
4.2.3 Comparativo Resultados Terras Indígenas 176
4.3 Comunidade Fitoplanctônica 178
4.3.1 Diagnóstico integrado com os resultados apresentados no relatório anterior 184
4.4 Comunidade Zooplanctônica 185
4.4.1 Composição e Abundância de Rotíferos 185
4.4.2 Composição e Abundância de Microcrustáceos 188
4.4.3 Comparações entre as áreas monitoradas 191
4.5 Macroinvertrados Bentônicos 196
4.5.1 Descrição das estações de amostragem com base no estudo de macroinvertebrados bentônicos 196
4.5.1.1 Estação – TI1 - Terras Indígenas Mococa 196
4.5.1.2 Estação – TI2 - Terras Indígenas Apucaraninha 196
4.5.1.3 Estação – TI3 - Terras Indígenas Barão de Antonina 197
4.5.2 Resultados e Discussão das estações das Terras Indígenas 198
4.5.2.1 Estação Terra Indígena de Mococa – TI1 199
4.5.2.2 Estação Terra Indígena de Apucaraninha – TI2 202
4.5.2.3 Estação Terra Indígena Barão de Antonina – TI3 204
5 Conclusões 208
6 Referências Bibliográficas 218

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo. 18
Figura 2 – Uso do Solo no entorno do reservatório de Mauá (dados de 2009). 19
Figura 3 - Localização das estações de amostragem de águas superficiais na área de estudo. 20
Figura 4 – Estações de amostragem nas regiões das TIs Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina. 21
Figura 6 – Draga de sedimentos tipo Petersen 29
Figura 7 - Classificação de contaminantes químicos em cinco faixas de qualidade e sua relação com os critérios TEL e PEL. 32
Figura 8 - Equipamentos utilizados para as coletas quantitativas dos macroinvertebrados bênticos. A e B. Método de utilização do Petit Ponar e uma amostra coletada com este amostrador; C Rede puçá triangular e D. Surber e método de coleta. 36
Figura 9 – Localização das estações de amostragem de macrófitas aquáticas. 39
Figura 10 - Vista geral do estação de amostragem M11, na região média do Reservatório da UHE Mauá 40
Figura 11 - Vista geral do ponto amostral M12, na região próxima à foz do Rio Imbauzinho 41
Figura 12 - Variações temporais de fósforo total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá 53
Figura 13 – Relação do fósforo reativo e do fósforo total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá. 54
Figura 14 - Variações temporais de nitrogênio total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá. 55
Figura 15 - Variações temporais de oxigênio dissolvido (superfície) no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá. 56
Figura 16 - Variações temporais do pH (superfície) no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá. 57
Figura 17 – Índice de Qualidade de Água do rio Tibagi no entorno do reservatório da UHE Mauá. 59
Figura 18 – Índice de Estado Trófico do rio Tibagi e reservatório da UHE Mauá. 63
Figura 19 – Percentual de registro das categorias do Índice de Estado Trófico na região do estudo, no entorno do reservatório da UHE Mauá. 64

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Figura 20 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 68
Figura 21 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 69
Figura 22 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 69
Figura 23 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016. 70
Figura 24 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016. 71
Figura 25 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016. 72
Figura 26 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 73
Figura 27 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 74
Figura 28 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016. 75
Figura 29 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na campanha de fevereiro/2016. 81
Figura 30 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na campanha de agosto/2016. 82
Figura 31 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E1. 89
Figura 32 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E2. 89
Figura 33 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E3. 90
Figura 34 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E4. 90
Figura 35 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E6. 91
Figura 36 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E7. 91
Figura 37 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E9. 92
Figura 38 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E10. 92
Figura 39 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá. 96

Figura 40 - Riqueza percentual de táxons por classes na região estudada da UHE Mauá. 97

Figura 41 - Riqueza de táxons por classes em cada estação de coleta analisada. 97

Figura 42 - Contribuição percentual da densidade celular mensal das classes de algas..... 98

Figura 43 - Variação temporal das densidades celulares mensais do fitoplâncton. 100

Figura 44 - Ocorrência de Ceratium furcoides nas estações da coleta..... 101

Figura 45 - Ocorrência de Cylindrospermopsis raciborskii nas estações da coleta da UHE Mauá. 101

Figura 46 - Número de táxons por Família de rotíferos identificados no reservatório da UHE de Mauá. 103

Figura 47 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidade de rotíferos no reservatório da UHE de Mauá. 105

Figura 48 - Variabilidade espacial e temporal da densidade (org./m^3) de rotíferos no reservatório da UHE de Mauá. 106

Figura 49 - Número de táxons por Família de microcrustáceos identificados no reservatório da UHE de Mauá. 106

Figura 50 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidade de microcrustáceos no reservatório da UHE de Mauá..... 108

Figura 51 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de microcrustáceos no reservatório da UHE de Mauá..... 109

Figura 52 - Fotos da Estação E1 localizada no rio Tibagi durante fevereiro de 2016. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim..... 111

Figura 53 - Fotos da Estação E2 localizada no rio Tibagi, no Parque Municipal de Telêmaco Borba, durante agosto de 2016 no monitoramento da Fase Reservatório. Fotos de Roger Dalcin 111

Figura 54 - Fotos da Estação E3 localizada no rio Imbauzinho durante maio de 2016. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim..... 112

Figura 55 - Foto da Estação E4 localizada na região mediana do monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Foto de Rosemary A. Brogim. 113

Figura 56 - Fotos da Estação E6 localizada próxima à barragem da UHE Mauá durante novembro 2015. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Pedro C. Pinheiro e Adilson Lara. 113

Figura 57 - Fotos da Estação E7 localizada no rio durante o monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim (Fevereiro 2016) e Roger Dalcin (Agosto 2016). 114

Figura 58 - Fotos da Estação E9 localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante o período de novembro 2015 a agosto 2016. Fotos de Rosemary A. Brogim e Roger Dalcin. 115

Figura 59 - Fotos da Estação E10 localizada no início do reservatório durante o monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim. 116

Figura 60 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E1 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 119

Figura 61 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E1 durante o Ciclo 2015-2016 da UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 120

Figura 62 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade na Estação E2 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 122

Figura 63 - A. Abundâncias totais. B. Abundâncias relativas na Estação E2 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 123

Figura 64 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E3 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 124

Figura 65 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E3 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 125

Figura 66 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E4 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 126

Figura 67 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E4 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 127

Figura 68 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E6 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 128

Figura 69 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E6 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 129
Figura 70 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão do Número de Taxa e Abundância e do Índice de Diversidade da Estação E7 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 131
Figura 71 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E7 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 132
Figura 72 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E9 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 134
Figura 73 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E9 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 135
Figura 74 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E10 durante Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 136
Figura 75 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E10 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 137
Figura 76 - Hábito de vida das espécies de macrófitas aquáticas encontradas no Reservatório da UHE Mauá 140
Figura 77 - Alternanthera ficoidea 142
Figura 78 - Apinagia yguazuensis 142
Figura 79 - Seta indica individuo de *Azolla filiculoides*, em associação com Salvinia auriculata..... 143
Figura 80 - Commelina difusa 143
Figura 81 - Cyperus luzulae 144
Figura 82 - Cyperus reflexus var. fraternus 144
Figura 83 - Diodia sp. 145
Figura 84 - Echinodorus grandiflorus 145
Figura 85 - Eichhornia crassipes 146
Figura 86 - Eleocharis sellowiana 147
Figura 87 - Euphorbia heterophylla 147
Figura 88 - Lemna minor 148
Figura 89 - Ludwigia nervosa (a) e Ludwigia tomentosa (b) 148

Figura 91 - Ludwigia elegans 149
Figura 92 - Pfaffia glomerata 149
Figura 93 - Phyllanthus sellowianus 150
Figura 94 - Pistia stratiotes 151
Figura 95 - Polygonum hidropiperoides 151
Figura 96 - Polygonum punctatum 152
Figura 97 - Seta indica indivíduos de Pontederia cordata 153
Figura 98 - Seta indica indivíduo de Salvinia auriculata 153
Figura 99 - Podestemun irgangii 154
Figura 100 - Salvinia auriculata encontrada em março de 2015 na estação de monitoramento M4 .. 157
Figura 101 - Banco de espécies de macrófitas aquáticas flutuantes em associação. 158
Figura 102 - Associação de espécies de macrófitas aquáticas flutuantes e a fauna local, indicados pela seta amarela (aranha e grilo). 158
Figura 103 - Retenção de macrófitas e lixo na superfície do reservatório pela ocorrência de vegetação remanescente da supressão vegetal e posterior alagamento. 159
Figura 104 - Vegetação flutuante retida pela vegetação arbórea remanescente e lixo. 159
Figura 105- Comportamento espacial e temporal do fósforo total nas estações TI1, TI2 e TI3. 166
Figura 106- Comportamento espacial e temporal do nitrogênio total nas estações TI1, TI2 e TI3. 167
Figura 107- Comportamento espacial e temporal do oxigênio dissolvido nas estações TI1, TI2 e TI3. 168
Figura 108- Comportamento espacial e temporal do Índice de Qualidade de Água (IQA) nas estações TI1, TI2 e TI3. 169
Figura 109- Comportamento espacial e temporal do Índice de Estado Trófico (IET) nas estações TI1, TI2 e TI3. 170
Figura 110 – Classificação textural dos sedimentos coletadas nas Terras Indígenas na campanha de fevereiro/2016. 175
Figura 111 – Classificação textural dos sedimentos coletadas nas Terras Indígenas na campanha de agosto/2016 176
Figura 112 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI1 177
Figura 113 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI2 178
Figura 114 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI3 178

Figura 115- Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi, na região de Terras Indígenas. 181

Figura 116- Riqueza percentual de táxons por classes nos pontos de Terras Indígenas. 182

Figura 117 - Riqueza de táxons por classes em cada estação de coleta analisada em Terras Indígenas. 182

Figura 118- Contribuição percentual temporal da densidade celular média mensal das principais classes de algas no período entre novembro/15 e agosto/16. 183

Figura 119 - Variação temporal das densidades celulares mensais do fitoplâncton em Terras Indígenas. 184

Figura 120 - Número de táxons por Família de rotíferos identificados nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 185

Figura 121 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidades de rotíferos nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 187

Figura 122 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de rotíferos nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 188

Figura 123 Número de táxons por Família de microcrustáceos identificados nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 188

Figura 124 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidades de microcrustáceos nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 190

Figura 125 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de microcrustáceos nos pontos de coleta localizados nas Terras Indígenas. 191

Figura 126 - Comparações entre as abundâncias (total de org./m^3) do zooplâncton amostrado no reservatório da UHE de Mauá e nas Terras Indígenas. 192

Figura 127 - Comparações das densidades do zooplâncton no reservatório da UHE de Mauá. 194

Figura 128 - Comparações das densidades do zooplâncton nas Terras Indígenas. 195

Figura 129 - Fotos da Estação de coletas nas Terras Indígenas Mococa (TI1) localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante agosto 2016. Fotos de Roger Dalcin. 196

Figura 130 - Fotos da Estação de coletas nas Terras Indígenas Apucaraninha localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante 2015/2016. Fotos de Roger Dalcin. 197

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Figura 131 - Fotos da Estação TI3, nas Terras Indígenas Barão de Antonina localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá. Fotos de Rosemary A. Brogim, Roger Dalcin e Pedro C. Pinheiro. Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR. 198

Figura 132 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão do A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação TI1 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Mococa, Ortigueira, PR. 201

Figura 133 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação TI1 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Mococa, Ortigueira, PR. 202

Figura 134 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação Apucaraninha TI2 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Apucaraninha, Londrina, PR. 203

Figura 135 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação Apucaraninha TI2 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Apucaraninha, Londrina, PR. 204

Figura 136 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação Barão de Antonina TI3 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Barão de Antonina, Londrina, PR. 206

Figura 137 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação Barão de Antonina TI3 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Barão de Antonina, Londrina, PR. 207

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição e localização das estações de amostragem. 20

Tabela 2 - Descrição e localização das estações de amostragem na região das Terras Indígenas. 21

Tabela 3 - Classificação do IQA. 24

Tabela 4 - Classificação do IQAR: 24

Tabela 5 – Classificação do Índice de Estado Trófico 25

Tabela 6 – Interpretação dos resultados do LSI 26

Tabela 7 – Interpretação dos resultados do RSI 27

Tabela 8 – Interpretação dos resultados do ILR 28

Tabela 9 – Análises realizadas no sedimento 30

Tabela 10 – Classificação da qualidade do sedimento de acordo com a concentração de cada contaminante. 32

Tabela 11 - Descrição dos estações amostrais e respectivas coordenadas UTM. 40
Tabela 12 – Pluviosidade acumulada (mm) de sete dias em estações pluviométricas na região da UHE Mauá. 42
Tabela 13 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E1, a montante do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 43
Tabela 14 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E2, a montante do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 44
Tabela 15 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E3, rio Imbauzinho, tributário do rio Tibagi, na região do empreendimento UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 45
Tabela 16 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E4, porção média do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 46
Tabela 17 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E6, reservatório da UHE Mauá, nas proximidades do barramento, de novembro/15 a agosto/16. 47
Tabela 18 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E7, a jusante do reservatório e da casa de força da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 49
Tabela 19 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E9, a jusante do reservatório da UHE Mauá, na região do reservatório da PCH Getúlio Vargas, de novembro/15 a agosto/16. 50
Tabela 20 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E10, rio Barra Grande em sua porção alagada do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16. 52
Tabela 21 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E4, em diferentes profundidades. 60
Tabela 22 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E6, em diferentes profundidades. 61
Tabela 23 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E10, em diferentes profundidades. 62
Tabela 24 – Resultados dos Índices de Estabilidade da Água 65
Tabela 25 – Resultados das análises realizadas em sedimento, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/16. 76

Tabela 26 – Resultados das análises realizadas em sedimento, relativas à campanha de monitoramento de agosto/16. 77

Tabela 27 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de fevereiro/2016. 78

Tabela 28 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/2016. 79

Tabela 29 – Datas de coleta e respectivas estações de monitoramento de sedimentos no período anterior. 83

Tabela 29 – Desacordos observados nas estações monitoradas na região da UHE Mauá, em períodos anteriores monitoramento anterior. 83

Tabela 30 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de abril/2013. 85

Tabela 31 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de agosto/13. 86

Tabela 32 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/15. 87

Tabela 33 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/15. 88

Tabela 34 – Listagem dos táxons identificados na região do empreendimento da UHE Mauá 93

Tabela 35 - Lista de táxons e frequência de ocorrência dos rotíferos amostrados no reservatório da UHE de Mauá, ciclo 2015-2016. 104

Tabela 36 - Lista de táxons e frequência de ocorrência de microcrustáceos amostrados no reservatório da UHE de Mauá. 107

Tabela 37 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos amostrados nas oito estações durante o Ciclo 2015-2016 no rio Tibagi e Tributários, Paraná. 117

Tabela 38 **-** Resultados de análises da possível presença de larvas de mexilhão dourado nas amostras coletadas ao longo do último ano do monitoramento. 138

Tabela 39 - Lista das espécies encontradas nas margens do Rio Tibagi (Paraná, Brasil), respectivas famílias, nome comum, hábito e ocorrência nas estações de monitoramento.. 140

Tabela 40 – Pluviosidade acumulada (mm) de sete dias em estações pluviométricas na região das Terras Indígenas em estudo. 161

Tabela 41 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI1, nos meses de novembro/15 a agosto/16. 163

Tabela 42 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI2, nos meses de novembro/15 a agosto/16. 164

Tabela 43 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI3, nos meses de novembro/15 a agosto/16. 165

Tabela 44 – Resultados das análises realizadas em sedimento nas Terras Indígenas, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/16. 171

Tabela 45 – Resultados das análises realizadas em sedimento nas Terras Indígenas, relativas à campanha de monitoramento de agosto/16. 171

Tabela 46 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de fevereiro/2016 nas Terras Indígenas. 173

Tabela 47 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/2016 nas Terras Indígenas. 174

Tabela 48– Listagem dos táxons identificados nos pontos de Terras Indígenas. 179

Tabela 49 **-** Lista de táxons e frequência de ocorrência de rotíferos amostrados nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 185

Tabela 50 - Lista de táxons e frequência de ocorrência de microcrustáceos amostrados nos pontos de coleta das Terras Indígenas. 189

Tabela 51 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos registrados no trecho do rio Tibagi das Terras Indígenas Mococa (TI1), Apucaraninha (TI2) e Barão de Antonina (TI3) (Paraná) de setembro de 2015 a agosto de 2016. Os táxons em destaque ainda não tinham sido amostrados para estas localidades. 199

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se ao diagnóstico da qualidade das águas do reservatório da UHE Mauá, bem como do rio Tibagi, na região do referido empreendimento. Também é objeto deste documento, a avaliação da qualidade das águas do rio Tibagi, na região das Terras Indígenas (TI) de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina, a jusante da UHE Mauá, como parte do PBA Mauá – Componente Indígena. Os resultados são referentes ao monitoramento trimestral, contemplando quatro campanhas, na região do empreendimento e na região das Terras Indígenas supracitadas.

Neste documento são apresentados resultados referentes à qualidade de água superficial (UHE Mauá e TI), qualidade de sedimentos (UHE Mauá e TI), fitoplâncton (UHE Mauá e TI), zooplâncton (UHE Mauá e TI), macroinvertebrados bentônicos (UHE Mauá e TI) e macrófitas aquáticas (UHE Mauá).

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

2.1.1 UHE Mauá

O empreendimento UHE Mauá (Figura 1) está situado no trecho médio do rio Tibagi, região centro-leste do Estado do Paraná. As nascentes do rio Tibagi localizam-se entre os municípios de Campo Largo, Palmeira e Ponta Grossa (Segundo Planalto Paranaense), no centro-sul do Estado, e tem sua foz na margem esquerda do rio Paranapanema, que faz divisa entre os estados do Paraná e São Paulo.

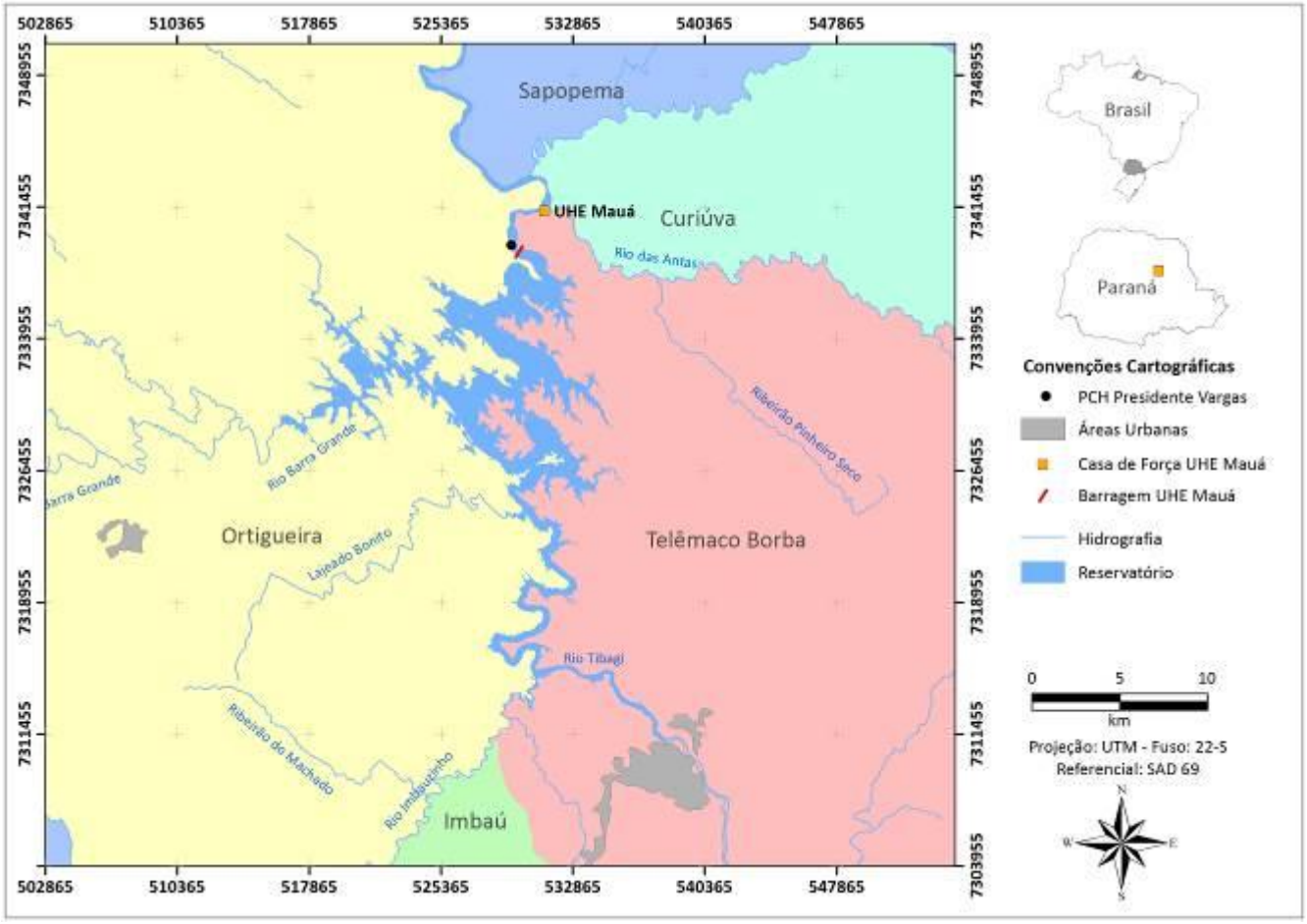


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

A barragem está situada nas coordenadas UTM (N) 7338819 e (E) 529752, na divisa dos municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira. Este barramento situa-se a montante da atual PCH Presidente Vargas (pertencente à empresa Klabin Papel e Celulose S.A.) e está acompanhado das estruturas do vertedouro e de uma casa de força complementar, que turbinará a vazão ecológica. A casa de força principal está projetada a jusante, próxima à foz do ribeirão das Antas.

Levantamentos sobre o uso e ocupação do solo, no entorno de 1.000 m do reservatório, foram realizados para a elaboração do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) de Mauá. Dados advindos deste estudo foram utilizados para a geração do mapa a seguir, que visa ilustrar o uso do solo na região (Figura 2). Os mesmos estão datados de 2009.

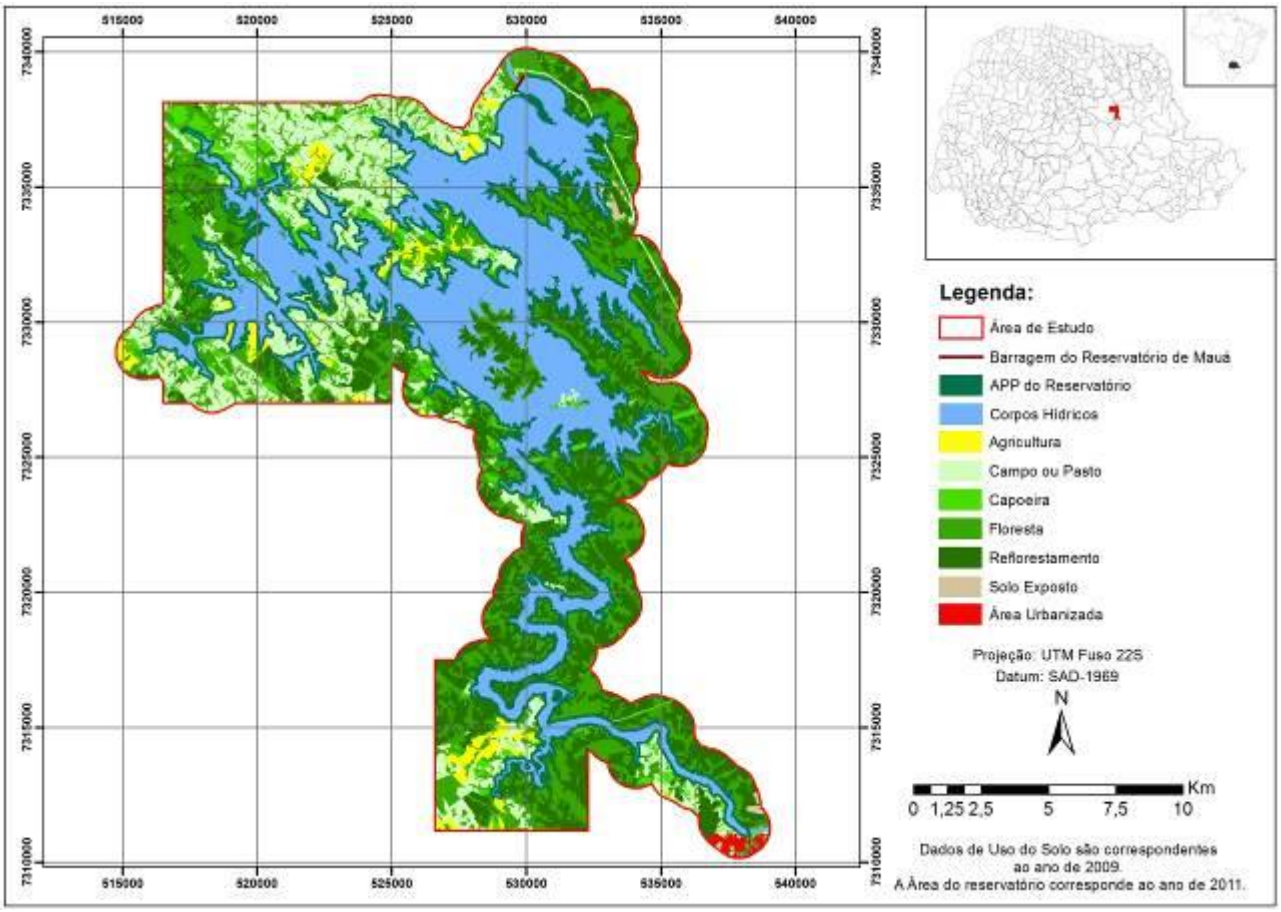


Figura 2 – Uso do Solo no entorno do reservatório de Mauá (dados de 2009).

A descrição das estações de amostragem no entorno do empreendimento encontra-se na Tabela 1 e está ilustrada na Figura 3. A malha amostral na região é composta por oito estações de monitoramento, conforme definido no PBA da referida Usina. As coordenadas UTM apresentadas referem-se às estações de amostragem, e não a pontos de coleta, uma vez que dependendo da especificidade da coleta e dos acessos, a posição das mesmas pode variar, ao redor da coordenada indicada.

Ressalta-se que a estação E10 foi assim denominada por ter sido criada posteriormente ao início do monitoramento, no ano de 2009, sendo uma alteração da posição da antiga estação E5, localizada na foz do rio Barra Grande, remanejada para o rio Barra Grande em sua porção alagada pelo reservatório.

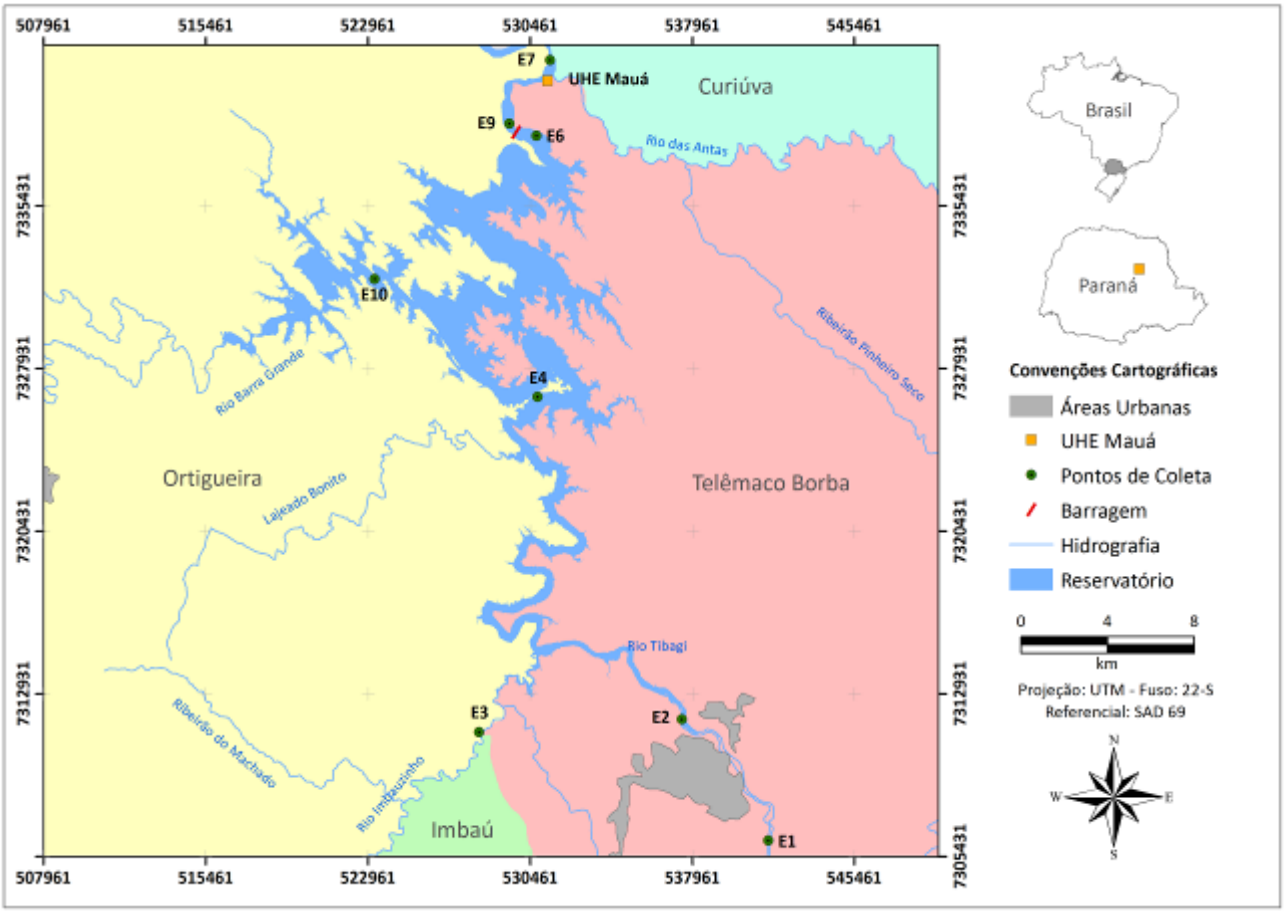


Figura 3 - Localização das estações de amostragem de águas superficiais na área de estudo.

Tabela 1 - Descrição e localização das estações de amostragem.

Estação	Descrição	Coordenadas (UTM)	
		E	N
E1	Rio Tibagi, a montante de Telêmaco Borba	541329	7304731
E2	Rio Tibagi, início do reservatório da UHE Mauá, a jusante do município de Telêmaco Borba	538643	7311136
E3	Rio Imbauzinho, a montante do reservatório da UHE Mauá	528032	7311178
E4	Rio Tibagi, porção média reservatório da UHE Mauá	530888	7326642
E6	Rio Tibagi, reservatório da UHE Mauá, proximidades da barragem (montante)	530162	7338488
E7	Rio Tibagi, a jusante da casa de força da UHE Mauá	531335	7342172
E9	Rio Tibagi, a jusante da barragem da UHE Mauá (PCH Pres. Getúlio Vargas)	529442	7339171
E10	Rio Barra Grande, reservatório da UHE Mauá, sob ponte	523407	7332078

2.1.2 Terras Indígenas

A qualidade de água do rio Tibagi também foi avaliada a jusante da UHE Mauá, em trechos de rio nas proximidades das Terras Indígenas de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina, como parte do PBA Componente Indígena da referida UHE.

A TI Mococa localiza-se na margem esquerda do rio Tibagi, no Distrito de Natingui, Município de Ortigueira. A TI Apucaraninha localiza-se na confluência dos rios Apucarana e Apucaraninha com o rio Tibagi, no município de Londrina. A TI Barão de Antonina situa-se na margem direita do rio Tibagi, na confluência com o rio Pinhal, no município de São Jerônimo da Serra (DIA-A-DIA EDUCAÇÃO, 2003; PORTAL KAINGANGUE, 2006).

As estações de monitoramento em região de áreas indígenas encontram-se descritas e ilustradas abaixo (Figura 4) e descritas na Tabela 2.

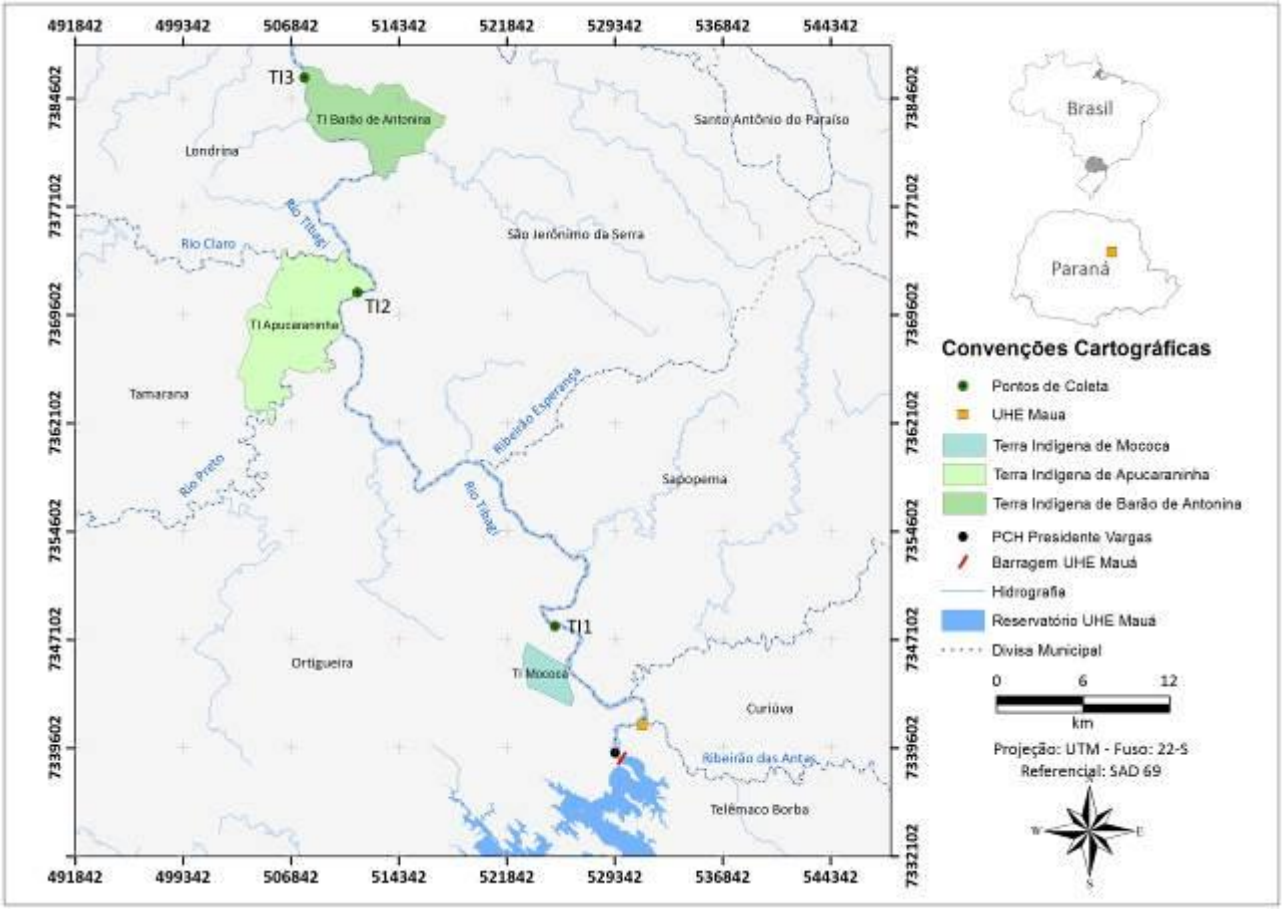


Figura 4 – Estações de amostragem nas regiões das TIs Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina.

Tabela 2 - Descrição e localização das estações de amostragem na região das Terras Indígenas.

Estação	Descrição	Coordenadas (UTM)	
		E	N
TI1	Rio Tibagi, na região da Terra Indígena de Mococa	525201	7348041
TI2	Rio Tibagi, na região da Terra Indígena de Apucaraninha	511487	7371169
TI3	Rio Tibagi, na região da Terra Indígena de Barão de Antonina	507791	7386030

2.2 Procedimentos Técnicos

Os procedimentos aqui adotados seguem as orientações descritas no PBA da UHE Mauá (LACTEC, 2009) e o PBA Componente Indígena da UHE Mauá (CECS, 2012).

A rede amostral utilizada para monitoramento da qualidade de água tanto na região da UHE Mauá, quanto para as Terras Indígenas foi a mesma aplicada também para o monitoramento de fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados bentônicos e sedimentos, salvo situações onde o acesso ao sedimento (que inclui também a coleta de macroinvertebrados) fosse inadequado no exato local da coleta de qualidade de água. Nestas situações, o local mais próximo da coordenada original, onde sedimentos pudessem ser acessados foi utilizado como local de coleta, sem variação significativa na região, como alterações no uso do solo, ou aporte de tributários. No caso do monitoramento de macrófitas aquáticas, o mesmo foi realizado somente na região do reservatório da UHE Mauá, e desta forma, conta com uma malha amostral própria, a ser apresentada na metodologia do grupo.

2.2.1 Qualidade de Água

Para a avaliação da qualidade de água das estações de monitoramento no reservatório de Mauá e entorno foram realizadas coletas trimestrais de qualidade de água iniciando-se em novembro de 2015. Desta forma, são apresentados resultados de quatro campanhas de monitoramento (novembro/15, fevereiro/16, maio/16 e agosto/16). As estações de amostragem utilizadas para o monitoramento das águas superficiais formam uma malha amostral de oito pontos. A mesma malha amostral foi utilizada para a coleta de sedimentos, no entanto, com temporalidade diferente (sedimentos foram coletados semestralmente).

Quando necessário, para a avaliação da qualidade de água na região do empreendimento, a título de comparação, serão utilizados dados pretéritos advindos do monitoramento realizado em 2014 e 2015 (LACTEC, 2011; 2013).

Para a avaliação da qualidade de água das estações de monitoramento nas regiões das Terras Indígenas, a jusante da UHE Mauá, foram realizadas campanhas mensais, entre setembro/14 e agosto/15.

A metodologia de coleta de amostras de água seguiu o estabelecido por Santos et al. (2001). As amostras coletadas foram do tipo “simples”, caracterizado por uma única amostra coletada em um

ponto, em um determinado instante e depositada em um frasco individual. Esse tipo de amostra representa somente o local específico, naquele determinado tempo em que a coleta foi realizada.

As amostragens foram realizadas manualmente pela imersão de um frasco no corpo de água até a profundidade desejada, sendo o mesmo inclinado com a boca direcionada contra a corrente até se obter o volume desejado. Em seguida, os frascos foram devidamente vedados. Nas estações E4, E6 e E10 foram realizadas coletas em diferentes profundidades, com o auxílio de garrafa de Van Dorn, e de acordo com o método do IQAR, descrito posteriormente.

Quanto ao acondicionamento das amostras, os frascos utilizados eram quimicamente inertes, a fim de evitar reações com as amostras. De acordo com a análise desejada, os frascos podiam ser de polietileno, vidro neutro ou borossilicato âmbar. Os frascos foram devidamente identificados com etiquetas contendo o nome do projeto, o local de amostragem (estação de coleta), data e horário da coleta, tipo de preservação e parâmetro a ser determinado. Para transporte os mesmos foram acondicionados em caixas térmicas com gelo.

As amostras para fins de determinação microbiológica (coliformes totais e termotolerantes) foram coletadas antes de qualquer outra amostra, para evitar risco de contaminação.

As fichas de campo foram preenchidas pela equipe de coleta com as seguintes informações: procedência da amostra, data e hora de coleta, técnico responsável pela coleta, tipo de amostra coletada, descrição das condições climáticas no momento da coleta e no período de 48 horas anteriores, informações sobre a localização do ponto de amostragem incluindo as coordenadas geográficas, altitude, profundidade do local e de coleta, largura da seção transversal, medição de parâmetros no campo tais como OD, temperatura do ar e da água, profundidade do disco de Secchi e leitura de nível (esta última, quando aplicável).

Após a coleta, as amostras foram enviadas, sob refrigeração, para cada um dos laboratórios responsáveis pelas respectivas análises na maior brevidade possível, a fim de evitar alterações físicas, químicas ou biológicas no material coletado.

Quanto ao diagnóstico da qualidade da água do rio Tibagi, na região do empreendimento UHE Mauá, tomou-se como base a análise de uma série de variáveis de qualidade de água. Para tanto, os valores obtidos para as variáveis foram comparados com os limites dispostos pela legislação ambiental, quando pertinente. A metodologia dos ensaios realizados mantém-se a mesma de relatórios anteriores. Para maior referência, consultar LACTEC (2011).

Cabe destacar que as medições de concentração de oxigênio dissolvido, pH, ORP, temperatura e condutividade são realizadas *in situ* por meio de sonda multiparamétrica modelos YSI 6920 V2 e Hydrolab MS5.

2.2.1.1 Índices de Qualidade de Água

2.2.1.1.1 IQA - Índice de Qualidade de Água

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi desenvolvido pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, visando água de potabilidade (CETESB, 2014). No presente estudo, o Índice é aplicado para embasar o diagnóstico de qualidade de água, e não visa o uso destas águas para consumo humano. No caso do IQA, a classificação da qualidade da água superficial é realizada em cinco classes, conforme a tabela abaixo:

Tabela 3 - Classificação do IQA.

Classe	***Intervalo***
Ótima	80 a 100
Boa	52 a 79
Aceitável	37 a 51
Ruim	20 a 36
Péssima	0 a 19

2.2.1.1.2 IQAR – Índice de Qualidade de Água de Reservatórios

No caso do IQAR, a classificação aplicada foi a designada pela metodologia aplicada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2009). A cada campanha de monitoramento foram calculados IQAR parciais, sendo que o IQAR final, que define a classe do reservatório, foi obtido pela média dos índices parciais. O valor numérico do IQAR final classifica o reservatório em uma das seis classes, que representam diferentes níveis de comprometimento, conforme descrição abaixo:

Tabela 4 - Classificação do IQAR:

Classe	***Descrição***	***Intervalo***
Classe I	não impactado a muito pouco degradado	0 - 1,50
Classe II	pouco degradado	1,51 - 2,50
Classe III	moderadamente degradado	2,51 - 3,50
Classe IV	criticamente degradado a poluído	3,51 - 4,50
Classe V	muito poluído	4,51 - 5,50
Classe IV	extremamente poluído	> 5,51

2.2.1.1.3 IET – Índice de Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET (CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo que as equações para rios e reservatórios serão utilizadas, respectivamente, para ambientes lóticos (estações E1, E2, E3, E7 e E9) e lênticos (estações E4, E6 e E10), seguindo a classificação presente na CONAMA 357/05. A classificação foi definida de acordo com critérios de CETESB (2014), conforme a tabela abaixo.

Tabela 5 – Classificação do Índice de Estado Trófico

Categoria	***Ponderação para rios***
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

2.2.1.1.4 Índices de Estabilidade da Água

Analisar a tendência corrosiva ou incrustante das águas doces é um critério importante para a escolha, tratamento e manutenção de materiais que estão em contato com a água. As barragens e as casas de força de usinas hidrelétricas, bem como tubulações associadas, são exemplos de estruturas para as quais a análise dessa tendência seria relevante.

A avaliação da tendência corrosiva da água, e de suas possíveis causas, é popularmente realizada através do emprego de três índices: Índice de Saturação de Langelier (LSI), Índice de *Ryznar (RSI) e Índice de Larson-Skold (ILR)*:

a. LSI - Índice de Saturação de Langelier

O Índice de Saturação de Langelier (LSI) é um modelo de equilíbrio derivado do conceito teórico de saturação, indicando o grau de saturação da água em relação ao carbonato de cálcio ($CaCO_3$). O índice aborda o conceito de saturação usando o pH como variável principal. O LSI pode ser interpretado como a alteração de pH requerida para levar a água ao equilíbrio. Uma amostra de água

com LSI igual a 1,0, por exemplo, está uma unidade de pH acima da saturação. Reduzindo-se o pH da água em uma unidade, a água entrará em equilíbrio. Isto ocorre porque a porção de alcalinidade total presente como CO_3^{2-} decresce com a diminuição do pH, de acordo com o equilíbrio que descreve a dissociação do ácido carbônico:

$$H_2CO_3 \leftrightarrow HCO_3^- + H^+$$
$$HCO_3^- \leftrightarrow CO_3^{2-} + H^+$$

O Índice de Langelier é calculado através da seguinte equação:

$$LSI = pH - pHs$$

onde, pH representa o pH da água analisada; pHs representa o pH de saturação da água com $CaCO_3$. O *pHs*, por sua vez, é calculado pela relação abaixo:

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

onde,

$A = (Log_{10}[SDT] - 1) /10$

$B = - 13,12 \times Log_{10} (T + 273) + 34,55$

$C = Log_{10} [Ca^{2+}] - 0,4$

$D = Log_{10} [Alcalinidade]$

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais [$mg.L^{-1}$]

T: Temperatura da água de análise [°C]

Ca^{2+}: concentração de íons cálcio [$mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$]

Alcalinidade: Alcalinidade Total [$mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$]

A interpretação dos resultados é descrita na Tabela 6:

Tabela 6 – Interpretação dos resultados do LSI

LSI	Resultado
LSI = 0	Representa equilíbrio químico.
LSI < 0	Sem potencial de incrustação, a água irá dissolver o $CaCO_3$
LSI > 0	Incrustação pode se formar e pode haver precipitação de $CaCO_3$

Convém ressaltar que os resultados encontrados a partir da aplicação do LSI têm caráter meramente qualitativo, sem quantificar efetivamente a quantidade de carbonato de cálcio que poderia vir a precipitar, por exemplo.

b. RSI - Índice de Ryznar

Assim como o Índice de Langelier, o Índice de Ryznar também considera as variáveis pH e pHs. No entanto, Ryznar (1944) considera que é importante quantificar a equação de LSI para refinar a interpretação do índice. Nesse contexto, propôs a relação abaixo:

$$RSI = 2(pHs) - pH$$

O RSI é um índice quantitativo e qualitativo que avalia a tendência à deposição ou à dissolução do carbonato de cálcio de acordo com as características da água à temperatura limite de 93,34°C a partir de uma escala definida (RYZNAR, 1994). A escala foi determinada a partir de experimento laboratorial que analisou o nível de incrustação de águas com RSI semelhantes e diferentes. Considerando um intervalo de temperatura de 0 a 60°C, a interpretação dos resultados de RSI é descrita na Tabela 7:

Tabela 7 – Interpretação dos resultados do RSI

RSI	Resultado
4,0 < RSI < 5,0	Fortemente incrustante – Fi
5,0 < RSI < 6,0	Ligeiramente incrustante – Li
6,0 < RSI < 7,0	Ligeiramente corrosiva – Lc
7,0 < RSI < 7,5	Significativamente corrosiva – Sc
7,5 < RSI < 9,0	Fortemente corrosiva – Fc
RSI > 9,0	Intoleravelmente corrosiva – Ic

Fonte: APHA (1992) citado por OLIVEIRA &VARELA (2005)

c. ILR - Índice de Larson-Skold

O Índice de Larson-Skold (ILR) é baseado na qualidade de água da região dos Grandes Lagos, no Canadá, e descreve a corrosão da água em contato com o aço através da razão entre a soma das concentrações dos sais de cloretos (Cl^-) e sulfatos (SO_4^{2-}) e a soma das concentrações de carbonatos (CO_3^{2-}) e hidrocarbonatos (HCO_3^-), expressas em $meq.L^{-1}$.:

$$ILR = \frac{[Cl^-] + [SO_4^{2-}]}{[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]}$$

Segundo Silbert (2006), o índice é limitado às águas que apresentam uma variação de pH entre 6,6 a 8,5. De acordo com Larson & Skold (1958), a presença de compostos de cloros e de sulfatos aumenta a tendência de corrosão da água e a presença de bicarbonatos inibe a corrosão do aço, mesmo na ausência de compostos de cálcio. Os resultados são interpretados conforme a Tabela 8:

Tabela 8 – Interpretação dos resultados do ILR

ILR	Resultado
ILR < 0,8	Cloretos e sulfatos não interferem na formação de uma película natural para proteger o aço = Não há corrosão – Nc
0,8 ≤ ILR < 1,2	Cloretos e sulfatos dificultam a formação de uma película protetora. A taxa de corrosão do aço é observada = Corrosão significativa – Cs
ILR > 1,2	Quanto maior o índice, maior a taxa de corrosão observada = Corrosão elevada – Ce

Fonte: SILBERT (2006)

2.2.2 Análises em Sedimento

De acordo com Moreira e Boaventura (2003) apud Martins (2008), o sedimento é definido como todo material não consolidado, constituído por partículas de diferentes tamanhos, formas e composição química, transportadas por água, ar ou gelo, distribuído ao longo dos vales do sistema de drenagem e orientado a partir da interação constante dos processos de intemperismo e erosão.

Wetzel (1983) citado por Martins (2008) afirma que os sedimentos são constituídos por três componentes principais, sendo eles: 1) matéria orgânica em vários estados de decomposição, 2) partículas minerais, incluindo argilas, carbonatos e silicatos não argilosos, e 3) uma componente inorgânica de origem biogênica, como certas formas de carbonato de cálcio.

Os sedimentos têm uma grande importância na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, não só devido a sua capacidade em acumular metais, mas também, por serem transportadores de compostos poluentes, uma vez que este compartimento pode liberar espécies contaminantes (LIMA, *et al.*, 2001; JESUS, *et al.*, 2004 *apud* MARTNS, 2008). Estas espécies são liberadas do leito do sedimento geralmente devido a alterações nas condições ambientais e físico-químicas (pH, potencial redox, ação microbiana, entre outras), podendo contaminar a água (JESUS *et al.*, 2004; FROEHNER e MARTINS, 2007 *apud* MARTINS, 2008).

De acordo com o relatório nº 37/2015 do Programa de Observação das Condições Hidrossedimentológicas, como parte do Projeto Básico Ambiental nº2 da UHE Mauá, o valor médio da produção de sedimentos calculado entre 2009 e 2014 foi de 65 t/km^2/ano chegando ao reservatório da referida usina. Ainda de acordo com este relatório, a retenção de sólidos no reservatório é de aproximadamente 50%. A Ficha Técnica da ANEEL apresenta a área de drenagem do reservatório da UHE Mauá como tendo a extensão de 15.423 km^2, portanto, a descarga sólida anual é de 1.002.495 t/ano, sendo que 501.247,5 t/ano ficam retidas no reservatório. Embora a produção de sedimentos seja inferior a outras bacias brasileiras, o aporte de sedimentos não pode ser desprezado. O monitoramento da qualidade dos sedimentos depositados no reservatório da UHE Mauá é importante, principalmente para conhecer os possíveis contaminantes que possam interferir na qualidade ambiental do reservatório.

2.2.2.1 Metodologia

Os sedimentos foram coletados com o auxílio de uma draga tipo Petersen (Figura 5). As amostras foram coletadas com periodicidade semestral nas mesmas estações de qualidade de água apresentadas na Figura 5.

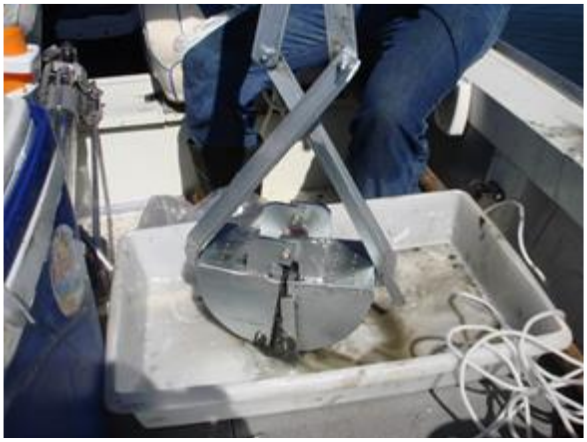


Figura 5 – Draga de sedimentos tipo Petersen

O sedimento coletado foi separado em amostras de aproximadamente um quilo. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e mantidas sob refrigeração em caixas térmicas com gelo. As amostras foram enviadas para cada um dos laboratórios responsáveis pelas respectivas

análises na maior brevidade possível, a fim de evitar alterações físicas, químicas ou biológicas no material coletado.

As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com o APHA, 2005. As análises realizadas em sedimento estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Análises realizadas no sedimento

Carbonos	*Pesticidas*	*Metais*	*Nutrientes*
Carbono Orgânico Total	*Organoclorados**	*Ferro*	*Fósforo*
Carbono Orgânico Dissolvido	*Organofosforados***	*Alumínio*	*Nitrogênio Total Kjeldahl*
Carbono Inorgânico		*Cobre*	
		Chumbo	
		Cádmio	
		Zinco	
		Cromo	
		Cobalto	
		Mercúrio	

* Organoclorados: Alacloro, aldrin, atrazina, clordano, clorobenzilato, clorotalonil, DDD-isômeros (p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT), dieldrin, heptacloro, heptacloro epóxido, hexaclorobenzeno, hexaclorociclohexanos, lindano, metoxicloro, mirex, permetrinas, procimidona, quintozeno, simazina, tetradifon, vinclozalina;
* Organofosforados: diazinona, endossulfam, etiona, fenitrotiona, metamidofós, parationa metílica.

Os resultados das análises de qualidade dos sedimentos foram comparados com o disposto pela Resolução CONAMA 454/12. Esta estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Cabe ressaltar que, no Brasil, não há resolução ou legislação que trate especificamente da qualidade de sedimento de fundo, seja de rios ou de reservatórios. Assim, os valores dispostos na Resolução CONAMA 454/12, que revoga a Resolução CONAMA 344/04, aplicável para sedimentos dragados, foram utilizados neste relatório somente como referência comparativa.

A Resolução CONAMA 454/12 utiliza para efeitos de classificação do material dragado - definido pela referida resolução como o material a ser retirado ou deslocado do leito dos corpos d'água decorrente da atividade de dragagem (desde que esse material não constitua bem mineral) - critérios de qualidade a partir de dois níveis quanto à concentração de metais: nível 1, que representa o limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota do local aonde os sedimentos serão dispostos, e, nível 2, que representa o limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota. Para a avaliação da concentração de macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e carbono orgânico total nas amostras de sedimento, utilizou-se como parâmetro os limites do "valor

alerta" da Resolução 454/12, que é descrito como o valor acima do qual existe possibilidade de se causar prejuízos ao ambiente na área, que no presente estudo foi relacionada à porção do corpo hídrico de onde o material foi retirado.

A resolução supracitada adotou os mesmos critérios estabelecidos pelo "Canadian Council of Ministers of the Environment" (CCME, 2001) para a avaliação do grau de contaminação química do sedimento, com vistas à proteção da vida aquática, considerando as concentrações de metais, PCBs e hidrocarbonetos poliaromáticos.

2.2.2.2 CQS – Critério de Qualidade de sedimentos

Para a avaliação da qualidade dos sedimentos, também foi utilizado o CQS – Critério de Avaliação da Qualidade de Sedimentos, desenvolvido pela CETESB (CETESB, 2015). Este relaciona concentrações de contaminantes químicos aos respectivos efeitos de toxicidade sobre o organismo *Hyalella azteca* e sobre a comunidade bentônica. O CQS estabelece cinco classes de qualidade para cada contaminante (ótima, boa, regular, ruim e péssima), baseado em valores de TEL - Threshold Effect Level, que corresponde à concentração de efeito limiar e PEL - Probable Effect Level, que corresponde à concentração de efeito provável. Estas concentrações (TEL e PEL) foram definidas com base em experimentos com os diferentes contaminantes, utilizando os resultados dos efeitos tóxicos.

De acordo com a CETESB (2015), a qualidade ÓTIMA, para cada contaminante, corresponderia à concentração inferior a TEL. A qualidade BOA, a faixa entre TEL, inclusive, e a concentração correspondente a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL. A qualidade REGULAR, a faixa superior a 50% da distância entre TEL e PEL, somado a TEL e inferior a PEL. A qualidade RUIM, a faixa entre PEL, inclusive, e a concentração correspondente a 1,5 x de seu próprio valor. E a qualidade PÉSSIMA acima de 1,5 x PEL. Assim, considerou-se a pior situação dentro da série de contaminantes avaliados, quando as concentrações encontradas superam significativamente o valor de PEL (em mais de 50%) e, na ocorrência de bioacumuláveis (organoclorados e mercúrio) acima de PEL (classificação ruim ou péssima) considera-se piora do diagnóstico em uma classe. Essa linha justifica-se, de acordo com Kuhlmann *et al*. (2007), pelo fato de que em termos biológicos, um único contaminante em concentração elevada seria suficiente para causar dano a uma população.

A Figura 6 apresenta a classificação de contaminantes químicos nas cinco faixas de qualidade em relação à TEL e PEL.

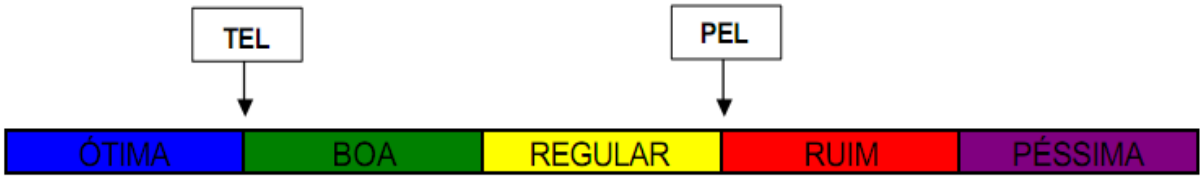


Figura 6 - Classificação de contaminantes químicos em cinco faixas de qualidade e sua relação com os critérios TEL e PEL.

A partir desta classificação, foi desenvolvida uma tabela de classificação da qualidade do sedimento, de acordo com a concentração de cada contaminante (Tabela 10).

Tabela 10 – Classificação da qualidade do sedimento de acordo com a concentração de cada contaminante.

QUALIDADE	ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
As (µg/g)	< 5,9	≥ 5,9 - 11,5	> 11,5 - < 17,0	17,0 - 25,5	> 25,5
Cd (µg/g)	< 0,6	≥ 0,6 - 2,1	> 2,1 - < 3,5	3,5 - 5,3	> 5,3
Pb (µg/g)	< 35,0	≥ 35,0 - 63,2	> 63,2 - < 91,3	91,3 - 137,0	> 137,0
Cu (µg/g)	< 35,7	≥ 35,7 - 116,4	> 116,4 - < 197,0	197,0 - 295,5	> 295,5
Cr (µg/g)	< 37,3	≥ 37,3 - 63,7	> 63,7 - < 90,0	90,0 - 135,0	> 135,0
Hg (µg/g)	< 0,170	≥ 0,170 - 0,328	> 0,328 - < 0,486	0,486 - 0,729	> 0,729
Ni (µg/g)	< 18	≥ 18 - 27	> 27 - < 36	36 - 54	> 54
Zn (µg/g)	< 123	≥ 123 - 219	> 219 - < 315	315 - 473	> 473
Aldrin (µg/kg)	< 2	≥ 2 - 211	> 211 - < 420	420 - 630	> 630
BHC (µg/kg)	< 3	≥ 3 - 6002	> 6002 - < 12000	12000 - 18000	> 18000
α BHC (µg/kg)	< 6	≥ 6 - 253	> 253 - < 500	500 - 750	> 750
β BHC (µg/kg)	< 5	≥ 5 - 10503	> 10503 - < 21000	21000 - 31500	> 31500
γ BHC (µg/kg)	< 0,94	≥ 0,94 - 1,16	> 1,16 - < 1,38	1,38 - 2,07	> 2,07
Clordano (µg/kg)	< 4,50	≥ 4,50 - 6,69	> 6,69 - < 8,87	8,87 - 13,31	> 13,31
DDD (µg/kg)	< 3,54	≥ 3,54 - 6,03	> 6,03 - < 8,51	8,51 - 12,77	> 12,77
DDE (µg/kg)	< 1,42	≥ 1,42 - 4,09	> 4,09 - < 6,75	6,75 - 10,13	> 10,13
DDT (µg/kg)	< 1,19	≥ 1,19 - 2,98	> 2,98 - < 4,77	4,77 - 7,15	> 7,15
Dieldrin (µg/kg)	< 2,85	≥ 2,85 - 4,76	> 4,76 - < 6,67	6,67 - 10,01	> 10,01
Endrin (µg/kg)	< 2,67	≥ 2,67 - 32,54	> 32,54 - < 62,40	62,40 - 93,60	> 93,60
Heptacloro (µg/kg)	< 0,30	≥ 0,30 - 5,15	> 5,15 - < 10,0	10,0 - 15,0	> 15,0
Heptacloro epóxido (µg/kg)	< 0,60	≥ 0,60 - 1,67	> 1,67 - < 2,74	2,74 - 4,11	> 4,11
HCB (µg/kg)	< 20	≥ 20 - 130	> 130 - < 240	240 - 360	> 360
Mirex (µg/kg)	< 7	≥ 7 - 654	> 654 - < 1300	1300 - 1950	> 1950
HAPs (µg/kg)	< 870	≥ 870 - 4455	> 4455 - < 8040	8040 - 12060	> 12060
Acenafteno (µg/kg)	< 6,71	≥ 6,71 - 47,81	> 47,81 - < 88,90	88,90 - 133,35	> 133,35
Acenaftileno (µg/kg)	< 5,87	≥ 5,87 - 66,94	> 66,94 - < 128,0	128,0 - 192,0	> 192,0
Atraceno (µg/kg)	< 46,9	≥ 46,9 - 146,0	> 146,0 - < 245,0	245,0 - 367,5	> 367,5
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	< 31,7	≥ 31,7 - 208,4	> 208,4 - < 385,0	385,0 - 577,5	> 577,5
Benzo(a)pireno (µg/kg)	< 31,9	≥ 31,9 - 407,0	> 407,0 - < 782,0	782,0 - 1173,0	> 1173,0
Criseno (µg/kg)	< 57,1	≥ 57,1 - 459,6	> 459,6 - < 862	862,0 - 1293,0	> 1293,0
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	< 6,22	≥ 6,22 - 70,61	> 70,61 - < 135,0	135,0 - 202,5	> 202,5
Fluoranteno (µg/kg)	< 111	≥ 111 - 1233	> 1233 - < 2355	2355 - 3533	> 3533
Fluoreno (µg/kg)	< 21,2	≥ 21,2 - 82,6	> 82,6 - < 144,0	144,0 - 216,0	> 216,0
2-Metilnaftaleno (µg/kg)	< 20,2	≥ 20,2 - 110,6	> 110,6 - < 201,0	201,0 - 301,5	> 301,5
Naftaleno (µg/kg)	< 34,6	≥ 34,6 - 212,8	> 212,8 - < 391,0	391,0 - 586,5	> 586,5
Fenantreno (µg/kg)	< 41,9	≥ 41,9 - 278,5	> 278,5 - < 515,0	515,0 - 772,5	> 772,5
Pireno (µg/kg)	< 53	≥ 53 - 464	> 464 - < 875	875 - 1313	> 1313
Aroclor 1254 (µg/kg)	< 60	≥ 60 - 200	> 200 - < 340	340 - 510	> 510
PCBs (µg/kg)	< 34,1	≥ 34,1 - 155,6	> 155,6 - < 277,0	277,0 - 415,5	> 415,5
Dioxinas e furanos (ng TEQ/kg de peso seco)	< 0,85	≥ 0,85 - 11,18	> 11,18 - < 21,50	21,50 - 32,25	> 32,25

2.2.3 Fitoplâncton

As amostras de água para estudo da diversidade fitoplanctônica foram obtidas pela coleta de cerca de 1.000 mL de água, submergindo-se os frascos aproximadamente 20 cm abaixo da superfície d´água. Em pontos mais profundos, foram coletadas amostras no limite da zona eufótica com auxílio de garrafa de van Dorn. Logo após, o material foi fixado através da adição de solução de lugol acético na proporção de 1% (Wetzel & Likens, 1991).

As amostras para contagem do fitoplâncton foram submetidas à quantificação em microscópio invertido Olympus CKX41 em 600x. Para avaliação da densidade fitoplanctônica foi utilizado o método de Ütermohl (1958), que prevê contagens em cubetas de sedimentação (10 a 25 mL de amostra homogeneizada). A sedimentação das amostras seguiu o tempo determinado por Lund et al. (1958), ou seja, três horas para cada centímetro de altura da cubeta. A contagem seguiu o método de campos aleatórios (Uhelinger, 1964), sendo quantificados os campos necessários para estabilização da curva espécie-número de campos, pelo menos 100 indivíduos da espécie mais frequente e a estabilização de 20 campos sem o aparecimento de novos táxons.

Para a estimativa da densidade de indivíduos e células por mL de amostra foi utilizada a equação de Ross (1979): Densidade = (n/sc).(1/h).F, onde: n = número de indivíduos/células contados, s = área do campo (mm^2), c = número de campos contados, h = altura da câmara de sedimentação (mm), F = fator de correção para mL.

Os resultados numéricos foram expressos em células/mL e em indivíduos/mL (células, colônias ou filamentos). A densidade celular de cianobactérias potencialmente hepato ou neurotóxicas e presença ou ausência de florações foram destacadas. As determinações taxonômicas foram baseadas, principalmente, em literatura específica e no menor nível taxonômico possível (gêneros e espécies). As espécies encontradas foram incluídas nas principais classes de algas: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Prasinophyceae, Chlamydophyceae, Oedogoniophyceae, Zygnemaphyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae.

As amostras para determinação da concentração de clorofila-a foram obtidas submergindo-se os frascos aproximadamente 20 cm abaixo da superfície d´água para obtenção de cerca de 1.000 mL de água. Os frascos foram mantidos em gelo até que as amostras fossem submetidas à filtração através de filtros de fibra de vidro GF-3 (MN). Estes foram mantidos em freezer até que se procedesse à extração dos pigmentos, utilizando-se acetona alcalina 90% como solvente. Após centrifugação do

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

extrato, as amostras foram lidas em espectrofotômetro Hitachi e a quantidade de clorofila-a será calculada segundo o método tricromático de Jeffery & Humphrey (1975).

2.2.4 Zooplâncton

No reservatório da UHE de Mauá e no trecho do rio Tibagi localizados nas Terras Indígenas, as amostras de zooplâncton referentes ao Ciclo 2015-2016 foram obtidas trimestralmente no período de novembro/2015 a agosto/2016. Com o propósito de amostrar diferentes compartimentos foram determinados oito pontos de coleta no reservatório, representando as zonas lóticas, intermediárias e lênticas. Nos pontos de coleta localizados nas Terras Indígenas, as amostragens foram realizadas em três pontos de amostragens (ver item 1.1 – Área de Estudo).

As amostras de zooplâncton foram obtidas com uma rede de plâncton cônica de 64 µm de abertura de malha e 30 cm de diâmetro. Nos pontos localizados no corpo central do reservatório, as amostragens foram realizadas através de arrastos verticais, a partir de 10 m de profundidade até a superfície, filtrando aproximadamente 650 L de água. Nos pontos de baixa profundidade (rios), foram filtrados 200 L de água da superfície, utilizando-se de um balde graduado. O material retido na rede foi acondicionado em frascos plásticos de 500 mL, devidamente etiquetados, e fixado com solução de álcool a 70%.

No laboratório, o material coletado foi transferido para frascos plásticos de 120 mL com adição de corante vital rosa-de-bengala, para posteriormente serem identificados e quantificados.

Os grupos zooplanctônicos, rotíferos (pertencentes à Classe Monogononta) e os microcrustáceos (cladóceros e copépodes), foram quantificados e identificados a nível específico, utilizando bibliografia especializada. Os náuplios e copepoditos de Cyclopoida e Calanoida foram apenas quantificados. As análises quali-quantitativas do zooplâncton foram realizadas através de sub-amostragens com pipeta do tipo Stempell, sendo essas contadas em câmaras de Sedgwick-Rafter e placa de Petri, sob microscópios óptico e estereoscópico. Foram contados pelo menos 100 indivíduos de cada grupo zooplanctônico, e a densidade final expressa em indivíduos por m^3. As amostras com densidades menores foram analisadas em sua totalidade.

Dados sobre os principais atributos da comunidade zooplanctônica foram ordenados em tabelas considerando-se as famílias de cada grupo e a ocorrência dos táxons nos pontos de amostragem nas áreas de estudo.

Os padrões de variação espacial e temporal dos grupos (rotíferos e microcrustáceos) e táxons frequentes e abundantes desses grupos na comunidade zooplanctônica foram conduzidos a partir de suas densidades totais (org./m^3). Com o objetivo de reduzir as diferenças das densidades entre os pontos e meses amostrados, os valores (org./m^3) de alguns gráficos foram previamente *log* transformados (log x + 1).

Para estudar a diversidade zooplanctônica, foram usados três atributos da comunidade, a riqueza de táxons (número de táxons nas amostras), o índice de Shannon-Wiener ($H'=\Sigma pi.\log(p_i)$, onde pi é a proporção da táxon $_i$ na amostra), e a equitabilidade ($E=H'/H'max$) (PIELOU, 1984). Estes atributos foram calculados utilizando a matriz de dados com as densidades dos táxons de rotíferos, cladóceros e copépodes.

Os valores obtidos para a diversidade foram representados graficamente por Box Plot para se ter uma ideia da posição, dispersão e assimetria dos índices.

2.2.5 Macroinvertebrados Bentônicos

Na região do reservatório da UHE Mauá, foram monitoradas oito estações, que foram coincidentes com as do ano anterior (E1, E2, E3, E4, E6, E7, E9 e E10). Para o monitoramento do rio Tibagi, na região das Terras Indígenas a jusante do empreendimento UHE Mauá, foram monitoradas três localidades: Mococa (TI1), Apucaraninha (TI2) e Barão de Antonina (TI3).

Para a coleta dos macroinvertebrados bênticos foram utilizadas várias técnicas de captura dependendo do substrato a ser amostrado e da profundidade (Bicudo & Bicudo, 2004).

Para as estações mais profundas na região da UHE Mauá (E3, E4, E6 e E10), a coleta dos macroinvertebrados bênticos foi realizada com um pegador de fundo do tipo Petit Ponar com área de captura de 0,026 m^2 (Figura 7A e Figura 7B). Como a maior parte dos organismos concentra-se nos 10 cm superiores do sedimento, a amostra é considerada adequada quando o equipamento é preenchido com cerca de 2/3 a 3/4 pelo material.

Para as coletas dos macroinvertebrados bênticos associados aos fundos rochosos, foi utilizado um amostrador do tipo surber posicionado junto às margens em locais mais rasos. O amostrador é composto por uma rede com malha de 500 µm e área de amostragem de 0,026 m^2 (Figura 7D). Esta técnica foi empregada nas estações E1, E2, E7, E9 da UHE Mauá e nas Terras Indígenas de Mococa (TI1) e Apucaraninha (TI2).

Em ambas as técnicas quantitativas foi adotado um número fixo de cinco réplicas amostrais em cada estação de coleta.

Na estação TI3, nas Terras Indígenas Barão de Antonina, foi utilizada uma rede do tipo puçá triangular com malha de 500 µm. Para a obtenção das cinco réplicas foram realizados arrastos percorrendo um trecho de 100 m (Figura 7C).

Coletas manuais em troncos, restos de vegetação submersa e em raízes e partes aéreas de macrófitas foram realizadas para a obtenção de uma amostragem qualitativa dos organismos.

As amostras foram fixadas em campo com uma solução de formalina a 10 % para posterior análise em laboratório.

A.

B.

C.

D.

Figura 7 - Equipamentos utilizados para as coletas quantitativas dos macroinvertebrados bênticos. A e B. Método de utilização do Petit Ponar e uma amostra coletada com este amostrador; C Rede puçá triangular e D. Surber e método de coleta.

Em laboratório as amostras foram lavadas em uma peneira com malha 500 µm e transferidas para cubas plásticas para o procedimento de triagem. Os animais foram coletados com auxílio de pinças e preservados em uma solução de álcool 70 %. Os organismos foram contados e identificados

sob microscópio estereoscópico até a menor categoria taxonômica possível. A identificação foi baseada na visualização de caracteres morfológicos externos.

Os procedimentos de coletas e identificação dos animais foram padronizados ao longo de todo o período amostrado de forma que os resultados pudessem ser comparáveis.

A riqueza de macroinvertebrados foi representada pelo número médio de táxons nas cinco réplicas e a abundância, pelo número médio de indivíduos coletados nas cinco réplicas. Também foi calculado o Índice de diversidade de Shannon-Wiener (log na base 2) para cada estação de coleta em cada período amostrado.

2.2.5.1 Levantamento macroinvertebrados invasores

Para análise da possível presença de larvas do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) na área da UHE Mauá, amostras de plâncton foram coletadas trimestralmente na estação de amostragem E2 (Rio Tibagi, início do reservatório da UHE Mauá, a jusante da fábrica da Klabin) e E6 (Rio Tibagi, reservatório da UHE Mauá, proximidades da barragem), através da técnica de arrasto com rede de plâncton de malha de 64 µm, pelo período de 5 minutos. Foram sempre coletadas 2 réplicas em cada estação de amostragem, as amostras foram concentradas, transferidas para recipientes adequados e fixadas com álcool etílico. Em laboratório, estas foram analisadas com duas diferentes técnicas, uma das réplicas foi submetida a análise morfológica realizada sob microscópio estereoscópio, a outra réplica foi submetidas à técnica molecular de monitoramento por meio de identificação do DNA do mexilhão dourado.

Para a realização da análise morfológica as amostras foram homogeneizadas e filtradas em peneira com malha de 64 µm. O filtrado foi depositado em placas de petri com superfície quadriculada e diluído. A placa foi levada ao microscópio estereoscópio onde foi analisada em sua integridade, quando encontradas as larvas são quantificadas.

A análise molecular foi realizada segundo metodologia proposta por Boeger et al. (2007). As amostras de plâncton foram filtradas com auxílio de uma bomba a vácuo, assim separando o plâncton da água e possibilitando a extração mais eficiente do DNA. O DNA presente na amostra foi extraído e amplificado com marcadores específicos para a espécie *Limnoperna fortunei*. Após a amplificação, o DNA foi submetido à eletroforese de agarose (1,5%) e o padrão de bandas visualizado foi utilizado na determinação da presença ou ausência de larvas de mexilhão dourado na amostra. Essa análise foi

feita pela comparação com o padrão de bandas formadas por um controle positivo (DNA *L. fortunei* adulto). Também foram amplificadas diluições de 1:10, 1:100 e 1:1000 de todas amostras de DNA extraído, a fim de melhor visualização dos resultados.

As duas análises realizadas são complementares, a análise molecular é mais sensível e está menos suscetível ao erro humano. A análise morfológica, embora menos sensível, é a única capaz de quantificar as larvas encontradas, essa técnica também é menos sujeita a falha na conservação da amostra. Em algumas situações como calor intenso, excesso de matéria orgânica e substrato, o DNA pode ser degradado impossibilitando a confiabilidade da análise molecular. Para otimizar o resultado das análise das amostras realiza-se tanto a análise morfológica quanto a análise molecular.

2.2.6 Macrófitas Aquáticas

Para o levantamento das macrófitas aquáticas referente ao período entre novembro de 2015 e agosto de 2016, foram realizadas duas campanhas de campo, entre os dias 16 e 19 de fevereiro de 2016 e 18 e 20 de agosto de 2016, conforme descrito no *Plano de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas,* de acordo com o PLANO DE MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NA REGIÃO DO EMPREENDIMENTO UHE MAUÁ.

O material botânico fértil foi coletado e processado segundo técnicas usuais de secagem e montagem e, posteriormente, incorporado aos acervos do Herbário do Museu Botânico Municipal (MBM), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, da Prefeitura de Curitiba, Paraná. Pela condição efêmera das flores nas espécies encontradas, nem todo material coletado apresentou condições de gerar exsicatas para registro científico e posterior depósito em herbário. Este fato, porém, não comprometeu a identificação do material vegetal ou o mérito científico do registro.

Para identificação das espécies foram feitas consultas à bibliografia especializada, como floras, descrições, chaves de identificação, dentre outros estudos a respeito de plantas aquáticas. Além disso, quando necessário, as duplicatas coletadas foram enviadas aos especialistas das diversas famílias botânicas, para confirmação ou determinação das identificações.

Neste estudo, as macrófitas aquáticas foram classificadas de acordo com a classificação de Pott e Pott (2000):

Planta anfíbia: plantas que vivem em áreas alagadas, de hábito arbustivo, arbóreo ou herbáceo.

Planta emergente: planta enraizada no fundo, parcialmente submersa.

Planta enraizada com folhas flutuantes: planta enraizada no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes.

Planta flutuante livre: planta não enraizada no fundo, podendo ser levada pela correnteza.

Planta submersa livre: planta não enraizada no fundo, totalmente submersa.

Planta submersa fixa: planta enraizada no fundo, com caule e folhas submersas.

As espécies de plantas aquáticas ocorrentes nas margens dos Rios Tibagi, Imbaú, Barra Grande e áreas adjacentes, além de pontos no reservatório, em contato com a água, parcialmente emersas ou totalmente submersas foram observadas e registradas nas seguintes estações de monitoramento (Figura 8).

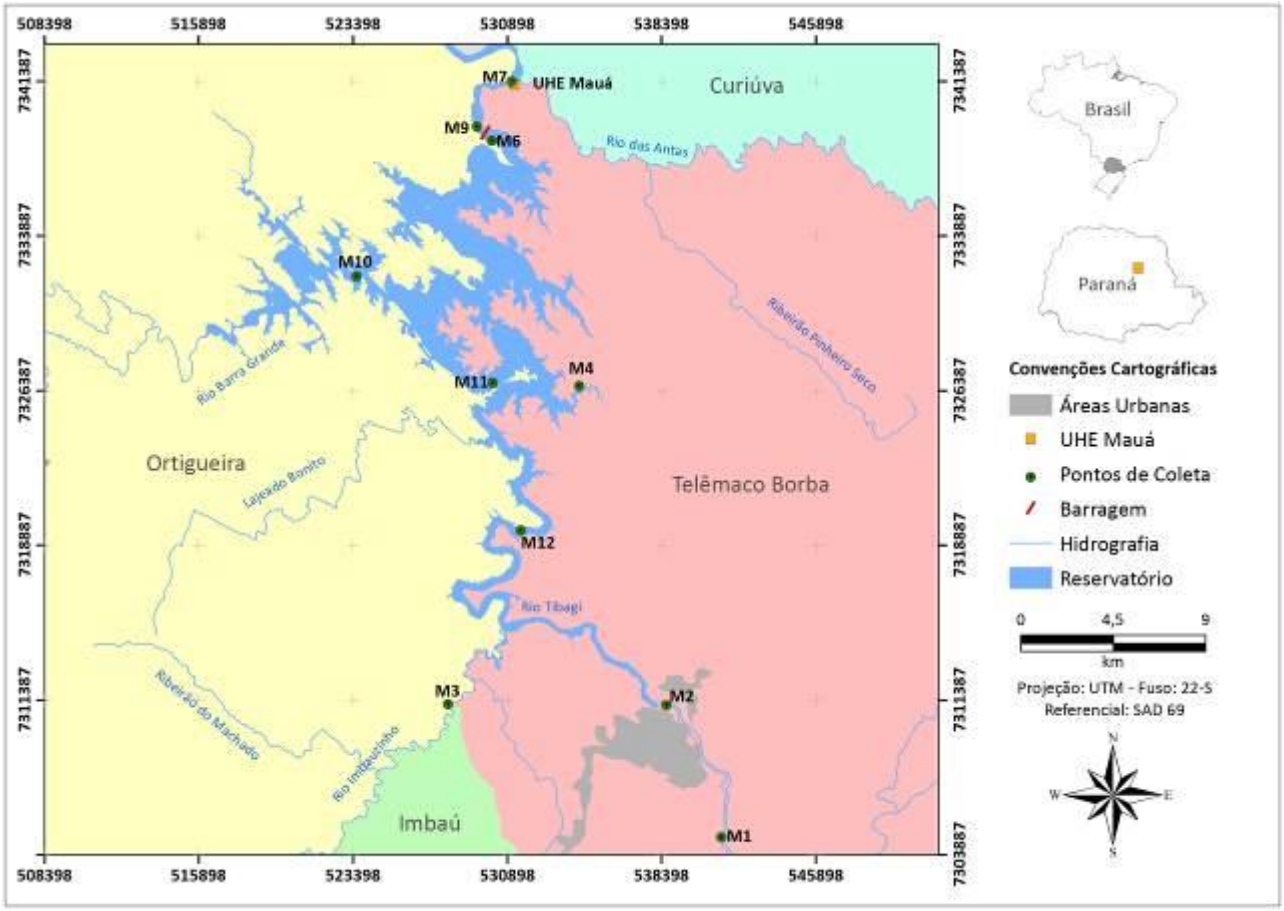


Figura 8 – Localização das estações de amostragem de macrófitas aquáticas.

Tabela 11 - *Descrição dos estações amostrais e respectivas coordenadas UTM.*

Estação	Coordenadas	Descrição
M1	541329 7304731	Rio Tibagi, a montante de Telêmaco Borba. Margem em alguns pontos sem vegetação, arenosa. Em alguns pontos, o solo está revolvido devido à dragagem. Em outras áreas, a mata ciliar está preservada. Referente à estação E1 de monitoramento de qualidade da água.
M2	538643 7311136	Rio Tibagi, a jusante da do município de Telêmaco Borba. Mata ciliar preservada, alguns pontos da margem bem poluídos (lixo doméstico), margem íngreme. Referente à estação E2 de monitoramento de qualidade da água.
M3	528032 7311178	Rio Imbauzinho. Margem com mata ciliar preservada, com certo grau de poluição doméstica. Referente à estação E3 de monitoramento de qualidade da água.
M4	534402 7326613	Reservatório UHE Mauá (Ponto da Bota). Região média do reservatório. Referente à estação E4 de monitoramento de qualidade da água.
M6	530162 7338488	UHE Mauá - Eixo da barragem. Margem sendo recolonizada. Referente à estação E6 de monitoramento de qualidade da água.
M7	531125 7341380	UHE Mauá / Casa de Força – margem em regeneração, com rochas expostas, iniciando o processo de colonização. Referente à estação E7 de monitoramento de qualidade da água.
M9	529442 7339171	Usina Presidente Getúlio Vargas – à jusante da barragem. Referente à estação E9 de monitoramento de qualidade da água.
M10	523593 7331922	Rio Barra Grande, próximo a foz. Margem pouco preservada, em algumas áreas. O estação amostral está localizado dentro de uma fazenda (Fazenda Santana). Referente à estação E10 de monitoramento de qualidade da água.
M11	530209 7326754	Reservatório UHE Mauá. Região média do reservatório, próximo à foz do Rio Barra Grande (Figura 9).
M12	531576 7319615	Reservatório UHE Mauá. Região média do reservatório, próximo à foz do Rio Imbauzinho – Área com previa ocupação de macrófitas registrada pela em vistorias da concessionária (Figura 10).

Em função das estações de amostragem M11 e M12 serem específicas do monitoramento de macrófitas aquáticas, mas mesmas encontram-se ilustradas a seguir.

Figura 9 - Vista geral do estação de amostragem M11, na região média do Reservatório da UHE Mauá

Figura 10 - Vista geral do ponto amostral M12, na região próxima à foz do Rio Imbauzinho

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO RELACIONADOS ÀS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIO E ENTORNO DA UHE MAUÁ

3.1 Variáveis físico-químicas de qualidade de água

No presente item são apresentados os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas nas oito estações de amostragem e os respectivos índices de qualidade da água, referentes aos meses de novembro/15, fevereiro/16, março/16 e agosto/16. Os dados de monitoramento serão apresentados nas tabelas a seguir (Tabela 13 a Tabela 20).

Os resultados apresentados referem-se às águas amostradas na sub-superfície (0,30 m de profundidade), nas estações E1, E2, E3, E7 e E9, e na Profundidade I (medida de Secchi x 0,54), nas estações de reservatório (E4, E6 e E10). Valores que ultrapassaram os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2, foram destacados em vermelho.

Convém destacar que, para a avaliação da qualidade da água das estações de reservatório não se utilizou o Índice de Qualidade da Água (IQA), mas o Índice de Qualidade da Água de Reservatório (IQAR). Também no intuito de auxiliar no diagnóstico da qualidade da água, a pluviometria acumulada de sete dias anteriores à coleta foi calculada e é apresentada na Tabela 12. Para as estações E1, E2, E3 e E4 foram utilizados dados da estação pluviométrica Telêmaco Borba. Já para as estações de reservatório E10 e E6, os dados pluviométricos são correspondentes à estação UHE Mauá Barragem.

As estações de jusante E9 e E7 tiveram dados pluviométricos advindos da estação Barra Ribeirão das Antas.

Tabela 12 – Pluviosidade acumulada (mm) de sete dias em estações pluviométricas na região da UHE Mauá.

	Mauá							
	Pluviosidade Acumulada em mm							
Meses de coleta	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
nov/15	74,80	74,80	74,80	39,20	31,20	34,20	34,20	43,20
fev/16	45,20	45,20	45,20	45,20	12,20	11,20	32,20	13,00
mai/16	45,20	45,20	45,20	45,20	17,00	10,40	10,40	17,00
ago/16	0,00	0,00	0,00	0,00	19,60	23,60	23,60	19,60

De modo geral, a avaliação dos dados de qualidade de água das oito estações de monitoramento indicou alguns desacordos com a Resolução CONAMA 357/05 com relação às seguintes variáveis: fósforo total (E1; E2; E3; E4), coliformes termotolerantes (E1; E2; E3; E7), oxigênio dissolvido (E7; E10) e clorofila-a (E6 e E10).

Com relação aos resultados das estações de montante, E1 (rio Tibagi), E2 (rio Tibagi) e E3 (rio Imbauzinho), pode-se observar uma qualidade de água mais degradada, com concentrações elevadas de fósforo total e coliformes totais e termotolerantes. Estas variáveis são indicadoras de aportes de matéria orgânica, normalmente advinda de esgotos domésticos não tratados, uma vez que coliformes termotolerantes são exclusivos do trato intestinal de animais de sangue quente.

O mês de fevereiro/15 foi aquele no qual os picos de concentração das variáveis descritas acima foram registrados, bem como valores mais elevados de turbidez e sólidos totais. Em especial, na estação do rio Imbauzinho, os valores mais altos de fósforo foram observados (0,145 $mg.L^{-1}$), bem como a mais elevada concentração de coliformes totais e termotolerantes do presente ciclo de monitoramento (460.000 $NMP.100mL^{-1}$).

Tais resultados podem ser observados na Tabela 13 (E1), Tabela 14 (E2) e Tabela 15 (E3).

Tabela 13 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E1, a montante do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E1			
Data da coleta	-	09/11/15	15/02/16	16/05/16	08/08/16
Altitude (m)	-	668	661	646	646
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	20,9	25,0	18,5	17,0
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	9,18	8,56	9,63	9,84
OD sat (%)	-	110,8	111,4	110,4	109,4
Secchi (m)	-	0,30	0,15	0,30	0,60
pH	6,0 a 9,0	7,4	7,4	7,6	8,0
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	33	42	36	32
ORP	-	133,7	190,2	134,4	108,7
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,05**	0,055	0,109	0,058	0,035
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,019	0,020	0,022	0,009
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,19	1,28	< 0,50	1,30
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	0,02	< 0,02	< 0,02	0,04
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,84	0,83	< 0,50	0,95
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	72	89	77	77
Turbidez (NTU)	100	45,00	65,30	34,80	17,50
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,4	3,5	4,3	2,7
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	2,39	1,64	2,59	2,55
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,350	1,270	1,860	1,420
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,58	1,52	2,06	1,54
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,50	2,02	3,18	2,94
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	12,00	14,70	11,50	12,60
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	11,80	10,30	15,60	13,20
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	22.000	49.000	4.900	4.900
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	14.000	17.000	2.200	1.700
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	2,06	1,85	1,15	0,28
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	7,00	16,40	8,10	12,10
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	2,3	4,2	1,8	2,0
Óleos e graxas ($mg.L^{-1}$)	Virt. ausentes	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
N/P	-	48	26	19	82
IQA	-	58	55	66	69
IET	-	56	57	53	46

* Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 $mg.L^{-1}$ para ambientes lóticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

Tabela 14 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E2, a montante do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E2			
Data da coleta	-	09/11/15	15/02/16	16/05/16	08/08/16
Altitude (m)	-	648	648	655	655
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	21,0	25,4	18,4	17,0
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	9,05	8,29	9,30	9,59
OD sat (%)	-	109,2	108,5	106,5	106,6
Secchi (m)	-	0,35	0,20	0,35	0,65
pH	6,0 a 9,0	7,5	7,1	7,7	8,1
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	39	51	SD	46
ORP	-	132,4	198,7	140,5	102,6
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,05**	0,073	0,088	0,070	0,060
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,024	0,017	0,015	0,020
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,39	1,01	< 0,50	1,29
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,78	0,74	< 0,50	0,96
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	61	98	82	74
Turbidez (NTU)	100	42,90	66,30	30,60	16,80
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,8	2,9	3,5	3,2
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	4,43	2,51	2,78	3,57
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,320	1,260	1,910	1,350
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,70	1,50	2,11	1,56
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,53	2,12	3,15	2,74
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	13,00	14,50	12,50	12,10
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	11,70	10,50	15,70	12,40
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	13.000	7.900	33.000	54.000
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	4.900	2.200	23.000	22.000
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	1,83	3,61	1,48	0,41
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	11,00	7,50	10,60	20,60
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	3,7	2,7	1,7	4,3
Fenóis Totais ($mg.L^{-1}$)	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
N/P	-	42	25	16	47
IQA	-	62	63	58	59
IET	-	56	59	55	49

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 $mg.L^{-1}$ para ambientes lóticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

Tabela 15 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E3, rio Imbauzinho, tributário do rio Tibagi, na região do empreendimento UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E3			
Data da coleta	-	09/11/15	15/02/16	16/05/16	08/08/16
Altitude (m)	-	658	664	660	669
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	20,3	22,5	17,5	16,1
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	8,64	8,16	8,93	9,08
OD sat (%)	-	102,8	101,5	100,5	99,3
Secchi (m)	-	0,70	0,15	0,25	1,20
pH	6,0 a 9,0	7,6	7,4	7,9	8,6
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	36	34	36	34
ORP	-	128,1	131,1	166,9	92,2
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,05**	0,028	0,145	0,030	0,035
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,007	0,025	0,004	0,009
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	< 0,50	1,00	0,88	< 0,50
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	< 0,50	0,50	0,68	< 0,50
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	53	140	78	53
Turbidez (NTU)	100	21,80	153,00	26,80	10,20
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	8,8	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	1,3	< 1,0	1,7	< 1,0
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	2,63	1,77	2,87	2,52
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,320	1,250	2,170	1,590
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,28	1,39	1,69	1,62
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,76	2,19	4,00	3,91
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	16,50	15,60	19,60	18,00
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	14,00	10,60	18,90	16,30
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	4.900	460.000	1.300	3.300
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	3.300	460.000	780	2.300
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	1,00	0,14	0,10	0,20
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	1,4	< 1,0	1,3	1,4
N/P	-	39	15	65	32
IQA	-	67	42	71	67
IET	-	51	46	41	44

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 $mg.L^{-1}$ para ambientes lóticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

Com relação à estação da porção intermediária do reservatório, E4 (Tabela 16), foram registrados desacordos com a Resolução CONAMA 357/05, com relação ao fósforo total que, por se tratar de ambiente lêntico, apresenta valores mais restritivos. Ressalta-se que no mês de maio/16, o valor de fósforo em águas superficiais esteve quase quatro vezes superior ao limite legislado.

Tabela 16 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E4, porção média do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E4			
Data da coleta	-	10/11/15	16/02/16	17/05/16	09/08/16
Altitude (m)	-	634	643	637	641
Profundidade de Coleta (m)	-	0,49	0,35	0,76	0,65
T água (°C)	-	26,5	26,6	22,0	18,5
OD (mg.L^{-1})	≥ 5,00	8,60	6,93	5,83	10,95
OD sat (%)	-	114,6	92,6	71,5	125,3
Secchi (m)	-	0,90	0,65	1,40	1,20
pH	6,0 a 9,0	7,8	7,2	7,4	8,6
Condutividade (µS.cm^{-1})	-	40	49	51	49
ORP	-	86,7	103,1	103,0	94,5
P Total (mg.L^{-1})	0,03**	0,028	0,043	0,114	0,046
P Reativo (mg.L^{-1})	-	0,016	0,009	0,019	0,014
N Total (mg.L^{-1})	***	1,28	0,92	1,59	1,17
Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito (mg.L^{-1})	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05
Nitrato (mg.L^{-1})	10	0,77	0,59	1,34	0,71
Sólidos Totais (mg.L^{-1})	-	49	50	75	66
Turbidez (NTU)	100	16,70	20,50	6,62	6,06
Sulfato Total (mg.L^{-1})	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total (mg.L^{-1})	250	6,3	2,8	3,7	3,5
Sulfeto - H_2S não dissociado (mg.L^{-1})	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio (mg.L^{-1})	-	2,90	2,23	4,19	3,73
Magnésio (mg.L^{-1})	-	1,820	0,973	1,340	1,260
Potássio (mg.L^{-1})	-	1,45	1,21	1,49	1,46
Cálcio (mg.L^{-1})	-	2,16	1,88	2,43	2,09
Alcalinidade Total (mg.L^{-1})	-	13,30	15,90	15,60	15,00
Dureza Total (mg.L^{-1})	-	14,10	8,70	11,60	10,40
Coliformes Totais (NMP.100mL^{-1})	-	200	2.300	450	450
Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL^{-1})	≤ 1.000	< 1,8	450	< 1,8	200
Clorofila-a (µg.L^{-1})	30	3,03	6,98	4,87	4,30
DBO (mg.L^{-1})	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO (mg.L^{-1})	-	10,00	< 5,00	18,20	< 5,00
Carbono Orgânico Total (mg.L^{-1})	-	3,6	< 1,0	2,7	2,4
N/P	-	101	47	31	56
IET	-	53	57	59	56

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.
** Para ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 1,27 mg.L^{-1} para ambientes lênticos. **** 3,7 mg.L^{-1} N, para pH <= 7,5; 2,0 mg.L^{-1} N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 mg.L^{-1} N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 mg.L^{-1} N, para pH > 8,5.

A avaliação da qualidade de água da estação E6 (Tabela 17), localizada no reservatório de Mauá, nas proximidades do barramento, não apresentou desacordos com relação à Resolução CONAMA 357/05. No entanto, ressalta-se que valores mais elevados de pH (variando entre 8,0 e 8,8) foram registrados em fevereiro/15, maio/16 e agosto/16. Também ressalta-se valor elevado de nitrogênio total (3,23 mg.L^{-1}) no mês de maio/16.

Tabela 17 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E6, reservatório da UHE Mauá, nas proximidades do barramento, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E6			
Data da coleta	-	11/11/15	17/02/16	18/05/16	10/08/16
Altitude (m)	-	641	635	638	632
Profundidade de Coleta (m)	-	0,81	0,65	0,78	1,35
T água (°C)	-	25,0	28,0	21,8	18,6
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	7,89	7,84	5,53	9,44
OD sat (%)	-	102,6	107,4	67,6	108,3
Secchi (m)	-	1,50	1,20	1,45	2,50
pH	6,0 a 9,0	7,9	8,8	8,4	8,0
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	40	42	45	48
ORP	-	91,5	68,0	88,0	116,5
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,03**	0,019	0,006	0,009	0,026
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,013	0,002	0,001	0,021
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,18	< 0,50	3,23	1,11
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,57	< 0,50	2,73	0,67
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	60	36	53	65
Turbidez (NTU)	100	6,19	4,67	6,48	4,95
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,70	2,00	6,20	3,10
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	4,36	1,42	4,47	4,30
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,130	0,907	1,700	1,730
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,79	1,16	2,37	2,11
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,12	1,61	3,36	3,57
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	10,30	16,10	14,80	16,00
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	8,30	7,75	15,40	16,10
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	450	< 1,8	450	450
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	200	< 1,8	200	< 1,8
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	4,43	36,42	4,31	2,60
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	< 5,00	< 5,00	25,30	16,30
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	< 1,0	< 1,0	2,2	2,2
N/P	-	137	184	792	94
IET	-	53	55	51	53

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.
** Para ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 1,27 $mg.L^{-1}$ para ambientes lênticos. **** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

A concetração de clorofila-a, medida da biomassa algal no reservatório, ultrapassou o limite legislado no mês de fevereiro/16, com concentração de 36,42 $\mu g.L^{-1}$. Esta variação será discutida no item Comunidade Fitoplanctônica.

A estação E7 (Tabela 18), localizada a jusante da casa de força apresentou desacordos com relação à concentração de oxigênio dissolvido, no mês de maio/16, bem como de coliformes termotolerantes, nos meses de novembro/15 e fevereiro/16. Apesar do valor mais baixo de OD, o mesmo está próximo do limite legislado de 5,0 $mg.L^{-1}$.

Assim como na estação E6, também no mês de maio/16, a variável nitrogênio total apresentou valor elevado, de 2,76 $mg.L^{-1}$. Ressalta-se que esta variável não apresenta limite na Resolução Conama 357/05, a não ser quando a mesma é fator limitante ao crescimento da comunidade fitoplanctônica, o que não ocorre no rio Tibagi e tributários, na região do empreendimento.

Com relação à ocorrência de óleos e graxas a jusante da casa de força, durante o presente monitoramento os resultados do ensaio indicaram valores inferiores ao limite de detecção do método.

No tocante à estação de jusante E9 (Tabela 19), localizada imediatamente a jusante da barragem, na região da PCH Presidente Getúlio Vargas, não foram registrados desacordos das variáveis monitoradas em relação à Resolução CONAMA 357/05. Ainda assim, como citado anteriormente, no mês de maio/16, valor mais elevado de nitrogênio total foi registrado naquela estação, de 2,79 $mg.L^{-1}$.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Tabela 18 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E7, a jusante do reservatório e da casa de força da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E7			
Data da coleta	-	11/11/15	18/02/16	18/05/16	10/08/16
Altitude (m)	-	525	515	515	515
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	21,5	22,9	21,3	16,0
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	6,8	6,9	4,6	7,7
OD sat (%)	-	81,0	84,6	54,3	82,1
Secchi (m)	-	0,50	0,30	1,00	0,70
pH	6,0 a 9,0	7,1	8,0	7,7	7,3
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	41	42	45	46
ORP	-	132,5	121,6	102,2	115,2
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,100**	0,043	0,046	0,024	0,008
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,023	0,009	0,004	< 0,001
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,51	1,01	2,76	1,32
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	0,209	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,81	0,67	2,52	0,98
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	77	73	59	69
Turbidez (NTU)	100	28,30	34,00	8,65	14,80
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	1,7	2,0	4,5	3,2
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	1,69	1,45	4,48	4,49
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,150	1,070	1,710	1,690
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,02	0,93	2,32	2,21
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	1,97	2,34	3,76	3,16
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	9,07	16,40	15,70	12,40
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	9,70	10,30	16,40	14,90
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	13.000	13.000	200	7.900
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	3.300	4.900	< 1,8	200
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	1,82	3,75	1,52	0,28
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	< 5,00	< 5,00	< 5,00	7,10
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,2
Óleos e graxas ($mg.L^{-1}$)	Virt. ausentes	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
N/P	-	78	48	254	364
IQA	-	64	62	80	76
IET	-	54	58	52	42

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes lóticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 $mg.L^{-1}$ para ambientes lóticos.**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

Tabela 19 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E9, a jusante do reservatório da UHE Mauá, na região do reservatório da PCH Getúlio Vargas, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E9			
Data da coleta	-	11/11/15	17/02/16	18/05/16	10/08/16
Altitude (m)	-	562	583	560	563
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	22,5	24,6	21,9	16,0
OD (mg.L^{-1})	≥ 5,00	8,8	8,2	5,6	8,7
OD sat (%)	-	107,7	105,0	68,3	94,0
Secchi (m)	-	0,90	0,65	1,50	0,70
pH	6,0 a 9,0	7,4	8,2	7,8	7,4
Condutividade (µS.cm^{-1})	-	38	40	45	47
ORP	-	-24,0	102,6	124,5	136,2
P Total (mg.L^{-1})	0,100**	0,029	0,024	0,009	0,013
P Reativo (mg.L^{-1})	-	0,019	0,008	0,001	< 0,001
N Total (mg.L^{-1})	***	1,45	1,08	2,79	1,38
Nitrogênio Amoniacal (mg.L^{-1})	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito (mg.L^{-1})	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato (mg.L^{-1})	10	0,87	0,75	2,44	1,02
Sólidos Totais (mg.L^{-1})	-	50	44	64	65
Turbidez (NTU)	100	13,00	14,50	6,41	15,50
Sulfato Total (mg.L^{-1})	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total (mg.L^{-1})	250	3,1	2,5	4,0	3,7
Sulfeto - H_2S não dissociado (mg.L^{-1})	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio (mg.L^{-1})	-	2,02	1,94	4,36	4,66
Magnésio (mg.L^{-1})	-	1,040	1,030	1,670	1,660
Potássio (mg.L^{-1})	-	1,04	1,22	2,30	2,16
Cálcio (mg.L^{-1})	-	1,57	2,04	3,46	2,99
Alcalinidade Total (mg.L^{-1})	-	6,25	13,00	14,90	12,10
Dureza Total (mg.L^{-1})	-	8,50	9,34	15,50	14,30
Coliformes Totais (NMP.100mL^{-1})	-	450	1.700	780	7.900
Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL^{-1})	≤ 1.000	200	780	< 1,8	200
Clorofila-a (µg.L^{-1})	30,0	2,4	7,8	0,8	0,1
DBO (mg.L^{-1})	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO (mg.L^{-1})	-	< 5,00	< 5,00	20,00	< 5,00
Carbono Orgânico Total (mg.L^{-1})	-	< 1,0	< 1,0	2,3	2,1
N/P	-	110	99	684	234
IQA	-	77	72	86	77
IET	-	55	59	47	40

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.
** Para ambientes lóticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L^{-1} para ambientes lóticos.**** 3,7 mg.L^{-1} N, para pH <= 7,5; 2,0 mg.L^{-1} N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 mg.L^{-1} N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 mg.L^{-1} N, para pH > 8,5.

A estação E10 (Tabela 20), localizada no reservatório da UHE Mauá, no braço formado no rio Barra Grande apresentou boa qualidade de água, com desacordo registrado somente no mês de maio/16, em relação à variável oxigênio dissolvido. O valor para a mesma, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, deve ser igual ou superior a 5,0 $mg.L^{-1}$. Naquele mês e estação, o valor registrado foi de 4,7 $mg.L^{-1}$. Valores de pH mais elevados (entre 8,3 e 8,8) foram registrados nos meses de fevereiro/16, maio/16 e agosto/16, assim como na estação de reservatório E6.

Também no mês de fevereiro/16, a concentração de clorofila-a ultrapassou o limite legislado de 30,00 $\mu g.L^{-1}$, chegando a 32,33 $\mu g.L^{-1}$. Esta variação será discutida no item Comunidade Fitoplanctônica.

Os valores registrados para fósforo total e nitrogênio total, relevantes na estação E10 em função do elevado tempo de residência desta região do reservatório, apresentaram-se relativamente baixos, variando entre 0,014 $mg.L^{-1}$ e 0,021 $mg.L^{-1}$, para o fósforo total, e entre < 0,5 $mg.L^{-1}$ e 0,93 $mg.L^{-1}$, para o nitrogênio total.

Tabela 20 - Resultados analíticos de qualidade de água do rio Tibagi, estação E10, rio Barra Grande em sua porção alagada do reservatório da UHE Mauá, de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	E10			
Data da coleta	-	10/11/15	16/02/16	17/05/16	09/08/16
Altitude (m)	-	636	638	632	637
Profundidade de Coleta (m)	-	0,97	0,59	0,73	1,11
T água (°C)	-	25,6	28,4	21,9	18,9
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	7,8	7,2	4,7	8,9
OD sat (%)	-	102,9	98,9	57,0	103,3
Secchi (m)	-	1,80	1,10	1,35	2,05
pH	6,0 a 9,0	7,7	8,8	8,3	8,4
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	41	43	47	48
ORP	-	103,2	82,1	93,1	48,5
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,03**	0,020	0,016	0,014	0,021
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,018	0,002	0,002	0,018
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	< 0,50	0,52	< 0,50	0,93
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,54
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	62	28	61	64
Turbidez (NTU)	100	4,87	4,59	6,18	4,88
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,9	2,0	4,0	2,4
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	2,81	1,41	3,08	2,40
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,580	0,877	1,330	1,210
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,38	1,06	1,46	1,51
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,33	1,57	2,57	2,60
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	14,70	15,40	15,20	16,20
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	13,10	7,53	11,90	11,50
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	200	2.300	< 1,8	450
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	200	780	< 1,8	200
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	3,08	32,33	6,21	3,50
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	11,00	< 5,00	13,00	< 5,00
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	3,7	< 1,0	2,0	2,6
N/P	-	55	72	79	98
IET	-	52	58	53	53

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro * Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.
** Para ambientes lênticos. *** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 1,27 $mg.L^{-1}$ para ambientes lênticos. **** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

Para a avaliação do fósforo total (Figura 11), com base na Resolução CONAMA 357/05, a classe do rio e o tempo de residência do corpo hídrico devem ser considerados, sendo que concentrações mais restritivas estão associadas a ambientes de menor velocidade da água (lênticos), e

concentrações mais elevadas são permitidas em ambientes de maior velocidade da água (lóticos). As estações E1, E2 e E3 classificadas como tributários de ambientes lênticos. Nesta situação o limite de fósforo total da referida resolução é de 0,050 mg.L^{-1}. As estações E4, E6 e E10, em função do tempo de residência do reservatório (TR > 40 dias), são classificadas como ambientes lênticos de Classe 2. Nestes ambientes, o limite é ainda mais restritivo, de 0,030 mg.L^{-1}. O rio Tibagi, a jusante do barramento (estação E7), bem como a estação E9, são classificados como ambientes lóticos de Classe 2. Nesta circunstância, a concentração de fósforo total não pode ultrapassar 0,100 mg.L^{-1}.

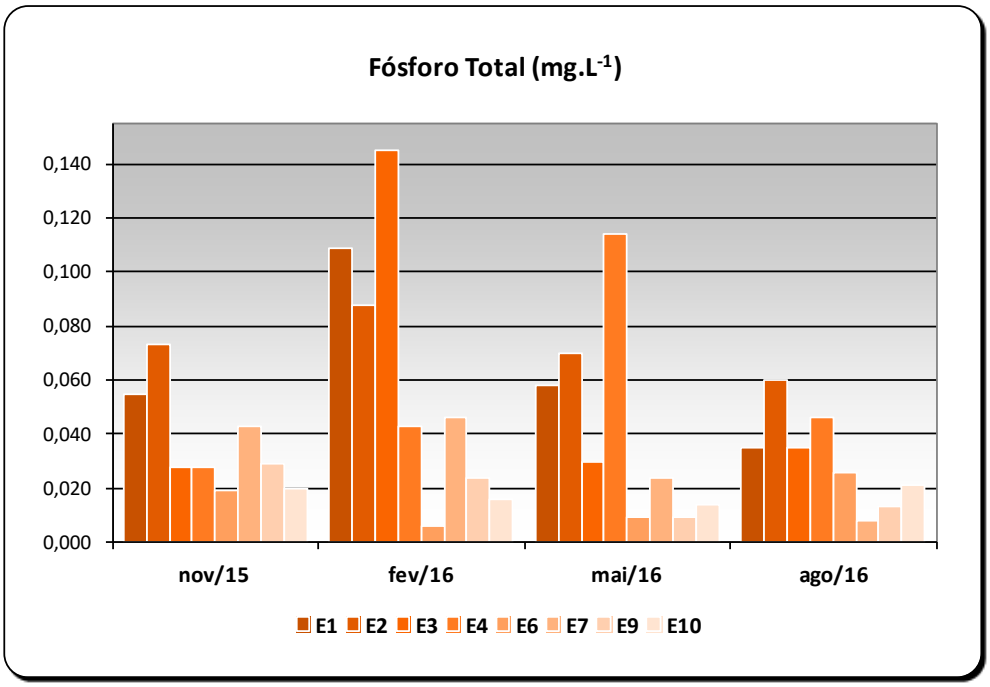


Figura 11 - Variações temporais de fósforo total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá

Assim como observado em anos anteriores, as estações a montante são aquelas nas quais valores mais elevados de fósforo foram registrados. O limite de 0,05 mg.L^{-1} estabelecido para ambientes tributários de ambientes lêntico, como as estações E1, E2 e E3 foi ultrapassado em novembro/15 (E1, E2), fevereiro/16 (E1, E2 e E3), maio/16 (E1, E2,) e agosto/16 (E2). Esta situação é preocupante, visto que são aportes ao reservatório, um ambiente lêntico e mais propício para o desenvolvimento de eutrofização. Entre as estações de rio, a concentração mais elevada de fósforo total foi registrada na estação E3, em fevereiro/16 (0,145 mg.L^{-1}).

Com relação às estações de reservatório (E4, E6 e E10), uma única não conformidade foi registrada. Esta ocorreu na estação E4, na porção intermediária de reservatório e primeira estação de

reservatório onde a influência das concentrações de montante pode ser medidas. Inclusive, a concentração mais elevada de fósforo total, registrada durante o presente monitoramento nas estações de reservatório, ocorreu na estação E4, com concentração de 0,114 mg.L^{-1}. Mesmo sendo este um limite mais restritivo, por tratar-se de um ambiente lêntico, tal situação deve ser ressaltada, visto que a presença de fósforo em concentrações mais elevadas em ambientes lênticos como o reservatório de Mauá, pode influenciar no estabelecimento de processos de eutrofização e suas consequências, como a ocorrência de florações ou o desenvolvimento de plantas aquáticas.

Nas demais estações, não foram registrados desacordos com relação à concentração de fósforo total.

A Figura 12 ilustra a relação entre o fosforo total e o fósforo reativo (ou ortofosfato). A avaliação do fósforo total e do fósforo reativo é de extrema relevância no entendimento da dinâmica dos ecossistemas aquáticos, uma vez que o fósforo total é indicativo do grau de trofia do sistema e o ortofosfato por ser a principal forma de fosfato assimilada pela comunidade de produtores primários (ESTEVES, 2011).

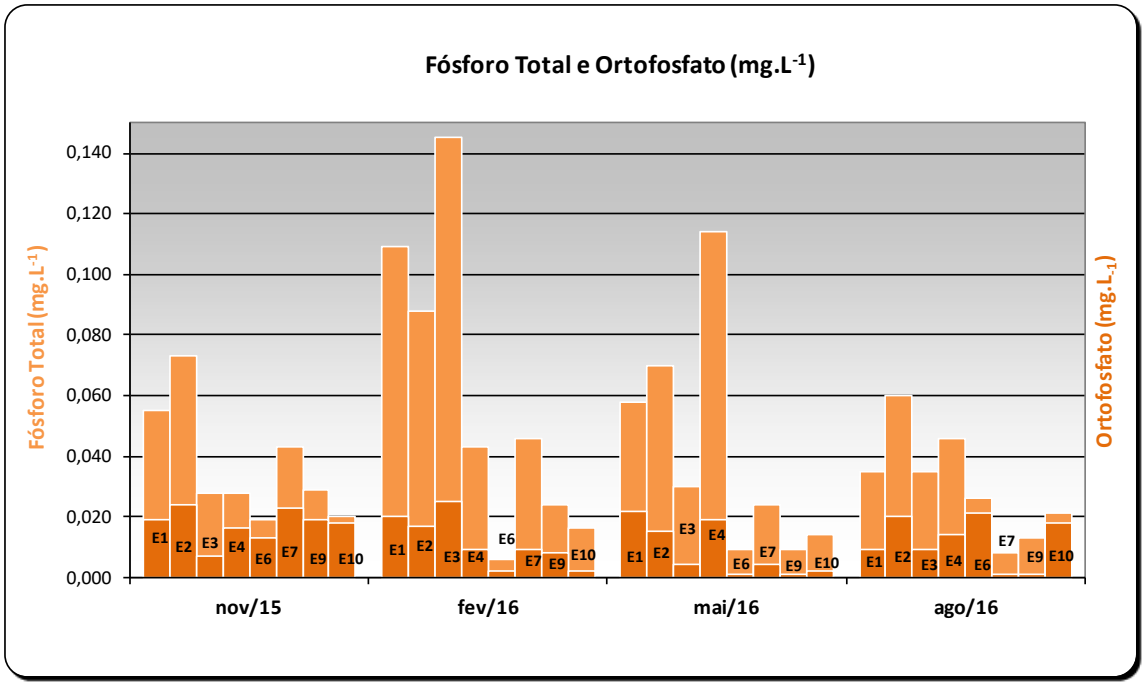


Figura 12 – Relação do fósforo reativo e do fósforo total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá.

Mesmo sendo a parte biodisponível para assimilação da comunidade fitoplanctônica, o autor supracitado ressalta que o ortofosfato deve ser avaliado com cuidado, uma vez que a presença de ortofosfato nas águas depende da densidade e do metabolismo de produtores primários e bactérias. Em lagos tropicais, com a elevação da temperatura, a atividade dos organismos aumenta sensivelmente, fazendo com que o ortofosfato seja assimilado rapidamente e incorporado na biomassa vegetal, sendo este um dos principais motivos para as baixas concentrações de ortofosfato normalmente registradas neste tipo de ecossitema (ESTEVES, 2011).

Assim como no ciclo anterior, em períodos de maior pluviosidade (neste caso, novembro/15), as concentrações de ortofosfato representaram mais de 50% da concentração de fósforo total. Esta situação foi registrada nas estações de reservatório (E4, E6 e E10) e de jusante (E7 e E9). Também em maio/16 e agosto/16, tal situação foi registrada no reservatório (E6 e E10).

O comportamento espacial e temporal das concentrações de nitrogênio foi analisado e ilustrado na Figura 13. Esta variável só apresenta limite legislado na Resolução CONAMA 357/05 quando é considerada limitante ao crescimento da comunidade fitoplanctônica. Na região da UHE Mauá e entorno, de acordo com a avaliação da relação molar N/P (nitrogênio total/fósforo total), o fósforo continua sendo o nutriente limitante ao desenvolvimento da biomassa vegetal.

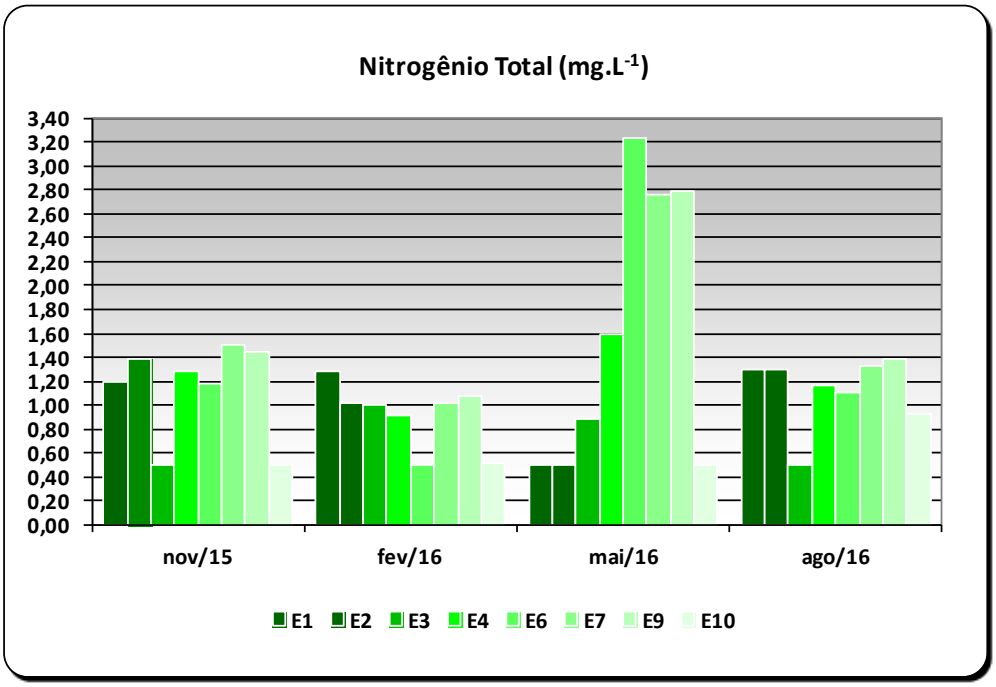


Figura 13 - Variações temporais de nitrogênio total no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá.

Considerando esta ressalva, os limites da Resolução CONAMA 357/05 podem ser utilizados como referência para a discussão desta variável. Quando é limitante ao crescimento do fitoplâncton, os limites de nitrogênio são de 2,18 $mg.L^{-1}$ para ambientes lóticos (E1, E2, E3, E7 e E9) e 1,27 $mg.L^{-1}$ para ambientes lênticos (E4, E6 e E10).

Conforme pode ser observado no gráfico acima, as concentrações de nitrogênio total, na região de estudo, foram relativamente baixas, nos meses de fevereiro/16 e agosto/16. No entanto, em especial no mês de maio/16, valores elevados foram registrados para a estação de reservatório, E6, e nas estações de jusante, E7 e E9. Mesmo não sendo limitante, o nitrogênio é influenciador do desenvolvimento da vegetação aquática, sendo suas principais fontes esgotos domésticos, efluentes industriais e lavagem de solos agriculturáveis.

Com relação ao oxigênio dissolvido, observaram-se concentrações adequadas do gás nas estações de amostragem, durante os eventos de coleta. De forma geral, o limite mínimo regulado pela Resolução CONAMA 357/05, de 5,00 $mg.L^{-1}$, foi atendido na maior parte do monitoramento.

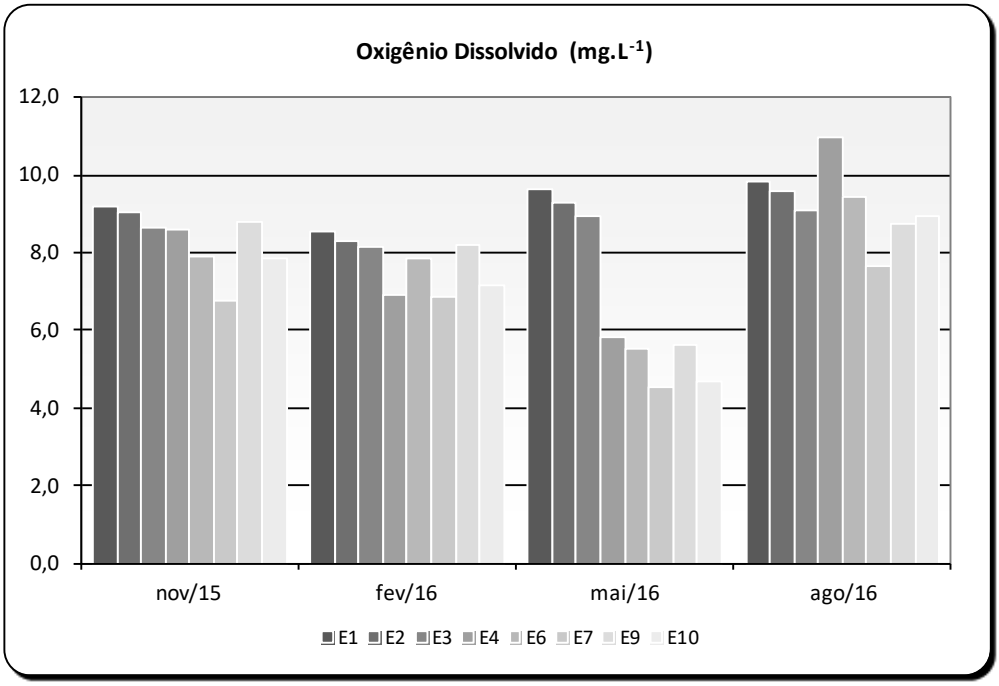


Figura 14 - Variações temporais de oxigênio dissolvido (superfície) no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá.

Desacordos para o OD foram registrados nas estações de reservatório (E10) e jusante (E7) no mês de maio/16. Em especial nas estações de jusante, conforme comentado no ciclo anterior, valores

mais baixos de oxigênio dissolvido podem estar relacionados à altura da tomada de água na barragem, uma vez que naquele mês se registrou anóxia no reservatório em suas porções mais profundas.

A avaliação do pH (Figura 15) indicou águas de caráter neutro (pH entre 6 e 8) para básico (pH > 8), em especial nas estações de reservatório. Nos meses de fevereiro/16, maio/16 e agosto/16, os valores de superfície, para as estações E4, E6 e E10 variaram entre 8,0 e 8,8, ressaltando que valores superiores a 9,0 e inferiores a 6,0 são considerados não conformes com a Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe 2. No mês de fevereiro/16, nas estações E6 e E10 valores mais elevados de clorofila-a também foram observados, indicando que a elevação do pH pode estar relacionada ao aumento da produtividade primária e consequente aumento da demanda por CO_2 e aumento do pH da água.

Figura 15 - Variações temporais do pH (superfície) no rio Tibagi na região do reservatório da UHE Mauá.

Coliformes termotolerantes apresentaram concentrações acima do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 2, nas estações de montante. Tais desacordos ocorreram em todos os períodos monitorados, nas estações E1 e E2. Na estação E3, só não foram

registradas não conformidades em maio/16. Também nesta estação foi observado o valor mais elevado de coliformes termotolerantes, para todo o ciclo de monitoramento, com concentração de 460.000 NMP.100mL^{-1}. Na estação de jusante, E7, não conformidades foram observadas em novembro/15 e fevereiro/16, com valor máximo de 4.900 NMP.100mL^{-1} A ocorrência de coliformes termotolerantes em águas interiores é indicativo de contaminação por material de origem fecal, tornando as águas impróprias para o uso a que se destinam.

Com relação à DBO, os valores registrados estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (5,00 mg.L^{-1}), sendo sempre inferiores a 2,00 mg.L^{-1}.

Óleos e graxas foram analisados nas estações de montante (E1) e jusante (E7), no intuito de avaliar possíveis contaminações advindas dos processos de manutenção e operação da usina de Mauá. O limite da Resolução CONAMA 357/05 não é explícito no tocante à concentração de óleos e graxas. A mesma define que estes contaminantes devem estar "virtualmente ausentes". Desta forma, no presente relatório, óleos e graxas foram reportados como não conformidades caso fossem observados em valores superiores aos limites de detecção do método de análise (< 1,0 mg.L^{-1}). Também, no intuito de contribuir com a avaliação destas variáveis, foi solicitado à equipe de coleta que anotasse na planilha de campo a presença ou ausência de iridescências na superfície da água.

Nos eventos de coleta, não foram registrados óleos e graxas acima do limite do método de detecção da análise em ambas as estações. Também não foram observadas, pela equipe de campo, no momento da coleta, iridescências na superfície da água.

As demais variáveis limnológicas avaliadas não mostraram alterações significativas em termos de poluição e, portanto, não foram comentadas individualmente.

3.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi calculado somente para as estações de montante e jusante do reservatório, uma vez que as estações E4, E6 e E10, que representam diferentes porções do reservatório de Mauá, são avaliadas pelo Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR).

O resultado do IQA (Figura 16) demonstrou que, com base nos critérios do índice, as águas da região do empreendimento, a montante (E1, E2 e E3) e a jusante do mesmo (E7 e E9), podem ser classificadas como de qualidade boa a ótima, segundo critérios da CETESB, desde que não apresentem níveis quaisquer de toxicidade. Exceção ao registrado acima deve ser feita às águas de qualidade

regular, observadas na estação E3, no rio Imbauzinho. Tal classificação deveu-se à concentração elevada de coliformes termoletolerantes, registrada no mês de fevereiro/16, a qual influenciou fortemente o índice.

De qualquer forma, é importante ressaltar que no presente estudo o Índice de Qualidade de Água está sendo utilizado como um balizador, devendo-se atentar ao fato de que o mesmo visa avaliação de águas destinadas ao abastecimento público, e este não é o uso preponderante das águas do rio Tibagi, na região do empreendimento. Desta forma, no presente diagnóstico, possui caráter ilustrativo.

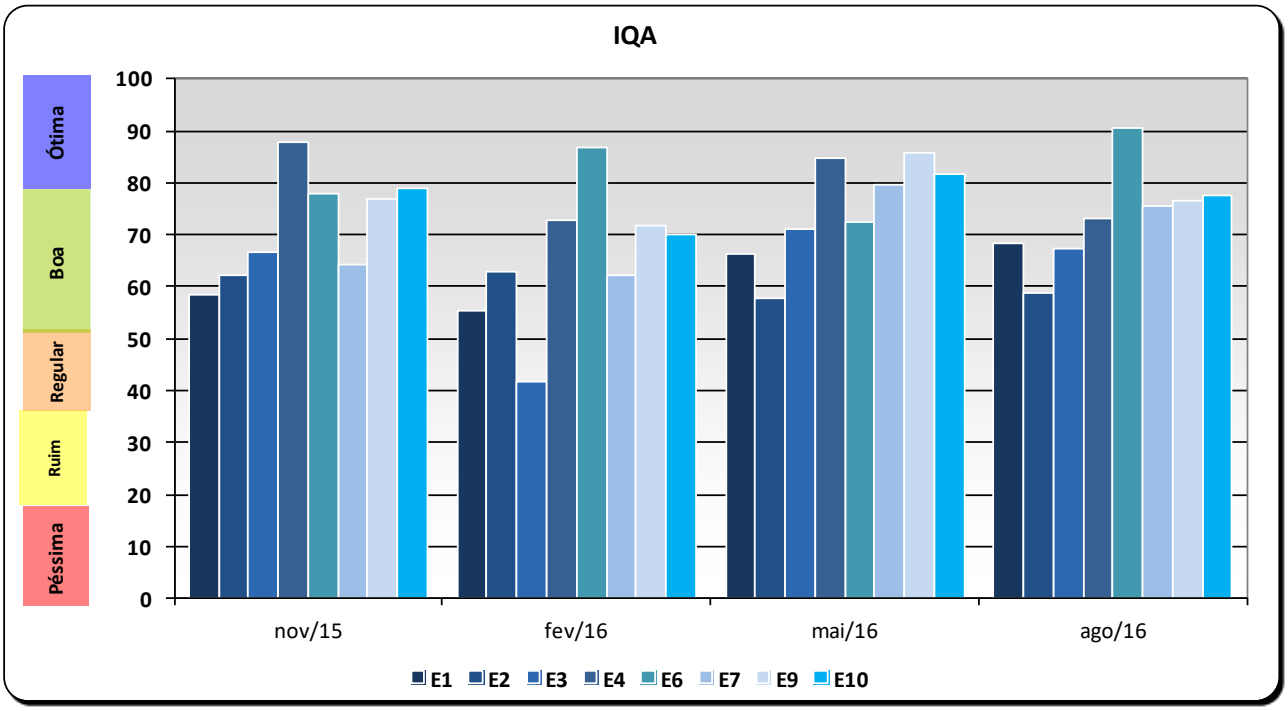


Figura 16 – Índice de Qualidade de Água do rio Tibagi no entorno do reservatório da UHE Mauá.

3.1.2 Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR)

Algumas variáveis limnológicas foram analisadas no reservatório (E4, E6 e E10) em duas ou três profundidades, com objetivo do cálculo do IQAR. Os resultados encontram-se na Tabela 21 a Tabela 23.

Assim como no ciclo anterior, o valor obtido para este índice, nas três estações de reservatório, indicou que o reservatório pode ser classificado como de Classe III nos diferentes trechos analisados. De acordo com IAP (2009), reservatórios de Classe III são classificados como

moderadamente degradados, caracterizando-se como corpos de água com médio aporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, grande variedade e/ou densidade de algas (sendo que algumas espécies podem ser predominantes), tendência moderada à eutrofização, tempo de residência das águas considerável.

Tabela 21 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E4, em diferentes profundidades.

	Limites*	Reservatório de Mauá - Estação E4									
Data da coleta	-	**10/11/15**			**16/02/16**			**17/05/16**		**09/08/16**	
Profundidade	-	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. I	Prof. II
Prof. de Coleta (m)	-	0,49	26,35	44,00	0,35	25,96	43,50	0,76	25,10	0,65	23,30
T água (°C)	-	26,5	20,8	16,6	26,6	23,2	16,7	22,0	18,8	18,5	15,1
pH	6,0 a 9,0	7,8	6,8	6,1	7,2	6,3	5,7	7,4	6,5	8,6	7,0
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	40	41	45	49	39	56	51	55	49	48
ORP	-	86,7	164,6	175,1	103,1	199,5	137,1	103,0	163,5	94,5	184,5
Turbidez (NTU)	100	16,70	-	-	20,50	-	-	6,62	-	6,06	-
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	49	-	-	50	-	-	75	-	66	-
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	8,60	7,08	0,10	6,93	4,16	0,19	5,83	6,63	10,95	8,35
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,030	0,028	0,036	0,024	0,043	0,029	0,028	0,114	0,031	0,046	0,029
N Total ($mg.L^{-1}$)	**	1,28	-	-	0,92	-	-	1,59	-	1,17	-
N-NH_3 ($mg.L^{-1}$)	***	0,10	0,27	0,35	0,10	0,10	0,98	0,10	0,10	0,10	0,10
N-Nitrito($mg.L^{-1}$)	1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,07
N-Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,77	0,92	0,76	0,59	0,75	0,50	1,34	1,96	0,71	0,92
N Total Inorgânico($mg.L^{-1}$)	-	0,89	1,21	1,13	0,71	0,87	1,50	1,46	2,08	0,86	1,09
DBO ($mgO_2.L^{-1}$)	< 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	10,00	11,00	18,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	18,20	6,40	< 5,00	< 5,00
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	3,03	-	-	6,98	-	-	4,87	-	4,30	
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	3.227	562	-	10.830	1.220	-	2.121	1.042	11.889	118
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	1655	562	-	10545	1033	-	1576	803	0	0
Média Deficit OD da coluna d´água (%)	-	44,16			54,07			28,90		23,24	
Disco de Secchi (m)	-	0,9			0,7			1,4		1,2	
Profundidade Média (m)	-	25,50									
Profundidade Máx. (m)	-	77,50									
Tempo de Residência (dias)	-	88									
IQAR Parcial	-	3,12			3,35			3,10		2,74	
IQAR Anual	-	**3,08**			**Classe III**			**Moderadamente Degradado**			

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2

**Ambientes lênticos: < 1,27$mg.L^{-1}$ e ambientes lóticos: < 2,18$mg.L^{-1}$; quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização.

*** 3,7$mg.L^{-1}$ em águas de pH ≤ 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 7,5 e 8,0; 1,0$mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 8,0 e 8,5; 0,5$mg.L^{-1}$ em águas de pH> 8,

De forma geral, as variáveis que mais contribuíram com a classificação do reservatório na Classe III foram: déficit de oxigênio na coluna de água e a concentração de nitrogênio total inorgânico. No caso desta última variável, faz-se uma ressalva, visto que a mesma é calculada pela soma das frações de nitrito, nitrato e amônia, e comumente no presente monitoramento, as concentrações são inferiores ao limite de detecção do método. Neste caso, quando a concentração medida foi inferior ao limite do método, o valor somado às demais frações para o cálculo da fração

total inorgânica de nitrogênio é feito com o somatório da menor concentração detectável. A opção por um cálculo desta forma visou à segurança dos dados, no entanto, pode estar superestimando a concentração de nitrogênio inorgânico no reservatório.

De maneira mais específica, nas estações E6 e E10, também contribuíram para valores mais elevados do índice a concentração da DQO e a concentração de clorofila-a (fevereiro/16).

Tabela 22 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E6, em diferentes profundidades.

	Limites*	Reservatório de Mauá - Estação E6										
Data da coleta	-	**11/11/15**			**17/02/16**			**18/05/16**			**10/08/16**	
Profundidade	-	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II
Prof. de Coleta (m)	-	0,81	36,25	59,50	0,65	36,80	52,00	0,78	33,18	43,50	1,35	37,75
T água (°C)	-	25,0	16,7	16,1	28,0	19,3	16,3	21,8	18,1	16,5	18,6	14,4
pH	6,0 a 9,0	7,9	5,9	5,9	8,8	6,1	5,9	8,4	6,5	6,6	8,0	6,6
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	40	35	43	42	40	38	45	49	34	48	46
ORP	-	92	188	172	68	214	227	88	151	178	117	165
Turbidez (NTU)	100,00	6,19	-	-	4,67	-	-	6,48	-	-	4,95	-
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	60	-	-	36	-	-	53	-	-	65	-
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	7,89	3,38	0,19	7,84	0,30	0,21	5,53	0,43	0,21	9,44	6,92
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,030	0,019	0,018	0,027	0,006	0,019	0,018	0,009	0,025	0,020	0,026	0,048
N Total ($mg.L^{-1}$)	**	1,18	-	-	0,50	-	-	3,23	-	-	1,11	-
N-NH_3 ($mg.L^{-1}$)	***	0,10	0,10	0,19	0,10	0,10	0,27	0,10	0,13	0,11	0,10	0,10
N-Nitrito($mg.L^{-1}$)	1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
N-Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,57	1,01	0,77	0,50	0,50	0,50	2,73	2,51	2,43	0,67	1,01
N Total Inorgânico($mg.L^{-1}$)	-	0,69	1,13	0,98	0,62	0,62	0,79	2,85	2,66	2,56	0,79	1,13
DBO ($mgO_2.L^{-1}$)	< 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	25,30	9,00	15,00	16,30	13,80
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	4,43	-	-	36,42	-	-	4,31	-	-	2,60	-
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	12.907	676	-	105.380	331	-	3.587	309	-	1.550	47
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	12046	654	-	103.500	315	-	2000	276	-	128	26
Média Deficit OD da coluna d´água (%)	-		60,30			70,24			73,94		32,42	
Disco de Secchi (m)	-		1,5			1,2			1,5		2,5	
Profundidade Média (m)	-						25,50					
Profundidade Máx. (m)	-						77,50					
Tempo de Residência (dias)	-						88					
IQAR Parcial	-		3,12			3,98			3,65		2,83	
IQAR Anual	-		**3,40**			**Classe III**			**Moderadamente Degradado**			

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2

**Ambientes lênticos: < 1,27mg/L e ambientes lóticos: < 2,18mg/L; quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização.

*** 3,7$mg.L^{-1}$ em águas de pH ≤ 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 7,5 e 8,0; 1,0$mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 8,0 e 8,5; 0,5$mg.L^{-1}$ em águas de pH> 8,5

Tabela 23 - Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E10, em diferentes profundidades.

	Limites*	Reservatório de Mauá - Estação E10										
Data da coleta	-	**10/11/15**			**16/02/16**			**17/05/16**			**09/08/16**	
Profundidade	-	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II
Prof. de Coleta (m)	-	0,97	24,20	32,50	0,59	23,15	35,00	0,73	23,52	41,50	1,11	25,08
T água (°C)	-	25,6	19,9	17,2	28,4	23,6	21,0	21,9	19,6	17,6	18,9	14,8
pH	6,0 a 9,0	7,7	6,0	6,1	8,8	6,6	6,3	8,3	7,2	6,5	8,4	6,9
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	41	45	51	43	40	59	47	47	53	48	46
ORP	-	103,2	198,5	9,0	82,1	221,6	59,9	93,1	133,2	174,3	48,5	160,8
Turbidez (NTU)	100,00	4,87	-	-	4,59	-	-	6,18	-	-	4,88	-
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	62	-	-	28	-	-	61	-	-	64	-
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	7,84	0,28	0,29	7,17	1,45	0,25	4,66	4,00	0,33	8,94	5,81
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,030	0,020	0,027	0,036	0,016	0,022	0,054	0,014	0,024	1,001	0,021	0,065
N Total ($mg.L^{-1}$)	**	0,50	-	-	0,52	-	-	0,50	-	-	0,93	-
N-NH_3 ($mg.L^{-1}$)	***	0,10	0,13	0,41	0,10	0,10	0,66	0,10	0,13	0,71	0,10	0,10
N-Nitrito($mg.L^{-1}$)	1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
N-Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,50	0,67	0,50	0,50	0,69	0,50	0,50	0,84	1,07	0,54	1,14
N Total Inorgânico($mg.L^{-1}$)	-	0,62	0,82	0,93	0,62	0,81	1,18	0,62	0,99	1,80	0,66	1,26
DBO ($mgO_2.L^{-1}$)	< 5,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	6,10	< 2,00	< 2,00
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	11,00	8,00	9,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	13,00	11,40	50,10	< 5,00	< 5,00
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	3,08	-	-	32,33	-	-	6,21	-	-	3,50	-
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	6.886	661	-	93.847	3.423	-	9.210	2.123	-	5.116	71
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	4.169	0	-	80.388	3.366	-	4.019	1.578	-	105	55
Média Deficit OD da coluna d´água (%)	-	68,27			67,84			62,07			33,64	
Disco de Secchi (m)	-	1,8			1,1			1,4			2,1	
Profundidade Média (m)	-	25,50										
Profundidade Máx. (m)	-	77,50										
Tempo de Residência (dias)	-	88										
IQAR Parcial	-	3,13			3,85			3,43			2,86	
IQAR Anual	-	**3,32**			**Classe III**			**Moderadamente Degradado**				

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2

**Ambientes lênticos: < 1,27mg/L e ambientes lóticos: < 2,18mg/L; quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização.

*** 3,7$mg.L^{-1}$ em águas de pH ≤ 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 7,5 e 8,0; 1,0$mg.L^{-1}$ em águas de pH entre 8,0 e 8,5; 0,5$mg.L^{-1}$ em águas de pH > 8,5

3.1.3 Índice de Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico (Figura 17) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2011).

Este pode ser calculado com base nas concentrações de fósforo total, na medida do disco de Secchi e também pela concentração de clorofila-a. No presente relatório é apresentado o IET específico de rios para as estações de montante e jusante, calculado a partir das concentrações de fósforo (IET(P)) e clorofila-a (IET(CL)), e o IET específico de reservatórios para as estações E4, E6 e E10,

tomando também como base os valores calculados para o fósforo total (IET(P)) e para a clorofila-a (IET(CL)).

Na média, o trecho de rio compreendido entre as estações de montante e jusante, incluindo o reservatório apresentou IET=52, indicando categoria mesotrófica.

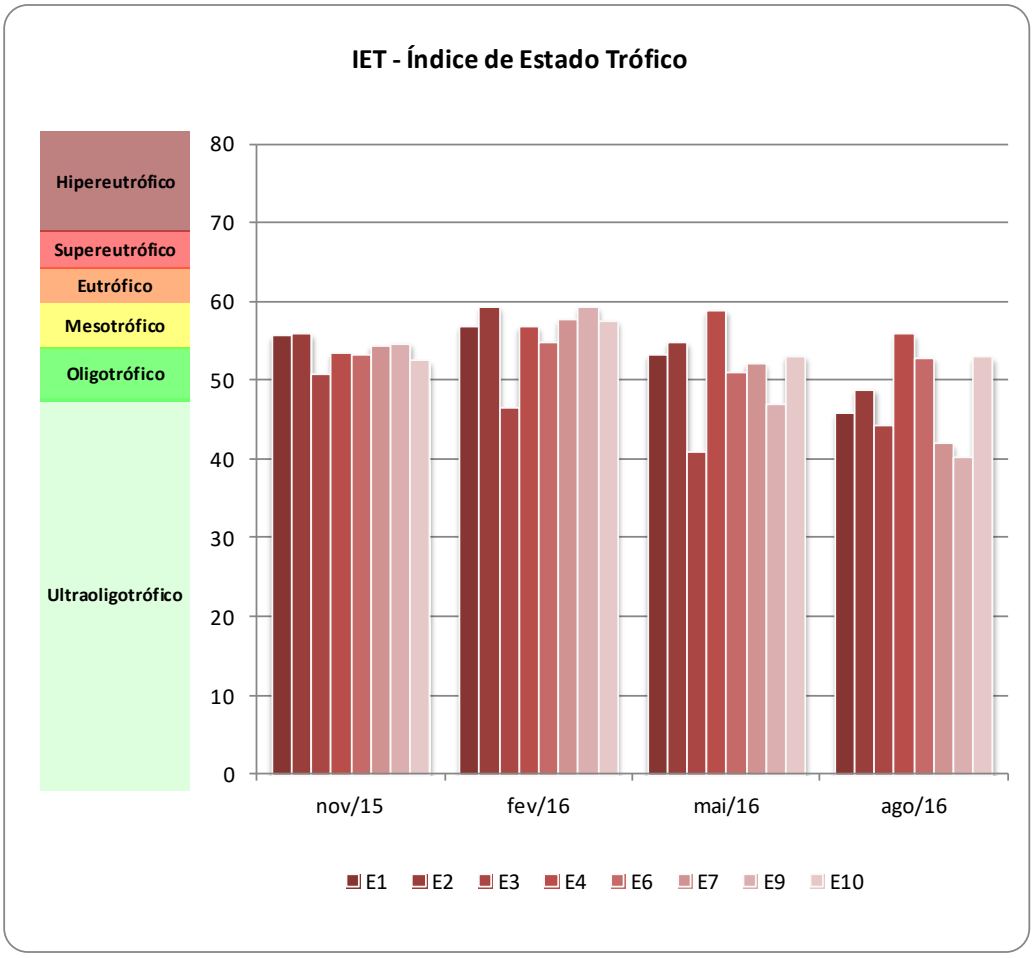


Figura 17 – Índice de Estado Trófico do rio Tibagi e reservatório da UHE Mauá.

A Figura 18 ilustra o percentual de ocorrência das classes de IET por estação de monitoramento. As estações de reservatório (E4, E6 e E10) apresentaram-se durante a maior parte do período monitorado na categoria mesotrófica. O mesmo foi observado para as estações de montante E1 e E2. Na campanha de fevereiro/16, contudo, a estação E2 chegou a ser classificada na categoria eutrófica. Já a estação de montante E3, localizada no rio Imbauzinho, apresentou-se na categoria ultraoligotrófica, na maior parte do tempo.

A jusante do barramento, a estação E9 apresentou-se na maior parte do período monitorado na categoria mesotrófica. Já a estação E7 variou entre as categorias ultraoligotrófica e eutrófica.

Vale a ressalva de que o índice é calculado com a média da concentração de fósforo e de clorofila-a. No mês de fevereiro/15, por exemplo, avaliando somente a concentração de fósforo (0,145 $mg.L^{-1}$), a estação E3, no rio Imbauzinho, seria classificada como ambiente eutrófico. No entanto, como a concentração de clorofila-a foi baixa (0,14 $\mu g.L^{-1}$), a classificação final da estação naquele mês foi categoria ultraoligotrófica.

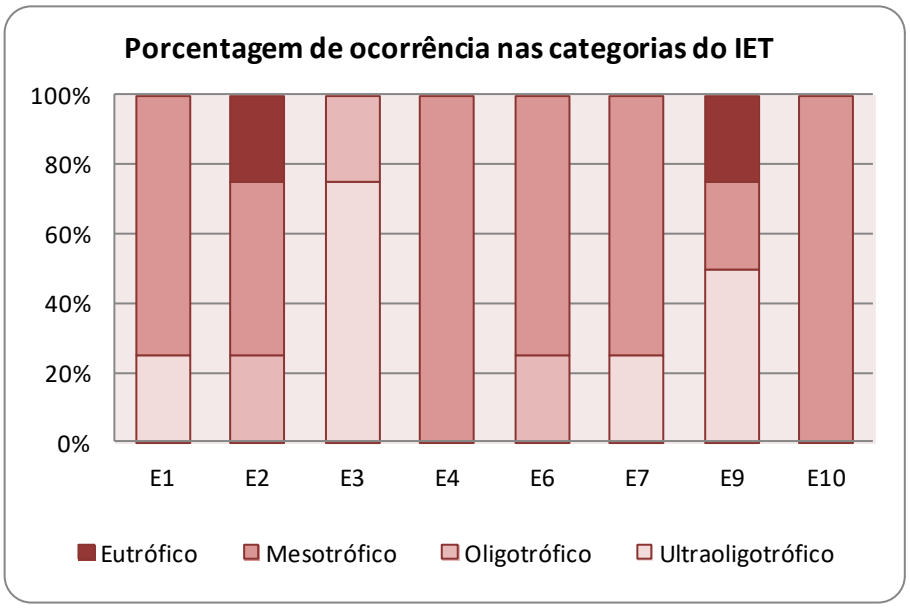


Figura 18 – Percentual de registro das categorias do Índice de Estado Trófico na região do estudo, no entorno do reservatório da UHE Mauá.

3.1.4 Índices de Estabilidade da Água

Visando analisar a tendência corrosiva e incrustante das águas do rio Tibagi e afluentes na região do empreendimento UHE Mauá foram utilizados três índices de estabilidade da água: Índice de Saturação de Langelier (LSI), Índice de Estabilidade de Ryznar (RSI) e Índice de Larson-Skold (ILR). Tais índices foram aplicados aos resultados obtidos em quatro campanhas trimestrais realizadas entre novembro/15 e agosto/16, sendo seus resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 24 – Resultados dos Índices de Estabilidade da Água

	1ª Campanha nov/15		2ª Campanha fev/16		3ª Campanha mai/16		4ª Campanha ago/16	
	LSI	**Res**	**LSI**	**Res**	**LSI**	**Res**	**LSI**	**Res**
E1	-3,03	Tc	-2,93	Tc	-2,84	Tc	-2,39	Tc
E2	-2,94	Tc	-3,25	Tc	-2,63	Tc	-2,38	Tc
E3	-2,73	Tc	-3,00	Tc	-2,16	Tc	-1,56	Tc
E4	-2,56	Tc	-3,12	Tc	-2,96	Tc	-1,89	Tc
E6	-2,61	Tc	-1,59	Tc	-1,81	Tc	-2,23	Tc
E7	-3,54	Tc	-2,30	Tc	-2,45	Tc	-3,09	Tc
E9	-3,50	Tc	-2,23	Tc	-2,39	Tc	-3,08	Tc
E10	-2,66	Tc	-1,57	Tc	-2,00	Tc	-1,96	Tc
	RSI	**Res**	**RSI**	**Res**	**RSI**	**Res**	**RSI**	**Res**
E1	11,74	Ic	11,48	Ic	11,46	Ic	11,11	Ic
E2	11,63	Ic	11,81	Ic	11,21	Ic	11,15	Ic
E3	11,21	Ic	11,58	Ic	10,51	Ic	10,09	Ic
E4	10,89	Ic	11,73	Ic	11,54	Ic	10,57	Ic
E6	11,54	Ic	10,19	Ic	10,30	Ic	10,74	Ic
E7	12,42	Ic	10,91	Ic	10,92	Ic	11,78	Ic
E9	12,55	Ic	10,94	Ic	10,89	Ic	11,79	Ic
E10	11,07	Ic	10,20	Ic	10,59	Ic	10,61	Ic
	ILR	**Res**	**ILR**	**Res**	**ILR**	**Res**	**ILR**	**Res**
E1	0,88	Cs	0,85	Cs	1,20	Ce	0,88	Cs
E2	0,86	Cs	0,79	Nc	1,00	Cs	0,99	Cs
E3	0,82	Cs	0,79	Nc	0,48	Nc	0,45	Nc
E4	1,30	Ce	0,71	Nc	0,82	Cs	0,83	Cs
E6	1,07	Cs	0,61	Nc	1,16	Cs	0,73	Nc
E7	1,03	Cs	0,60	Nc	0,90	Cs	0,96	Cs
E9	1,88	Ce	0,82	Cs	0,89	Cs	1,06	Cs
E10	0,78	Nc	0,64	Nc	0,88	Cs	0,65	Nc

Onde "Res" é o resultado obtido para cada índice, considerando as relações descritas no item 2.2.1.1 (Índices de Qualidade de Água).

Durante o período monitorado, os resultados do Índice de Saturação de Langelier (LSI) indicaram valores inferiores a zero (LSI < 0) para todas as estações de monitoramento. Águas com "LSI < 0" não apresentam potencial de incrustação e tendem a dissolver o $CaCO_3$ (águas com tendência corrosiva – Tc).

Os resultados do Índice de Estabilidade de Ryznar (RSI > 9,0) também indicaram águas com tendência à dissolução do $CaCO_3$, assim como obtido para o LSI.

Em relação ao Índice de Larson-Skold, que descreve a tendência de corrosão da água em contato com o aço, das 32 amostras coletadas (considerando oito estações de monitoramento e quatro campanhas de amostragem), 11 foram classificadas como não corrosivas (ILR < 8). Resultados

como este indicam que cloretos e sulfatos não interferem na formação de uma película natural para proteger o aço. Quando cloretos e sulfatos dificultam a formação de uma película protetora, as águas são classificadas como de corrosão significativa (0,8 ≤ ILR ≤ 1,2), o que ocorreu para 18 amostras. Resultados superiores a 1,2 (ILR > 1,2) são classificadas como de tendência à corrosão elevada, o que ocorreu para 3 amostras. Estes resultados foram relacionados à maiores concentrações de cloretos e sulfatos e menores concentrações de bicarbonatos.

Ainda no que diz respeito ao índice de Larson-Skold, as estações E3 e E10, localizadas no rio Imbauzinho (montante) e no braço do reservatório formado pelo rio Barra Grande, respectivamente, tiveram suas águas classificadas como não corrosivas na maior parte do tempo. As estações E1 e E9, a montante de Telêmaco Borba e a jusante da barragem respectivamente, tiveram suas águas classificadas em 75% do período monitorado como de corrosão significativa. No período restante, as águas destas estações foram classificadas como de corrosão elevada.

Nas estações E2 (início do reservatório da UHE Mauá) e E7 (a jusante da casa de força), em três das quatro campanhas de monitoramento, as amostras de água foram classificadas como de corrosão significativa. Na campanha restante, os resultados indicaram águas não corrosivas. Na estação E6, localizada no reservatório da UHE Mauá nas proximidades da barragem, as águas foram classificadas como não corrosivas na metade do período monitorado. No período restante, as águas foram classificadas como de corrosão significativa. Na estação E4, localizada na porção média do reservatório, as águas foram classificadas em 50% do tempo monitorado como de corrosão significativa. Para esta estação, na campanha de novembro/15, o resultado do índice foi de corrosão elevada e, em fevereiro/16, o resultado indicou águas não corrosivas.

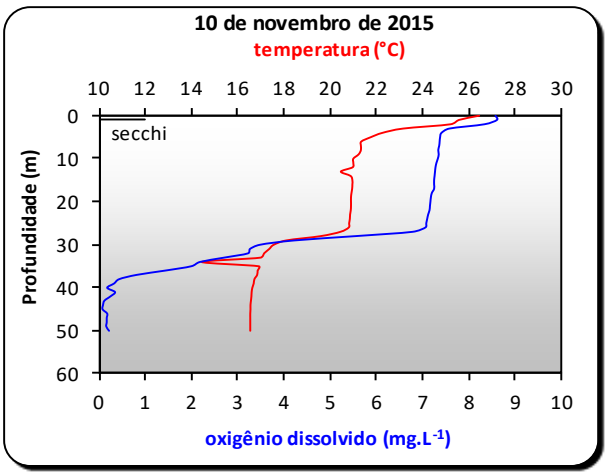
Em relação ao ciclo monitorado anteriormente (novembro/14 a agosto/15), pode-se afirmar que os resultados para os índices de Saturação de Langelier (LSI) e de Estabilidade de Ryznar (RSI) foram mantidos. Todavia, com relação ao Índice de Larson-Skold (ILR), notou-se que no ciclo atual (novembro/15 a agosto/16) as águas apresentaram tendência “mais corrosiva”. No monitoramento anterior, das 32 amostras de água analisadas, aproximadamente 70% indicaram ausência de corrosão de acordo com o ILR. No ciclo atual, das 32 amostras, 34% foram classificadas como não corrosivas. Como citado anteriormente, maiores concentrações de cloretos e sulfatos e menores concentrações de bicarbonatos implicam em valores mais elevados do ILR, indicando tendências corrosivas para a água. Cabe ressaltar que este índice está relacionado com a corrosão/incrustação do aço.

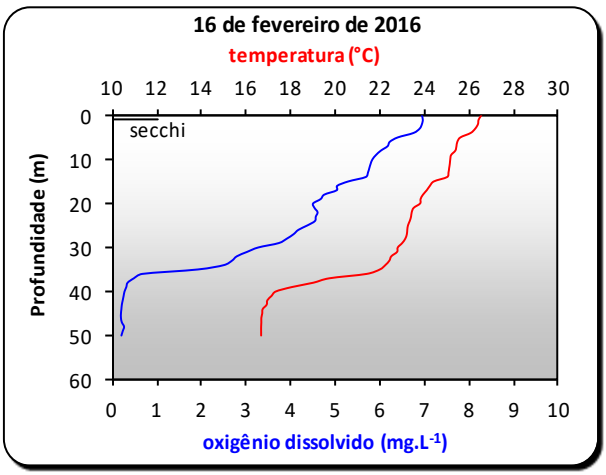
3.2 Perfis térmicos e químicos

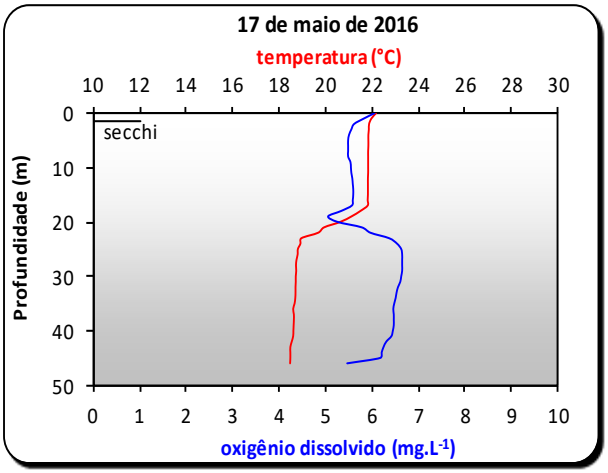
As leituras de temperatura e OD efetuadas metro a metro nas estações E4, E6 e E10 durante o presente monitoramento refletiram o comportamento destas variáveis no perfil vertical do reservatório de Mauá, como mostram as figuras abaixo.

Na região da estação E4, durante o monitoramento, a profundidade mínima foi de 43 m (agosto/15) e máxima de 50 m (novembro/15 e fevereiro/16). Os perfis de oxigênio e temperatura, pH e condutividade, bem como potencial de redução, estão ilustrados na Figura 19, na Figura 20 e na Figura 21, respectivamente.

Com relação ao perfil de temperatura, o mesmo mostrou-se estratificado em todos os meses, com termoclinas profundas, entre 17 e 37 m, nos meses de novembro/15 e fevereiro/16. Este padrão é mais visível em meses de temperaturas mais elevadas. Um perfil mais homogêneo, tendendo a circulação foi registrado no mês de agosto/16.







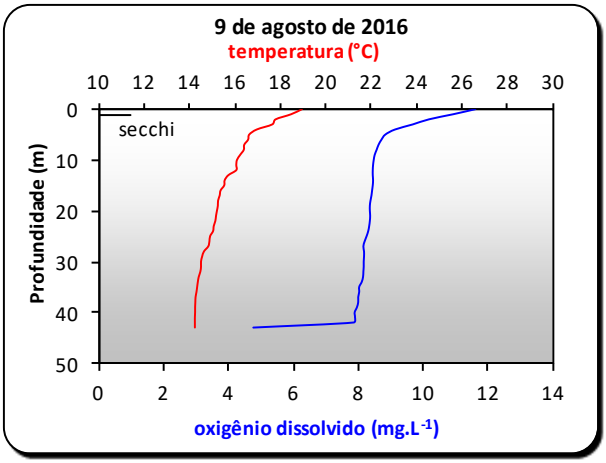


Figura 19 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

Com relação ao perfil de oxigênio dissolvido, este acompanhou o perfil térmico, mostrando-se estratificado nos meses de novembro/15 e fevereiro/16 e de forma menos pronunciada nos meses de maio/16 e agosto/16. Nos dois primeiros meses citados, houve registro de anóxia hipolimnética a partir de 36 m, já nos meses de maio/16 e agosto/16, não houve registro de anóxia ou hipóxia, sendo as concentrações de oxigênio dissolvidos consideradas adequadas da superfície até o fundo (sempre superiores a 4,5 $mg.L^{-1}$).

No tocante aos perfis de pH, observa-se uma tendência à águas neutras à levemente alcalinas, nas camadas superiores, nos meses de novembro/15 e agosto/16. Esta situação pode estar relacionada há uma demanda maior por CO_2 pelo fitoplâncton na zona eufótica, elevando o pH da água. Nos meses de fevereiro/16 e maio/16, de forma geral, as águas apresentara-se dentro da neutralidade da superfície ao fundo.

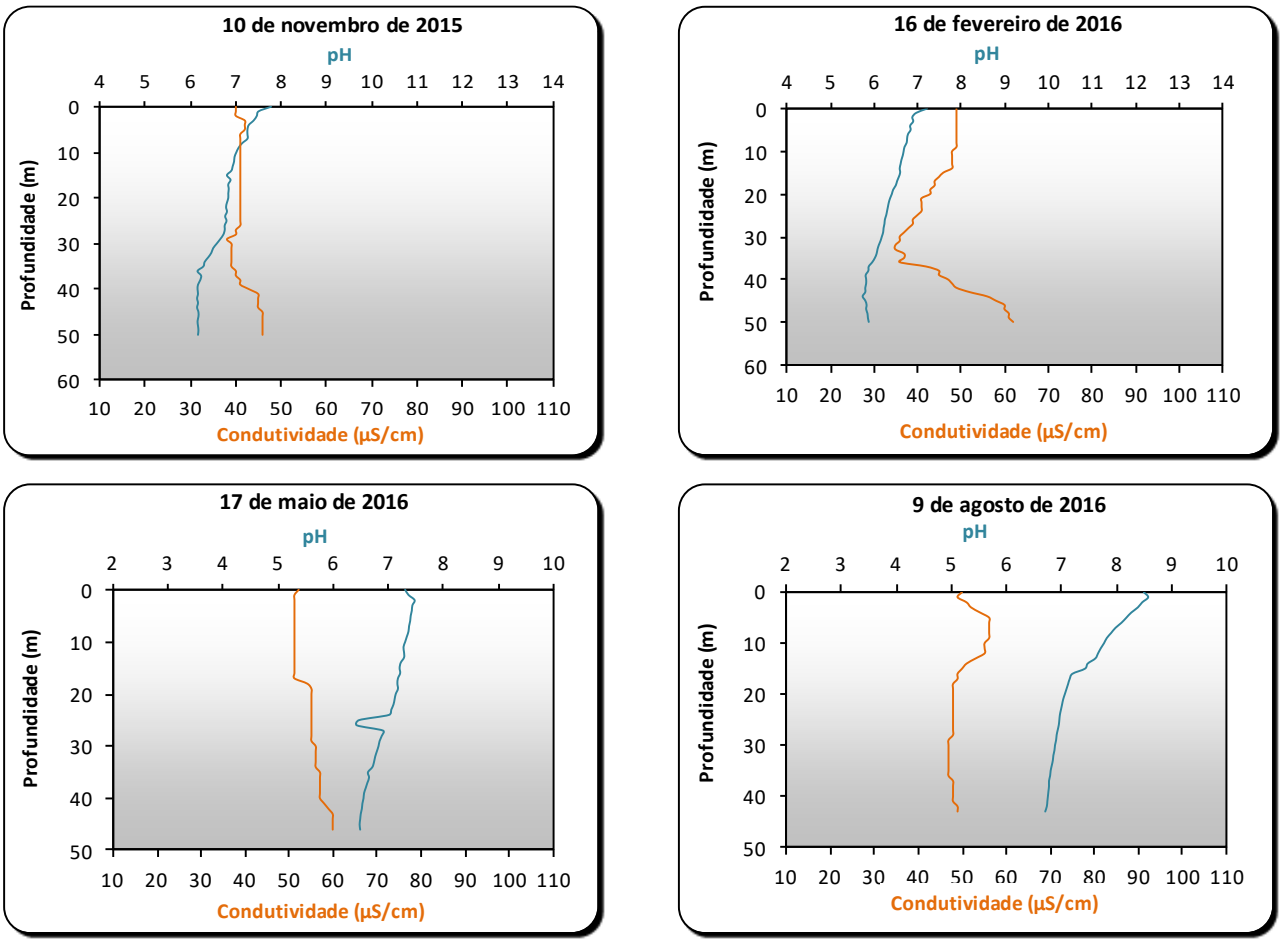


Figura 20 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

Com relação aos perfis de condutividade, observou-se maior homogeneidade entre as leituras, com um leve incremento na porção mais profunda do reservatório. Em fevereiro/16, este incremento final foi mais significativo e houve maior variação de valores ao longo da coluna d'água.

No ciclo anterior foram observados valores menores do potencial de oxiredução, em regiões mais profundas do reservatório, possivelmente relacionados a um ambiente mais redutor naquela região. No presente ciclo de monitoramento, os valores de ORP apresentaram maior variação nos meses de novembro/15 e fevereiro/16 e menor variação da superfície ao fundo nos meses de maio/16 e agosto/16.

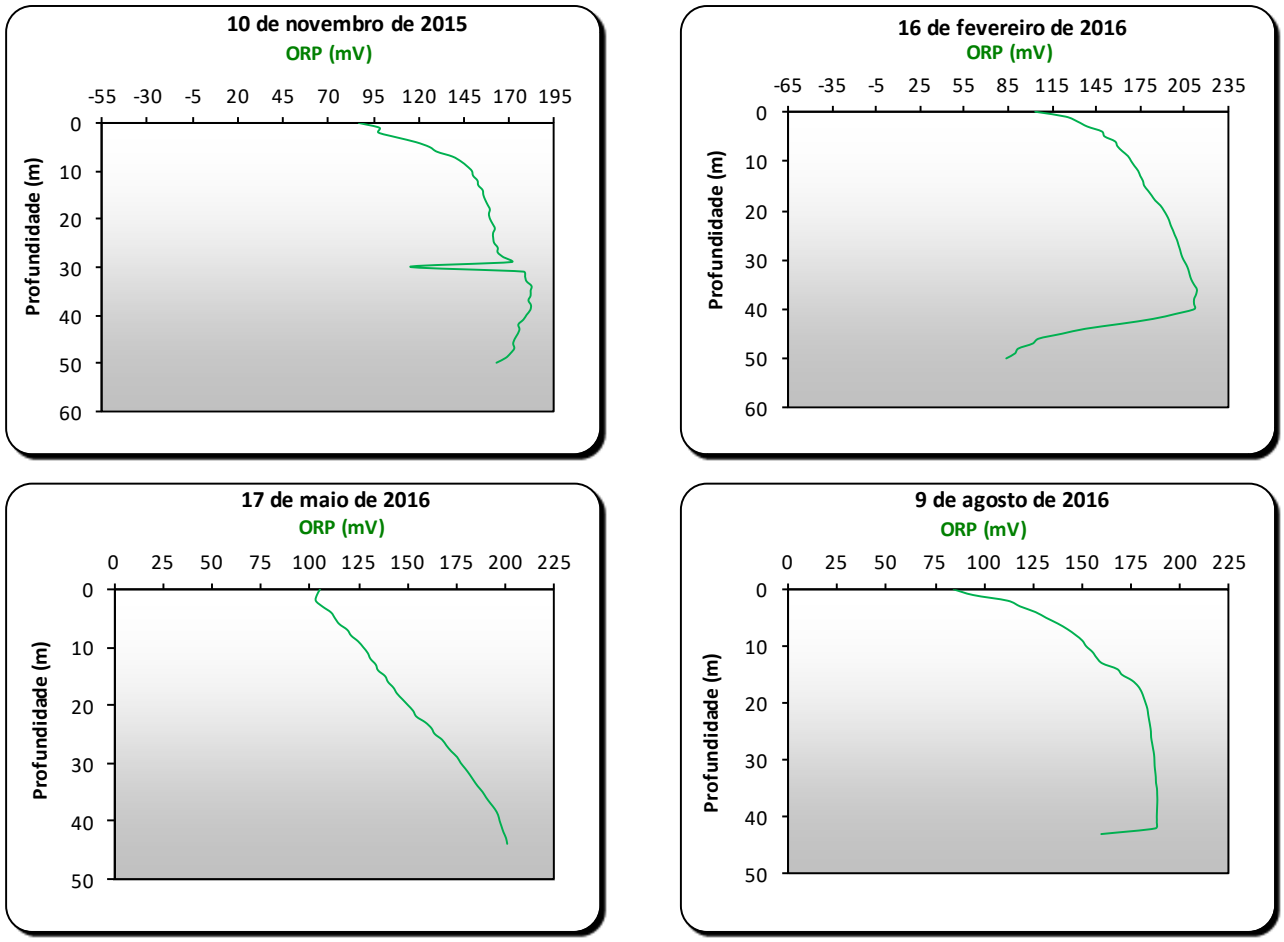


Figura 21 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E4, na porção média do reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

Na região da estação E6, durante o monitoramento, a profundidade mínima foi de 43 m e máxima de 44 m. Os perfis de oxigênio e temperatura, pH e condutividade, bem como potencial de redução, estão ilustrados na Figura 22, na Figura 23 e na Figura 24, respectivamente.

Com relação ao perfil térmico, o mesmo mostrou-se estratificado em todos os meses de monitoramento, com perfil mais homogêneo no mês de agosto/16. Nos meses de novembro/15, fevereiro/16 e agosto/16, ocorreram termoclinas foram superficiais, em aproximadamente 4 metros. No mês de maio/16, a termoclina foi mais profunda, circulando até, aproximadamente, 20 metros.

O perfil de oxigênio dissolvido acompanhou o perfil térmico, mostrando-se estratificado, com oxiclinas superficiais, menos no mês de maio/16. Anóxia hipolimnética foi registrada em novembro/15, fevereiro/16 e maio/16, iniciando-se entre 20 (novembro/15 e fevereiro/16) e 40 metros (maio/16), dependendo do mês. Em agosto/16, as concentrações foram elevadas entre a superfície e o fundo.

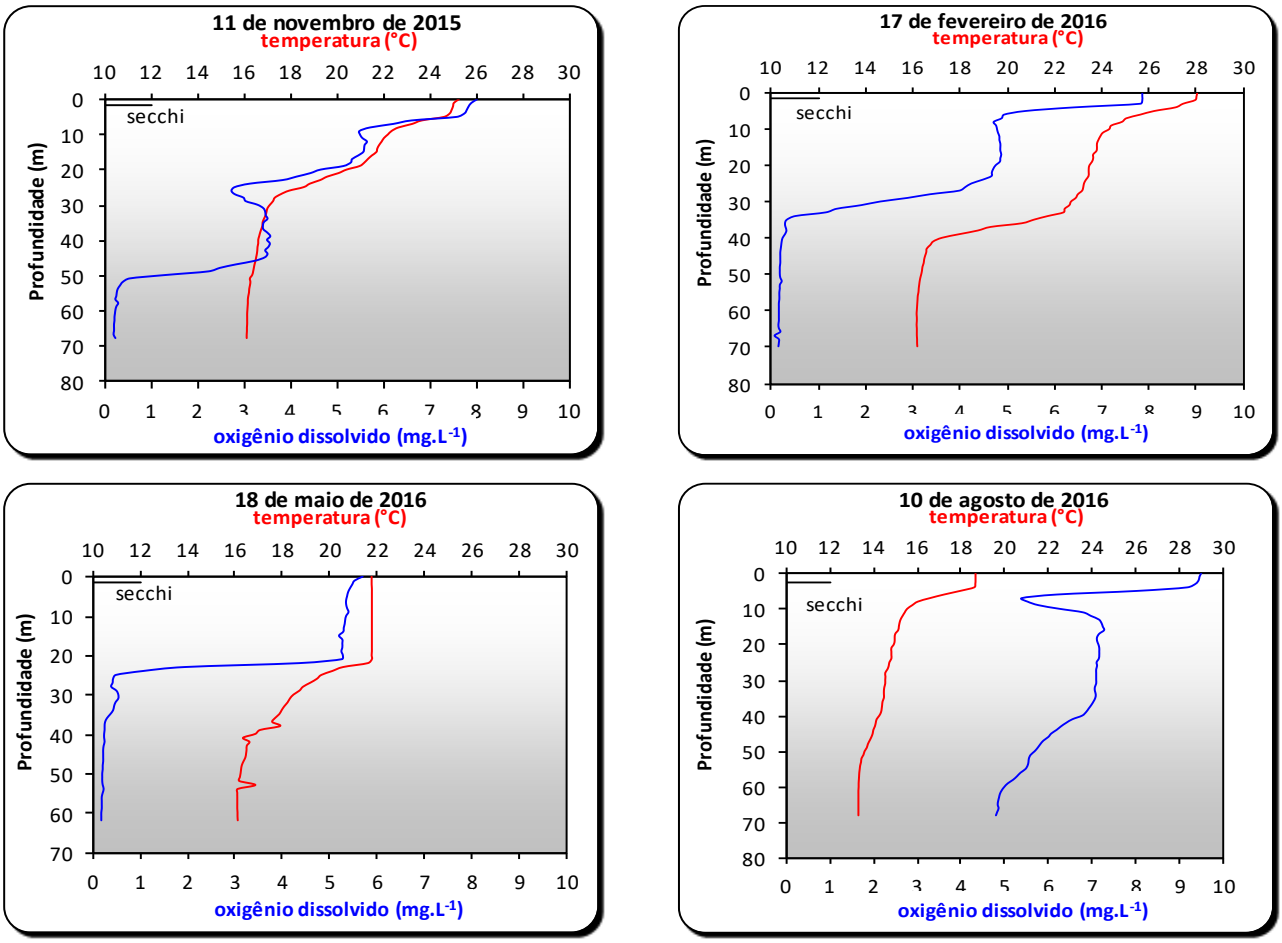


Figura 22 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016.

Com relação aos perfis de pH, assim como anteriormente descrito, verifica-se uma tendência a águas neutras a levemente alcalinas, em especial nas primeiras camadas de água. Nesta situação, a atividade da comunidade de produtores primários influencia o pH da água, em função do consumo de CO_2 nos primeiros metros de profundidade, alterando o pH (mais alcalino).

O aumento da condutividade nas camadas mais profundas registrado no ciclo anterior, não foi observado nesta região do reservatório, mostrando, de forma geral, um perfil mais homogêneo de condutividade, com exceção do mês de maio/16.

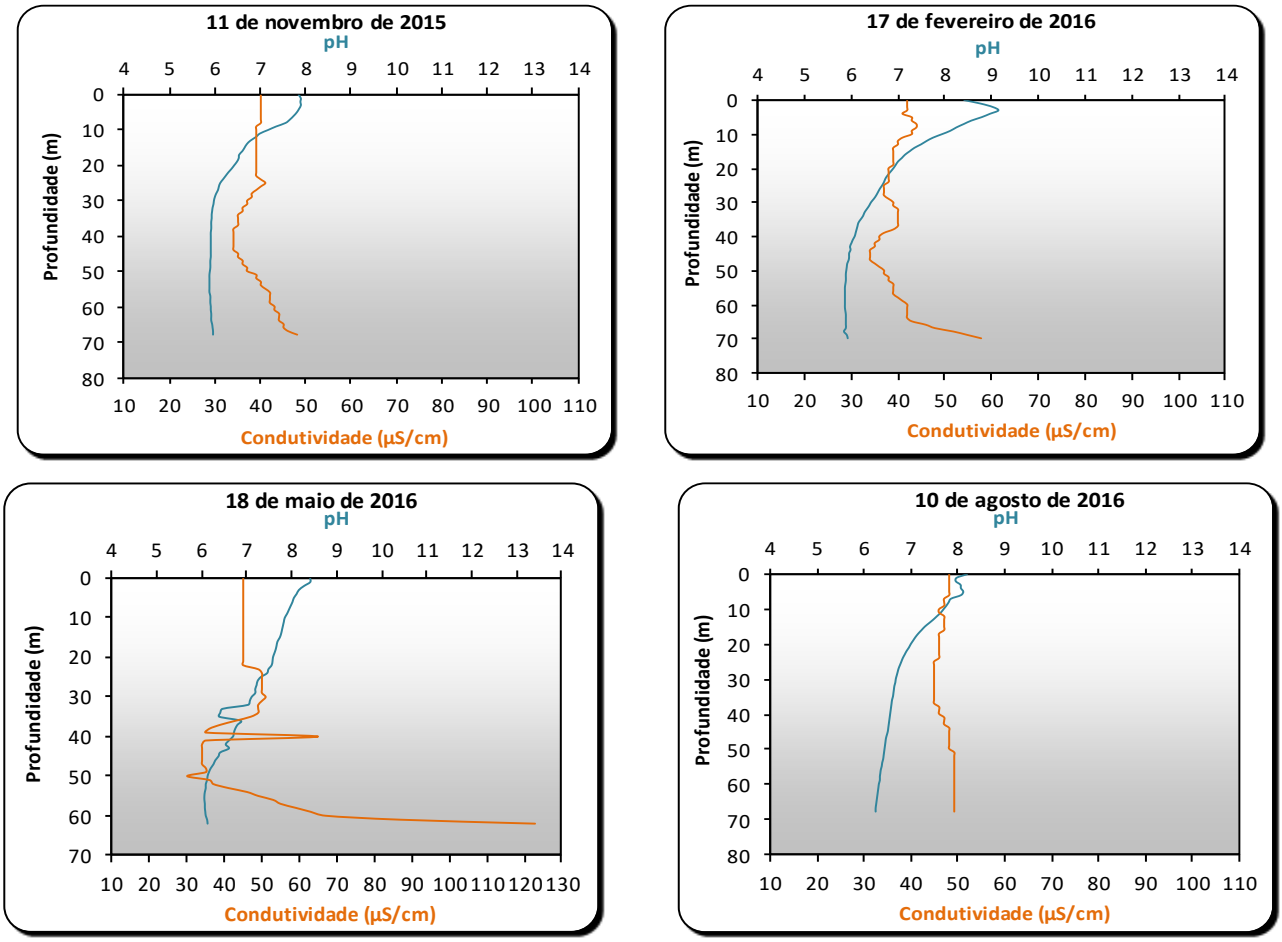


Figura 23 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016.

Nos meses de fevereiro/16 e maio/16, observou-se ambiente mais redutor na região hipolimnética. Nesta situação, o ambiente passa de oxidante para redutor, facilitando a dissolução dos compostos químicos, e aumentando a condutividade no hipolímnio.

Em novembro/15 e agosto/16, registrou-se ambiente mais oxidante.

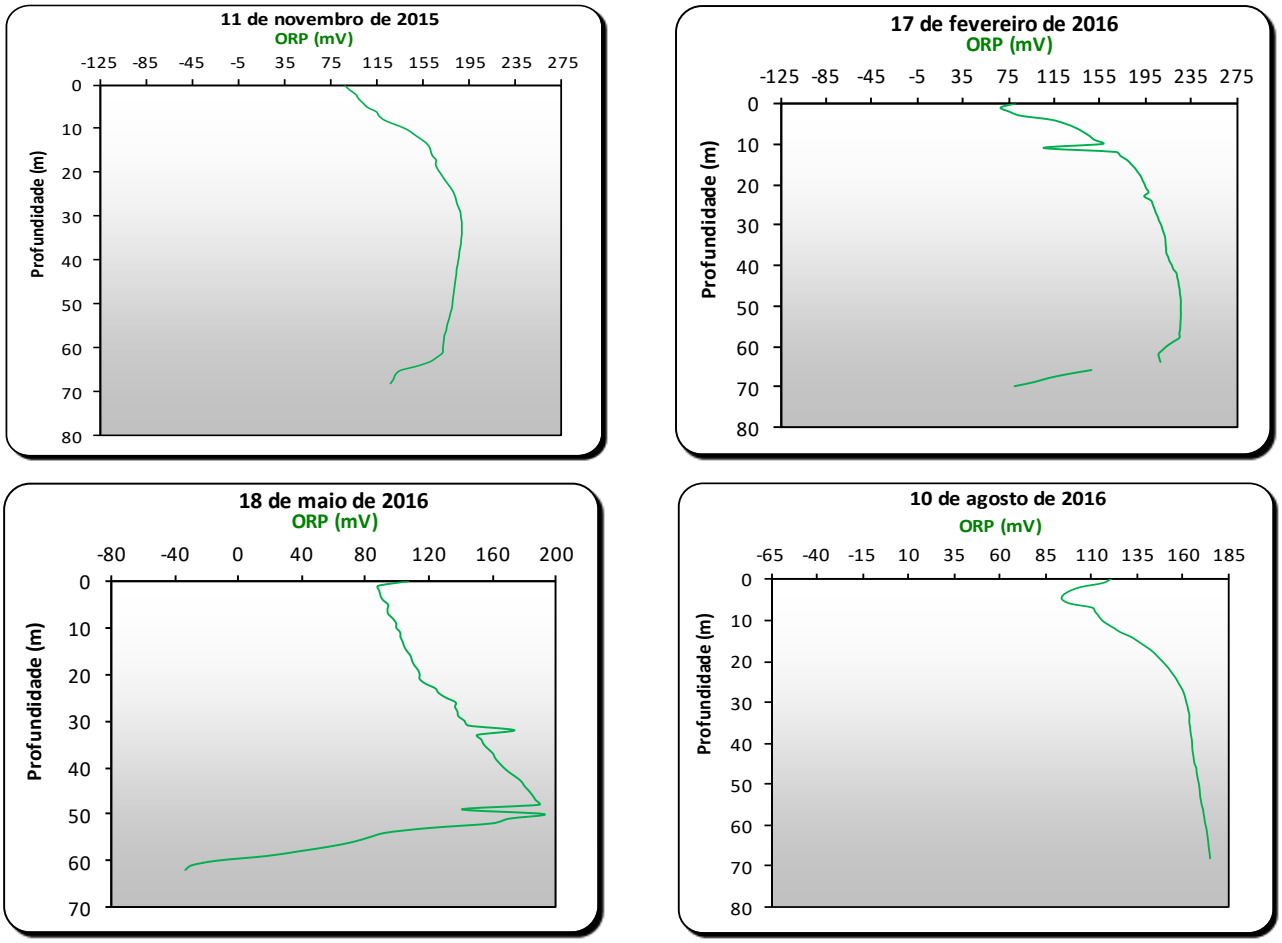


Figura 24 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E6, nas proximidades do barramento da UHE Mauá, ciclo 2015-2016.

Na região da estação E10, durante o monitoramento, a profundidade mínima foi de 62 m (maio/16) e máxima de 70 m (fevereiro/16). Os perfis de oxigênio e temperatura, pH e condutividade, bem como potencial de redução, estão ilustrados na Figura 25, na Figura 26 e na Figura 27, respectivamente.

Com relação ao perfil térmico, o mesmo mostrou-se estratificado em todos os meses de monitoramento, com tendência maior à homogeneidade no mês de agosto/16. Nos meses de novembro/15, fevereiro/16 e agosto/16, as termoclinas foram superficiais, entre, aproximadamente, um e cinco metros. No mês de maio/16, a termoclina foi mais profunda, iniciando-se a partir dos 10 m de profundidade. Estas características já haviam sido evidenciadas no ciclo anterior.

O perfil de oxigênio dissolvido também se mostrou estratificado, com oxiclinas superficiais, iniciando-se acima de cinco metros, com exceção de maio/16, quando se observou oxiclina abaixo de 10 m. Anóxia hipolimnética foi registrada em novembro/15 (abaixo de 51 m), fevereiro/16 (abaixo de 34 m), maio/16 (abaixo de 25 m). Em agosto/16, a concentração de oxigênio dissolvido foi superior a 6,0 mg.L^{-1}, na região mais profunda do reservatório.

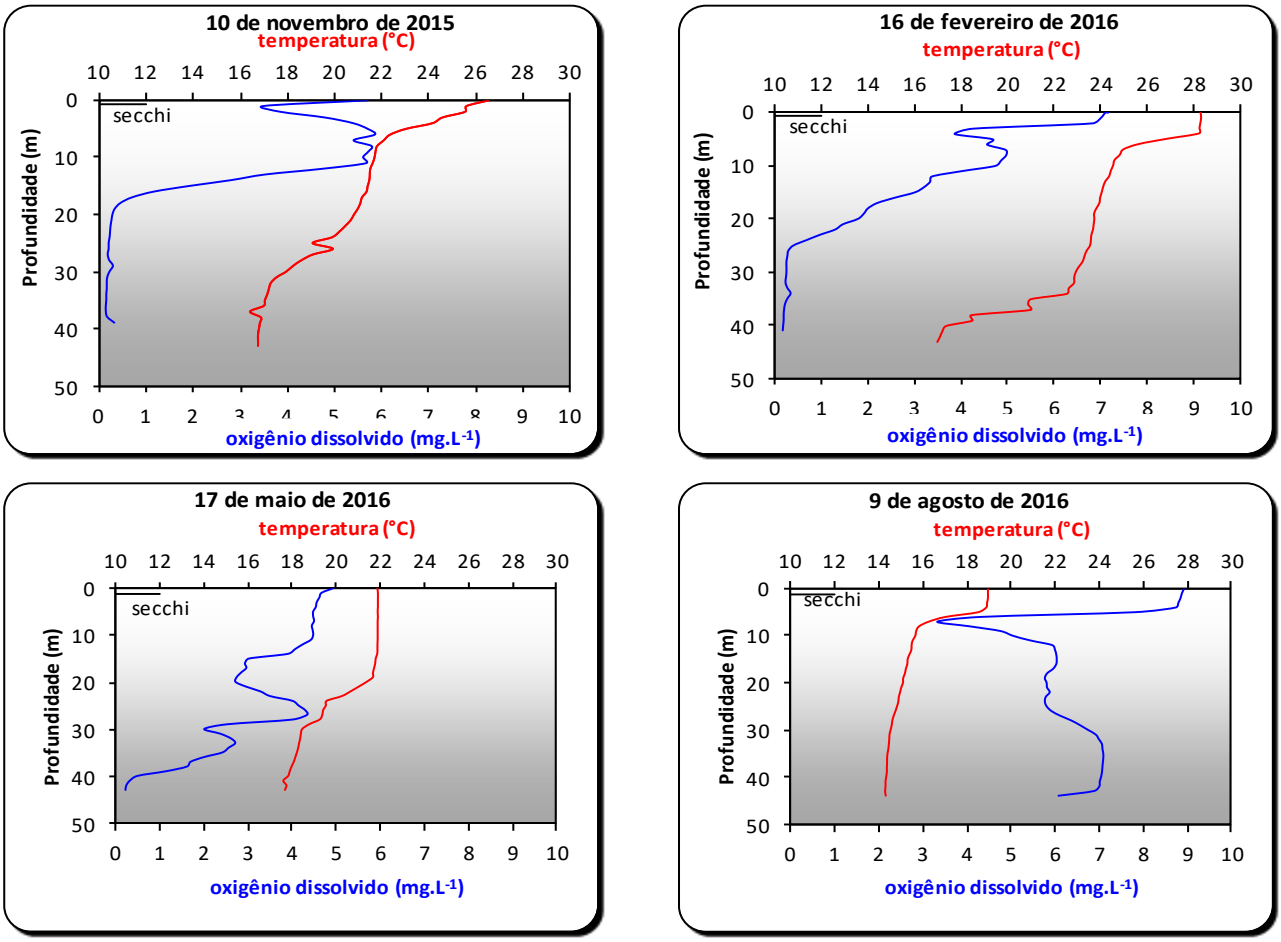


Figura 25 - Perfis verticais de oxigênio e temperatura na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

Com relação ao pH, assim como nas demais estações, as águas da estação E10 apresentaram-se neutras à levemente básicas, neste último caso, nas regiões mais superficiais do reservatório. Esta situação relaciona-se à demanda de CO_2 para a atividade fotossintética, alterando o equilíbrio carbonato-bicarbonato das águas e elevando o pH.

No tocante à condutividade, observou-se uma tendência à elevação da condutividade em porções mais profundas do reservatório, nos meses de fevereiro/16 e agosto/16. Esta situação pode estar relacionada à decomposição da matéria orgânica submersa. Especialmente no mês de agosto/16, a alteração de condutividade registrada no último metro de profundidade pode estar relacionada a um possível contato da sonda com sedimento de fundo do reservatório, pois se trata de um mês em que não foi registrada anóxia no fundo do reservatório.

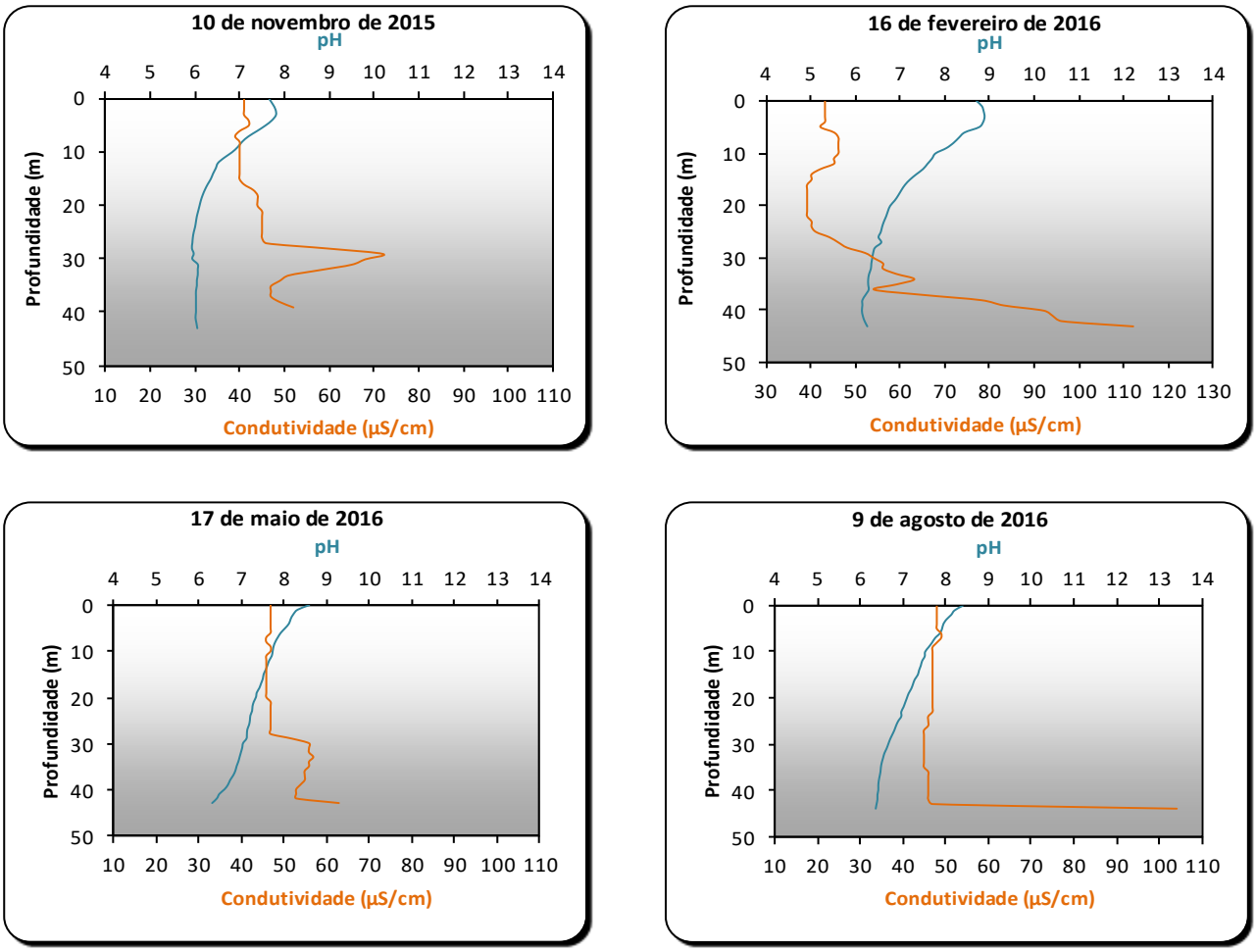


Figura 26 - Perfis verticais de pH e condutividade na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

No tocante ao potencial de redução do meio, observam-se valores menores nos meses em que houve registro de anóxia. Nos meses de temperaturas mais baixas há uma tendência a um perfil mais homogêneo. Observa-se uma relação entre os perfis de ORP, condutividade e OD, uma vez que

quando foi registrada anóxia de fundo, em especial em meses quentes (novembro e fevereiro), o hipolímnio caracterizou-se por ser mais redutor, propiciando maior dissolução de compostos químicos, que elevariam a condutividade das águas da região.

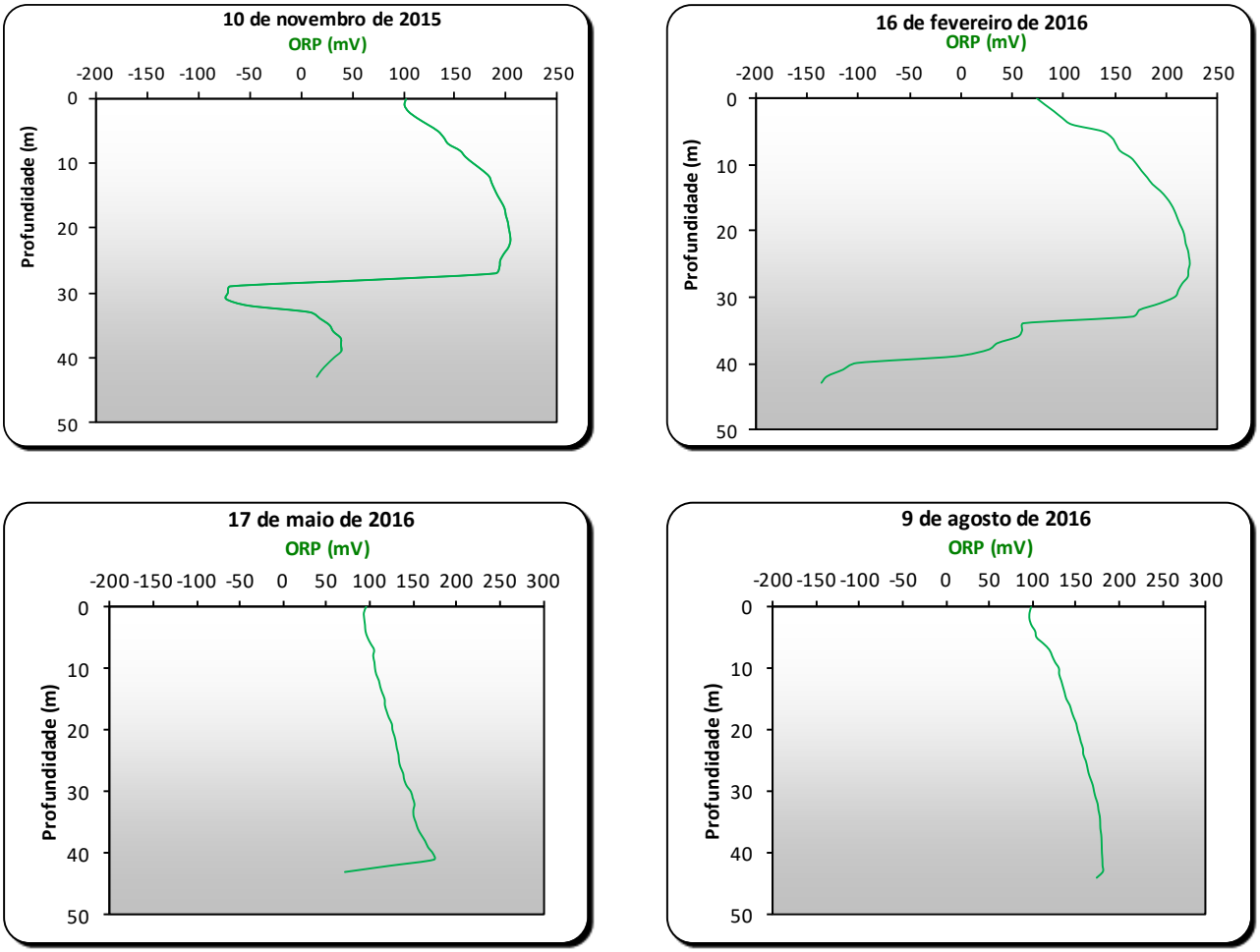


Figura 27 - Perfis verticais de potencial de oxido-redução (ORP) na estação de monitoramento E10, no braço do rio Barra Grande, no reservatório de Mauá, ciclo 2015-2016.

3.3 Sedimentos

Neste item serão apresentados os resultados das duas campanhas realizadas durante este ciclo, uma em fevereiro/2016 e outra em agosto/2016. As análises realizadas e seus respectivos resultados encontram-se na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados das análises realizadas em sedimento, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/16.

PONTO	Limites[1]			Primeira campanha - fev/16							
				E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Data da coleta	Nível 1	Nível 2	Valor Alerta[2]	15/02/16	15/02/16	15/02/16	16/02/16	17/02/16	18/02/16	17/02/16	16/02/16
Alacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Atrazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clordano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clorobenzilato (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clorotalonil (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDD-isômeros (µg.kg^{-1})	3,54	8,51	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin (µg.kg^{-1})	2,85	6,67	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endossulfam (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin (µg.kg^{-1})	2,67	62,4	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Etiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenitrotiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadoro epóxido (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaclorobenzeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaclorociclohexanos (BCH e isômmeros) (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lindano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Matamidafós (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metoxicloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mirex (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
parationa metílica (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Permetrinas (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Procimidoma (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Quintozeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Simazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tetradifon (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Vinclozalina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferro (% em massa)	-	-	-	0,12	0,15	0,10	0,15	0,13	0,16	0,12	0,18
Alumínio (% em massa)	-	-	-	0,09	0,13	0,03	0,60	0,18	0,13	0,04	0,60
Cobre (mg.kg^{-1})	35,7	197	-	19	25	18	44	33	29	19	68
Chumbo (mg.kg^{-1})	35	91,3	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio (mg.kg^{-1})	0,6	3,5	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco (mg.kg^{-1})	123	315	-	35	22	9	49	44	25	23	80
Cromo (mg.kg^{-1})	37,3	90	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobalto (mg.kg^{-1})	-	-	-	7,40	11,00	10,00	32,00	40,00	13,00	27,00	58,00
Mercúrio (mg.kg^{-1})	0,17	0,49	-	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Carbono Orgânico Dissolvido (ppm)	-	-	-	1,19	4,24	0,37	5,76	1,07	1,07	2,55	6,22
Carbono Orgânico Total (% em massa)	-	-	10	0,0040	0,0018	0,0011	0,0053	0,0037	0,0037	0,0046	0,0071
Carbono Inorgânico Total (mg.kg^{-1})	-	-	-	0,05	0,05	0,02	2,10	0,12	0,12	2,19	0,07
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.kg^{-1})	-	-	4.800	470	1.110	766	847	2.330	288	834	574
Fósforo (mg.kg^{-1})	-	-	2.000	132	144	125	678	383	135	55	1.090

1 Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12.

2 Valor Alerta: valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízo ao ambiente da área de disposição

ND: Não Detectado

Tabela 26 – Resultados das análises realizadas em sedimento, relativas à campanha de monitoramento de agosto/16.

PONTO	Limites[1]			Segunda campanha - ago/16							
				E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Data da coleta	Nível 1	Nível 2	Valor Alerta[2]	08/08/16	08/08/16	08/08/16	09/08/16	10/08/16	10/08/16	10/08/16	09/08/16
Alacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aldrin (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Atrazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clordano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clorobenzilato (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Clorotalonil (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DDD-isômeros (µg.kg^{-1})	3,54	8,51	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Diazinona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dieldrin (µg.kg^{-1})	2,85	6,67	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endossulfam (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Endrin (µg.kg^{-1})	2,67	62,4	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Etiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fenitrotiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadoro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptadoro epóxido (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaclorobenzeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hexaclorociclohexanos (BCH e isômmeros) (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Lindano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Matamidafós (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Metoxicloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mirex (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Parationa metílica (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Permetrinas (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Procimidoma (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Quintozeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Simazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tetradifon (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Vindozalina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferro (% em massa)	-	-	-	0,15	0,15	0,14	0,14	0,16	0,15	0,15	0,16
Alumínio (% em massa)	-	-	-	1,00	0,52	0,68	0,45	1,45	0,33	0,19	0,52
Cobre (mg.kg^{-1})	35,7	197	-	5	12	3	< 0,01	35	16	9	16
Chumbo (mg.kg^{-1})	35	91,3	-	8,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	21,00	7,00	6,00	29,00
Cádmio (mg.kg^{-1})	0,6	3,5	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco (mg.kg^{-1})	123	315	-	40	63	62	42	40	34	67	65
Cromo (mg.kg^{-1})	37,3	90	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	16	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobalto (mg.kg^{-1})	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	21,00	3,00	< 0,01	6,00
Mercúrio (mg.kg^{-1})	0,17	0,49	-	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Carbono Orgânico Dissolvido (ppm)	-	-	-	9,15	8,84	25,70	42,30	9,72	10,90	15,40	15,30
Carbono Orgânico Total (% em massa)	-	-	10	0,0029	0,0050	0,0076	0,0052	0,0050	0,0030	0,0090	0,0022
Carbono Inorgânico Total (mg.Kg^{-1})	-	-	-	0,27	0,81	0,63	0,24	0,68	1,15	0,16	0,20
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.kg^{-1})	-	-	4.800	813	482	262	358	515	127	90	428
Fósforo (mg.kg^{-1})	-	-	2.000	245	179	269	158	197	352	292	502

1 Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12.

2 Valor Alerta: valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízo ao ambiente da área de disposição

ND: Não Detectado

De acordo com os resultados obtidos na campanha de fevereiro/16 (Tabela 25), foram observados valores acima do nível 1 estabelecido pela Resolução CONAMA 454/12 para a variável cobre nas estações E4 e E10 da UHE Mauá. Os resultados obtidos na campanha de agosto/16 não apresentaram nenhum valor acima do nível 1 da referida resolução. De acordo com a resolução

supracitada, o Nível 1 é o limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota e o Nível 2 é o limiar acima do qual ha maior probabilidade de efeitos adversos a biota.

Quanto aos pesticidas, todos ficaram abaixo do limite de detecção do método em ambas as campanhas.

3.3.1 Avaliação do CQS – Critério de Qualidade de sedimentos

Os resultados da avaliação da qualidade dos sedimentos de acordo com o CQS estão apresentados na Tabela 27 e na Tabela 28.

Tabela 27 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de fevereiro/2016.

Parâmetro	Primeira campanha - fev/16							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	●	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima ● Regular ❍ Péssima
● Boa ● Ruim ▭ Não Detectado

Tabela 28 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/2016.

Parâmetro	Segunda campanha - ago/16							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Chumbo (mg.kg^{-1})	●	▭	▭	▭	●	●	●	●
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	●	▭	▭	▭
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	●	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima ● Regular ❍ Péssima
● Boa ● Ruim ▭ Não Detectado

De acordo com os resultados da Tabela 27 e da Tabela 28, todas as variáveis foram classificadas como de qualidade "ótima" e "boa" em relação ao CQS. Muitas variáveis não foram quantificadas, devido à sua concentração ser inferior ao limite de detecção do método de análise utilizado em cada caso. Na Tabela 27 e na Tabela 28 as variáveis estão classificadas com a legenda "Não detectado". Porém, pela sua baixa concentração, o sedimento também poderia ser classificado como de qualidade "ótima" em relação a estas variáveis.

3.3.2 Granulometria

Os sedimentos também foram classificados de acordo com a granulometria. Esta tem importância na adsorção ou dissolução das substâncias, pois de acordo com Madureira *et al.*, (2004) e Burone *et al.*, (2003) apud Martins 2008) o predomínio de partículas finas (silte e argila) está associado a uma maior área superficial do sedimento, permitindo um acúmulo de matéria orgânica.

Desta forma, maiores porcentagens de partículas finas no sedimento são comumente encontradas em sedimentos com altas concentrações de carbono orgânico. Estas concentrações podem estar associadas ao acúmulo de detritos advindos de fontes antrópicas e também do carreamento do solo em função de chuvas. Furtado e Petrúcio (1998) descrevem como principal característica dos sedimentos predominantemente arenosos uma reduzida concentração de carbono orgânico. No sedimento com predominância destas partículas, e consequentemente, com menor teor de carbono orgânico total, a tendência de adsorção de compostos orgânicos hidrofóbicos no sedimento é menor (FROEHNER e MARTINS, 2007 apud MARTINS, 2008).

De acordo com os resultados da análise de granulometria, os sedimentos coletados na campanha do mês de fevereiro/16 apresentaram areia como material predominante nas estações E1, E2, E3 e E9. As amostras das estações E4, E6, E7 e E10 tiveram a predominância de silte em sua composição.

Na Figura 28 está apresentada a classificação textural dos sedimentos coletados nesta campanha. As amostras representadas no triângulo textural, a seguir, estão deslocadas para os vértices e estão sobrepostas: areia (E1, E2, E3 e E9) e silte (E4, E6, E7 e E10).

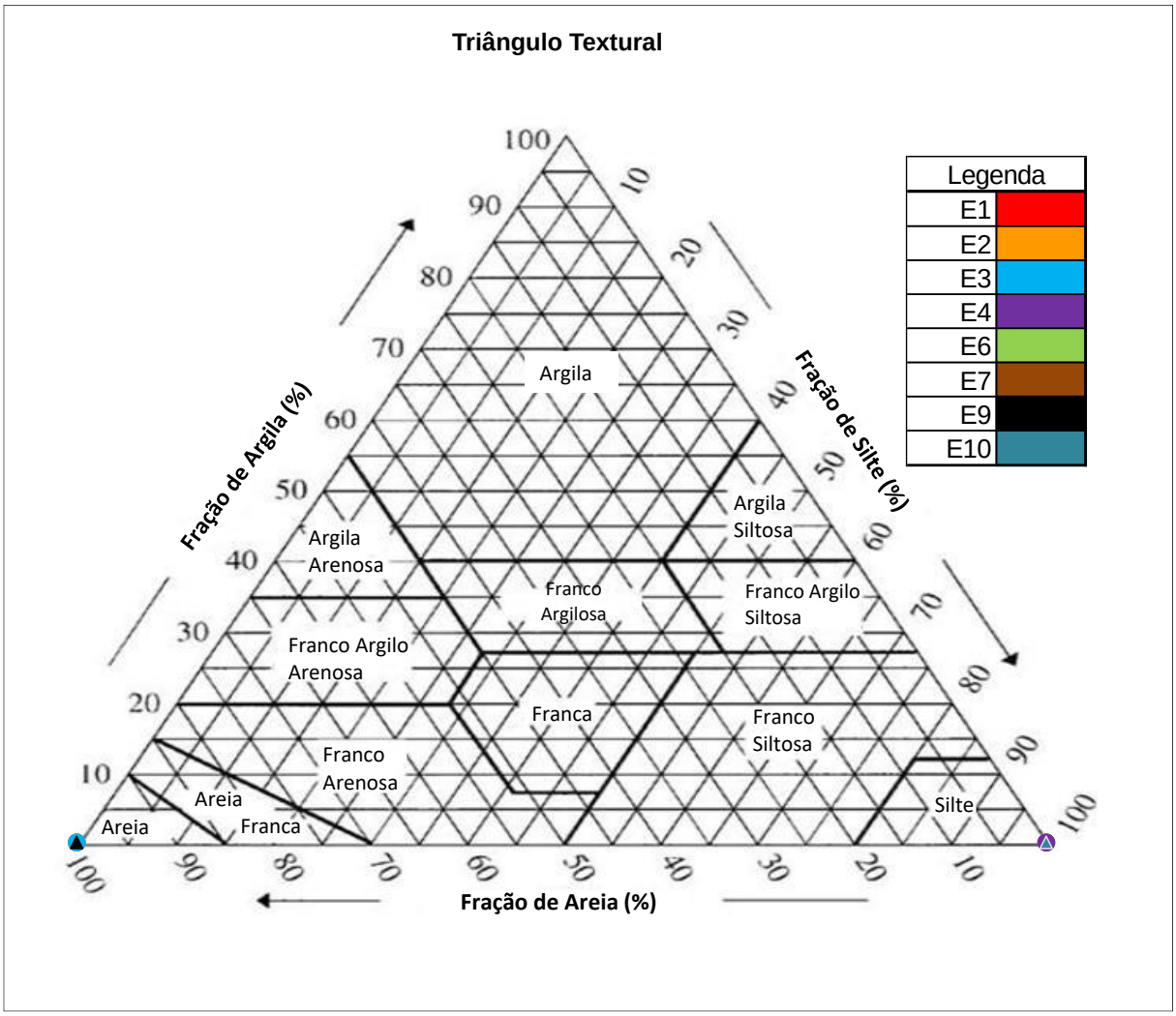


Figura 28 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na campanha de fevereiro/2016.

A Figura 29 apresenta a classificação textural dos sedimentos coletadas na segunda campanha, em agosto/16. Como pode ser observado no triângulo textural, as amostras coletadas nas estações E1 e E2 foram classificadas como “Franco Arenosa Fina”, pois apresentaram entre 60 e 70% de areia e 30 a 40% de silte. As amostras das estações E3 e E10 foram classificadas como “Franco Siltosa”, sendo que estas apresentaram entre 60 e 80% de silte em sua composição. A amostra da estação E4 foi classificada como “Areia Franca Fina” (77,5% de areia) e a amostra da estação E7 como “Areia Franca” (79,4% de areia). Por fim, a amostra coletada na estação E6 foi classificada como “Silte” (89,3%) e a amostra da estação E9 foi classificada como “Areia Fina” (91,5% de areia).

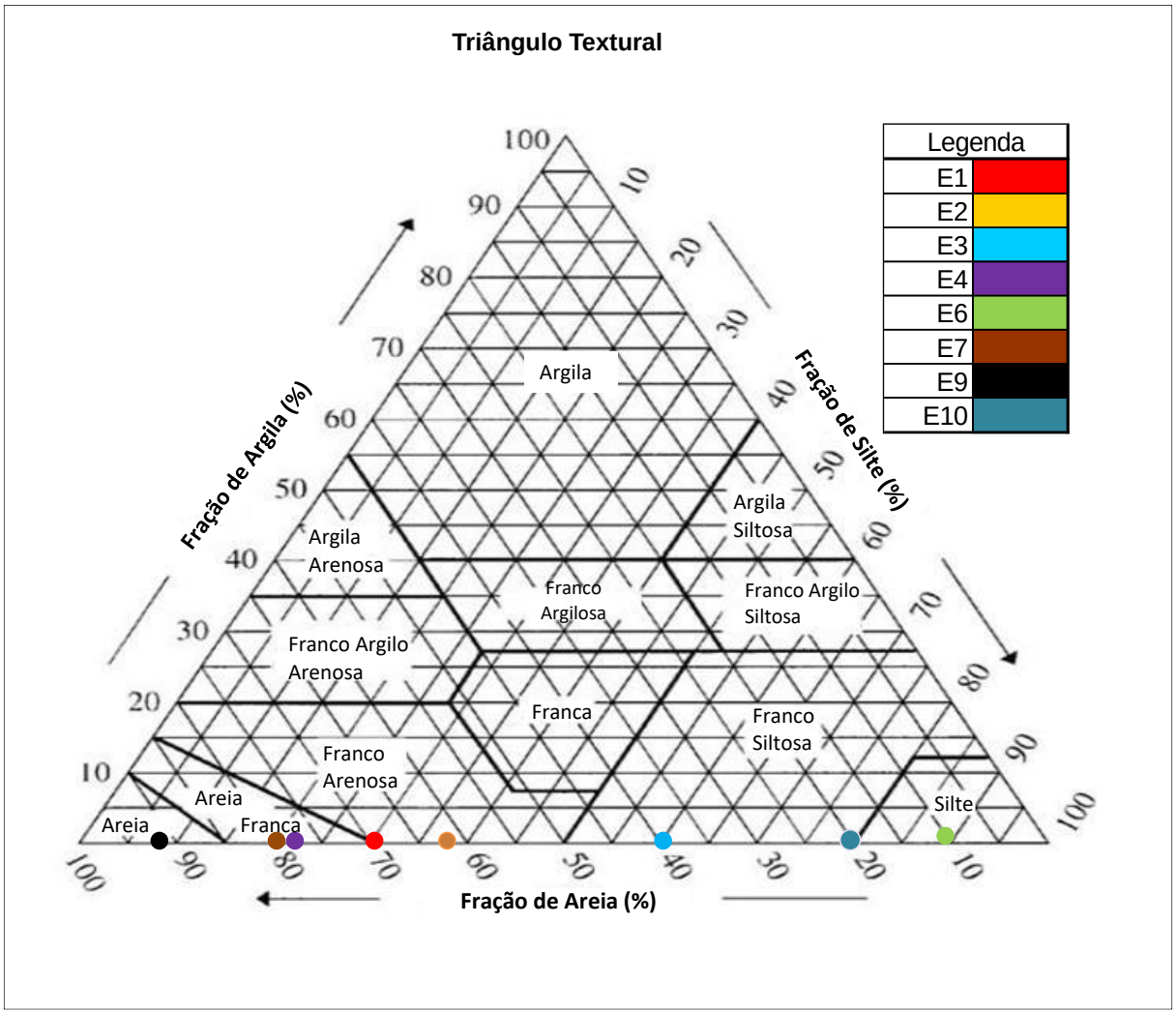


Figura 29 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na campanha de agosto/2016

3.3.3 Comparativo Resultados Anteriores UHE Mauá

Neste item será apresentado um comparativo dos resultados das análises realizadas no período anterior a este relatório (2010 a 2015). Os sedimentos da região da UHE Mauá foram monitorados semestralmente, com algumas alterações nas datas de coleta por consequência de atrasos na obra e no enchimento do reservatório (iniciado em julho/2012). Também durante o monitoramento ocorreu alteração de algumas estações de coleta. A Tabela 30 apresenta as datas das coletas e as estações nas quais estas foram realizadas.

Tabela 29 – Datas de coleta e respectivas estações de monitoramento de sedimentos no período anterior.

Data da coleta	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Fevereiro/2010	X	X	X	X	X	X	X	X		
Maio/2010	X	X	X		X	X	X	X	X	
Novembro/2010	X	X	X		X	X	X	X	X	
Junho/2011	X	X	X		X	X	X	X	X	
Dezembro/2011	X	X	X		X	X	X	X	X	
Abril/2013	X	X	X	X		X	X		X	X
Agosto/2013	X	X	X	X		X	X		X	X
Fevereiro/2015	X	X	X	X		X	X		X	X
Agosto/2015	X	X	X	X		X	X		X	X

As variáveis analisadas foram as mesmas do atual programa de monitoramento. As estações de coleta foram coincidentes com as estações monitoradas para a avaliação da qualidade da água, sendo que no monitoramento anterior algumas estações foram inseridas e outras excluídas. Durante a Fase Rio, período anterior ao enchimento do reservatório, não foram monitoradas as estações E4 e E10. A estação E10 substituiu a estação E5, ambas localizadas no rio Barra Grande, porém a estação E5 estava localizada no próprio rio e a estação E10 foi inserida após o enchimento do reservatório, no braço formado pelo rio Barra Grande. A Tabela 30 apresenta os desacordos observados nas estações monitoradas na região da UHE Mauá, no período anterior de monitoramento.

Tabela 30 – Desacordos observados nas estações monitoradas na região da UHE Mauá, em períodos anteriores monitoramento anterior.

Variável	Mês de Coleta	Limites[1]			Pontos de coleta									
		Nível 1	Nível 2	Valor Alerta[2]	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Carbono Orgânico Total ($\%w.w^{-1}$)	fev-10	-	-	10	-	-	-	-	12,84	-	-	-	-	-
	jun-11				-	-	-	-	-	10,90	-	-	-	-
	dez-11				-	-	-	-	10,02	14,67	-	-	-	40,30
	ago-13				-	-	-	11,40	-	40,30	-	-	-	16,00
Zinco ($mg.kg^{-1}$)	mai-10	123	315	-	185	205	150	-	155	195	245	270	160	-

1 Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12.

2 Valor Alerta: valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízo ao ambiente da área de disposição

Conforme pode ser observado na Tabela 30, os desacordos observados foram quanto às variáveis Carbono Orgânico Total e Zinco.

Quanto ao Carbono Orgânico Total, os desacordos foram observados nas estações E4, E5, E6 e E10. As estações E4, E6 e E10 estão localizadas no corpo do reservatório, o que indica que estas

regiões, com maior tempo de residência, tendem a acumular mais carbono no sedimento. A estação E5, localizada no rio Barra Grande, indica que existe um aporte de carbono da bacia do rio Barra Grande para o reservatório de Mauá. Não foram encontradas relações entre a pluviometria ou a vazão para o acréscimo da concentração nestas amostras pontuais. A variável zinco foi detectada em concentração superior ao Nível 1, porém inferior ao Nível 2, estabelecido pela Resolução CONAMA 454/12. De acordo com a resolução supracitada, o Nível 1 é o limiar abaixo do qual ha menor probabilidade de efeitos adversos à biota e o Nível 2 é o limiar acima do qual ha maior probabilidade de efeitos adversos a biota. Não foram observados desacordos no período de monitoramento de 2015.

Da Tabela 31 à Tabela 34 estão apresentados os resultados obtidos para o CQS durante a fase reservatório do monitoramento anterior. Ressalta-se que o CQS começou a ser utilizado após a sua publicação pela CETESB em 2012.

Tabela 31 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de abril/2013.

Parâmetro	Primeira campanha - abril/2013							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima	● Regular	❍ Péssima
● Boa	● Ruim	▭ Não Detectado

Tabela 32 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de agosto/13.

Parâmetro	Segunda campanha - agosto/2013							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima ● Regular ❍ Péssima
● Boa ● Ruim ▭ Não detectado

Tabela 33 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/15.

Parâmetro	Primeira campanha - fev/15							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	▭	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	▭	▭	●
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima	● Regular	❍ Péssima
● Boa	● Ruim	▭ Não Detectado

Tabela 34 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/15.

Parâmetro	Segunda campanha - ago/15							
	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Cobre (mg.kg^{-1})	▭	●	▭	●	●	●	●	▭
Chumbo (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	●	●	●	●	●	▭	▭	●
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭

● Ótima ● Regular ❍ Péssima
● Boa ● Ruim ▭ Não detectado

Conforme pode ser observado nos resultados do Critério de Qualidade de Sedimentos, as variáveis avaliadas foram classificadas como de qualidade "Boa" e "Ótima" pelo Critério de Qualidade de Sedimentos da CETESB, com exceção da variável cromo. Esta foi classificada como "Regular" quanto a este critério, apenas no ponto E10.

3.3.4 Comparativo Resultados Granulometria Mauá

Os resultados da análise de granulometria da UHE Mauá do monitoramento anterior estão apresentados da Figura 30 a Figura 37. Conforme pode ser observado, os resultados obtidos nas coletas de 2013 diferem daquelas de 2015 e 2016, pois a análise foi realizada em dois laboratórios diferentes neste período, e com metodologias diferentes. Conforme os resultados apresentados nos gráficos das figuras citadas pode se observar que, em geral, não houve alteração significativa da composição granulométrica nas estações amostradas. Em geral, predominam areia e silte nos sedimentos amostrados. Diferença é observada na composição fina, porém a predominância

granulométrica se manteve nas diferentes campanhas. Observa-se uma maior quantidade de silte nas estações com maior tempo de residência (E4, E6 e E10), provavelmente decorrente da deposição de sedimentos. A predominância de areia e de silte (em menor quantidade), corroboram para a baixa concentração de matéria orgânica e de metais, uma vez que a areia possui baixa capacidade de retenção. Vale ressaltar que as amostras são coletadas de forma pontual, podendo variar a localização exata de campanha para campanha. Algumas estações foram monitoradas em menos campanhas, por questões contratuais.

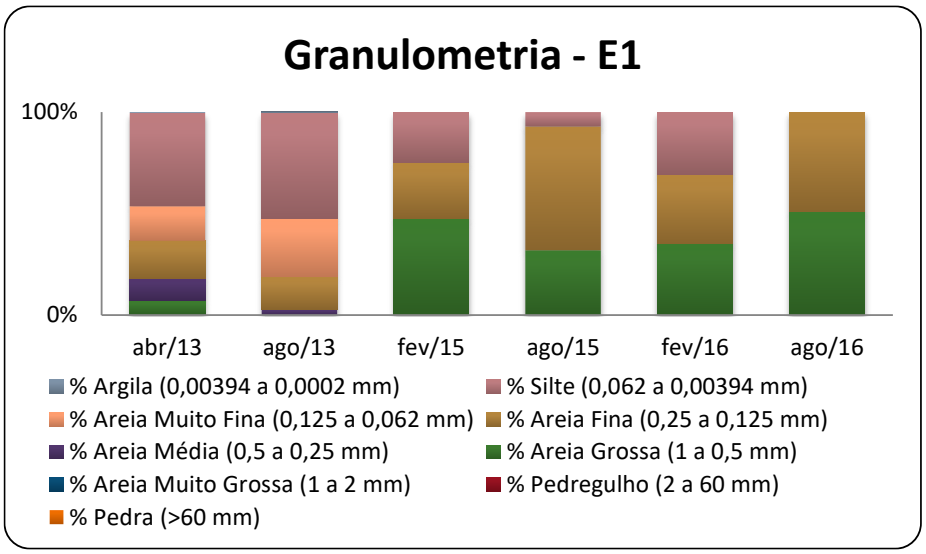


Figura 30 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E1

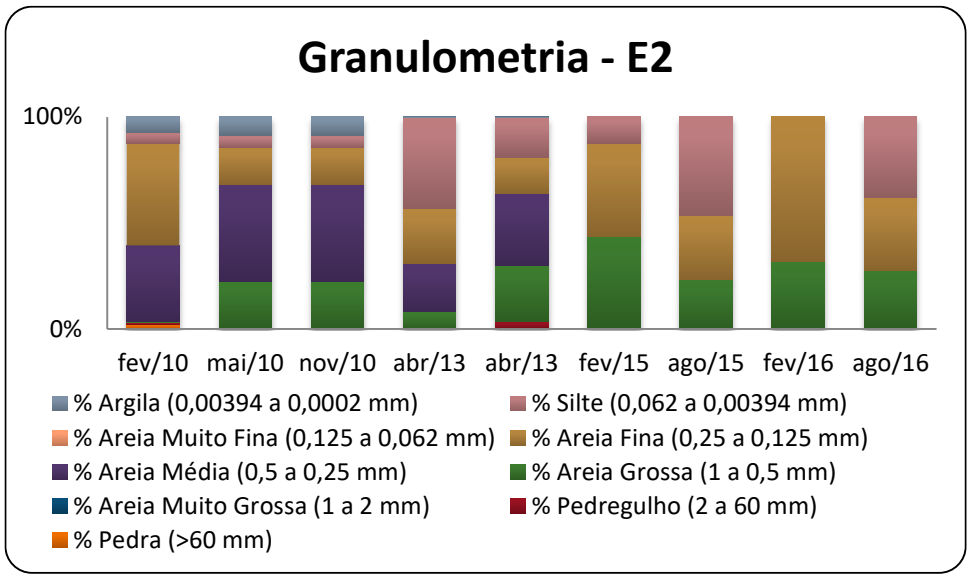


Figura 31 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E2

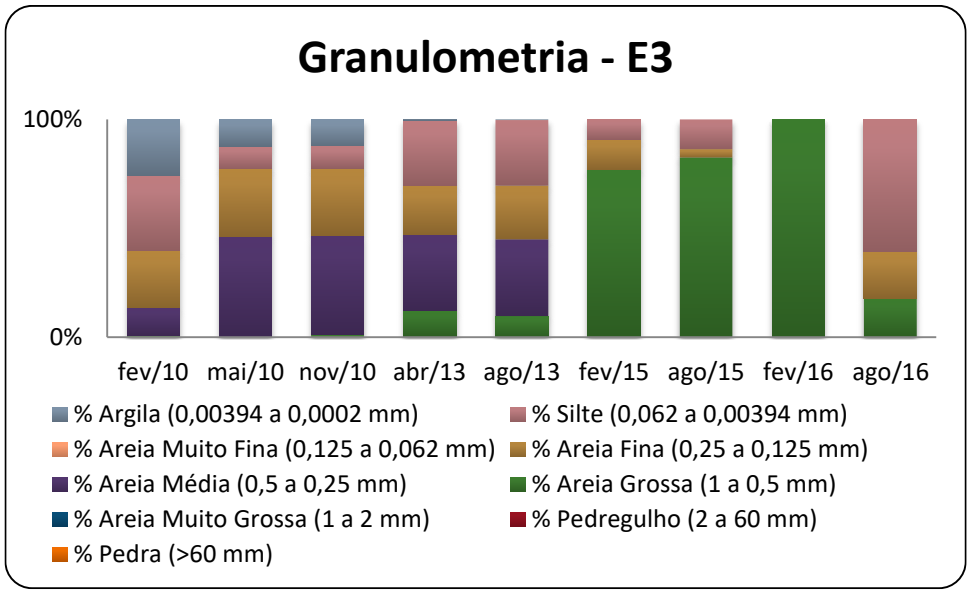


Figura 32 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E3

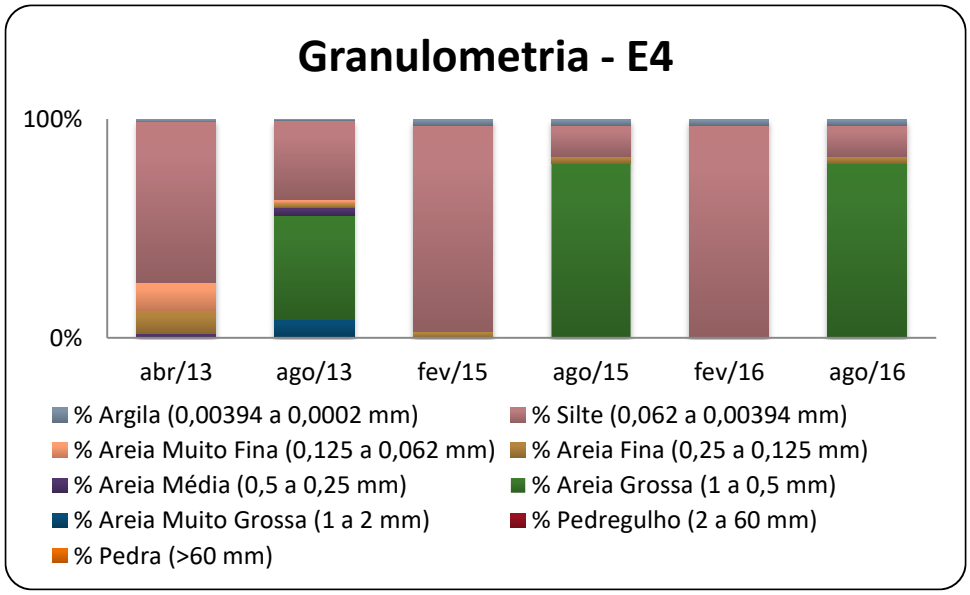


Figura 33 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E4

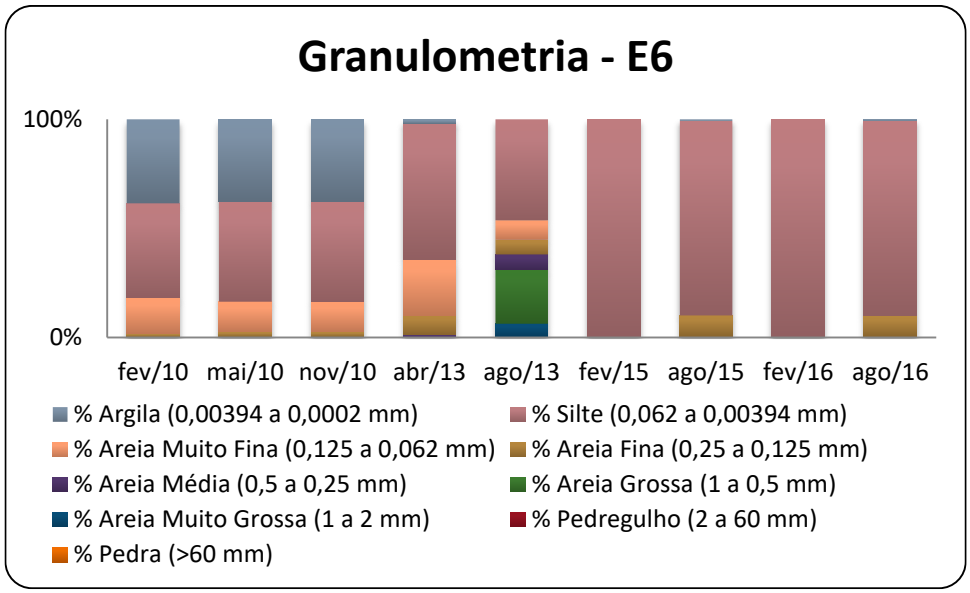


Figura 34 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E6

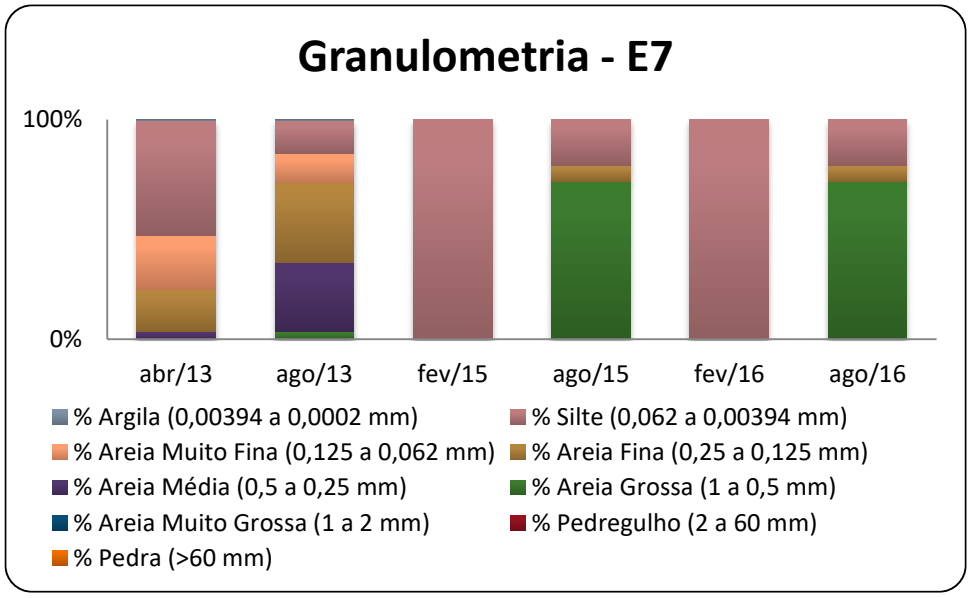


Figura 35 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E7

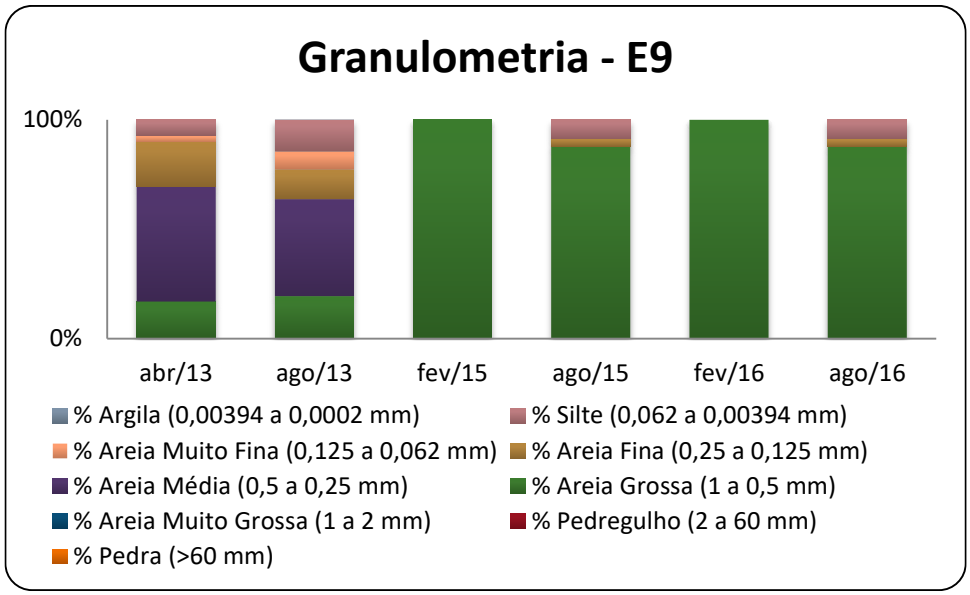


Figura 36 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E9

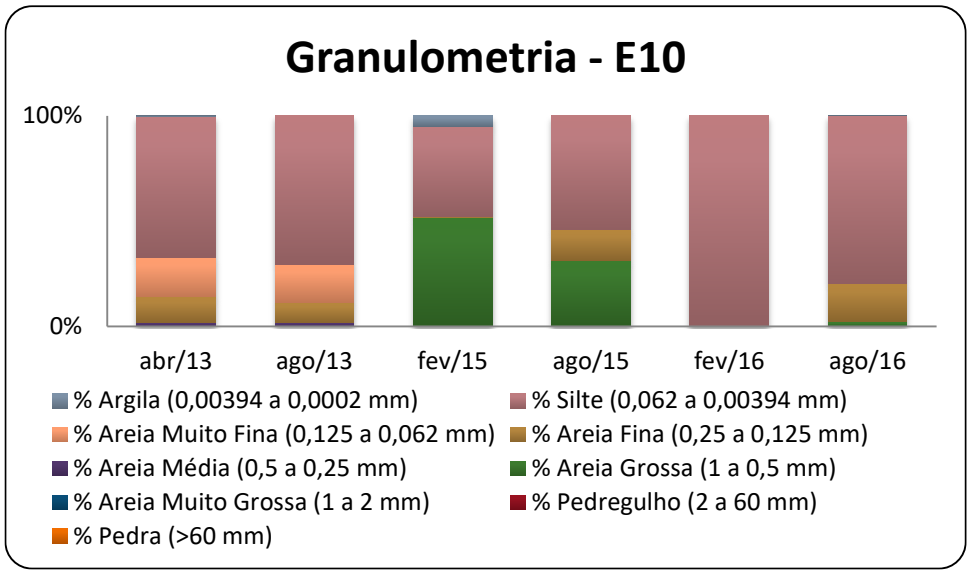


Figura 37 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação E10

3.4 Comunidade Fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica do reservatório da UHE Mauá foi representada por 10 classes de algas: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Zygnemaphyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Chlamydophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e Prasinophyceae. Um total de 97 táxons infragenéricos foram determinados (Tabela 35) e os mais abundantes encontram-se ilustrados na *Figura 38*.

Tabela 35 – Listagem dos táxons identificados na região do empreendimento da UHE Mauá

	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Bacillariophyceae								
Aulacoseira ambigua	x	x		x	x			x
Aulacoseira granulata var. *angustissima*	x	x		x				x
Aulacoseira granulata var. *granulata*			x		x			
Aulacoseira pusilla		x						x
Aulacoseira tenella	x		x	x	x	x	x	x
Discostella stelligera			x	x	x	x	x	x
Fragilaria longifusiformis	x			x		x	x	x
Fragilaria sp.1		x		x		x	x	
Gomphonema lagenula						x		
Gomphonema sp.1						x		
Navicula cryptocephala	x	x	x			x		
Navicula simulata			x					
Navicula sp.1		x	x					
Nitzschia linearis			x					
Nitzschia palea	x		x	x		x		x
Nitzschia sp.1		x				x		
Urosolenia amazonica						x		x
Urosolenia longiseta						x		
vista pleural 4 - *Pinnularia* sp.			x					
vista pleural 1 – *Fragilaria* sp.		x						
vista pleural 2 - *Navicula* sp.			x	x			x	
vista pleural 3 - *Eunotia* sp.			x					
Chlamydophyceae								
Carteria sp.1				x				
Chlamydomonas sp.2		x	x	x		x		x
Chlorogonium sp.						x		
Chlorophyceae								
Acutodesmus acuminatus		x						x
Ankistrodesmus fusiformis				x				
Ankistrodesmus gracilis		x						
Ankyra judai					x	x	x	x
Closteriopsis longissima						x		
Coelastrum reticulatum				x	x	x	x	x
Crucigenia tetrapedia	x		x		x			
Desmodesmus brevispina		x	x	x				
Desmodesmus intermedius	x						x	
Desmodesmus lefevrei	x		x					
Desmodesmus pseudohelveticus				x				

Desmodesmus quadricauda		x						
Desmodesmus serratus						x		
Desmodesmus sp.25	x	x						x
Desmodesmus sp.29		x		x				
Eutetramorus fottii		x		x	x	x	x	x
Eutetramorus sp.	x	x		x	x	x		x
Geminella pulchra		x						
Hyaloraphidium sp.	x	x	x	x	x		x	x
Lacunastrum gracilimum		x						
Monoraphidium circinale			x		x			
Monoraphidium contortum	x	x	x	x	x	x	x	x
Monoraphidium minutum				x	x	x		x
Monoraphidium nanum				x				
Monoraphidium sp.1				x	x			
Pseudokirchneriella contorta			x					
Pseudokirchneriella roselata							x	x
Scenedesmus ecornis		x		x				
Scenedesmus producto-capitatus			x					
Scenedesmus sp.36	x							
Sphaerocystis sp.				x				
Tetrastrum triangulare		x						x
Chrysophyceae								
Chromulina gyrans		x						
Chromulina sp.		x						
Dinobryon divergens				x				
Dinobryon sertularia			x					
Dinobryon sp.2					x			x
Mallomonas akrokomos						x		x
Mallomonas sp.4			x					
Mallomonas tonsurata				x	x	x	x	
Synura uvella		x	x					x
Cryptophyceae								
Cryptomonas brasiliensis	x			x	x	x	x	x
Cryptomonas sp.1				x				x
Cryptomonas sp.2		x	x		x	x		x
Rhodomonas lacustris	x	x		x	x	x	x	x
Cyanophyceae								
Aphanocapsa delicatissima				x	x			x
Chroococcus sp.						x		
Cyanogranis ferruginea						x		
Cylindrospermopsis raciborskii	x	x		x	x	x	x	x
Dolichospermum circinalis		x		x	x	x	x	x

Dolichospermum planctonicum	x							
Dolichospermum spiroides								x
Leptolyngbia sp.					x			
Merismopedia duplex								x
Merismopedia tenuissima					x		x	x
Microcystis protocystis				x	x		x	x
Pseudanabaena sp.2	x	x			x			x
Sphaerocavum brasiliense					x			
Dinophyceae								
Ceratium furcoides					x	x	x	x
Parvodinium umbonatum	x			x		x		
Euglenophyceae								
Euglena sp.1			x		x			
Trachelomonas armata		x						
Trachelomonas sp. 1								x
Trachelomonas sp.3	x							
Trachelomonas sp.8						x		
Trachelomonas volvocina				x				
Prasinophyceae								
Nephroselmis sp.					x	x		x
Zygnemaphyceae								
Mougeotia sp.1	x	x		x		x	x	x
Staurastrum leptacanthum								x
Staurastrum pseudotetracerum						x		
Staurastrum sp.11			x					
Staurastrum sp.6				x				
Total	**22**	**33**	**26**	**37**	**30**	**36**	**21**	**40**

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

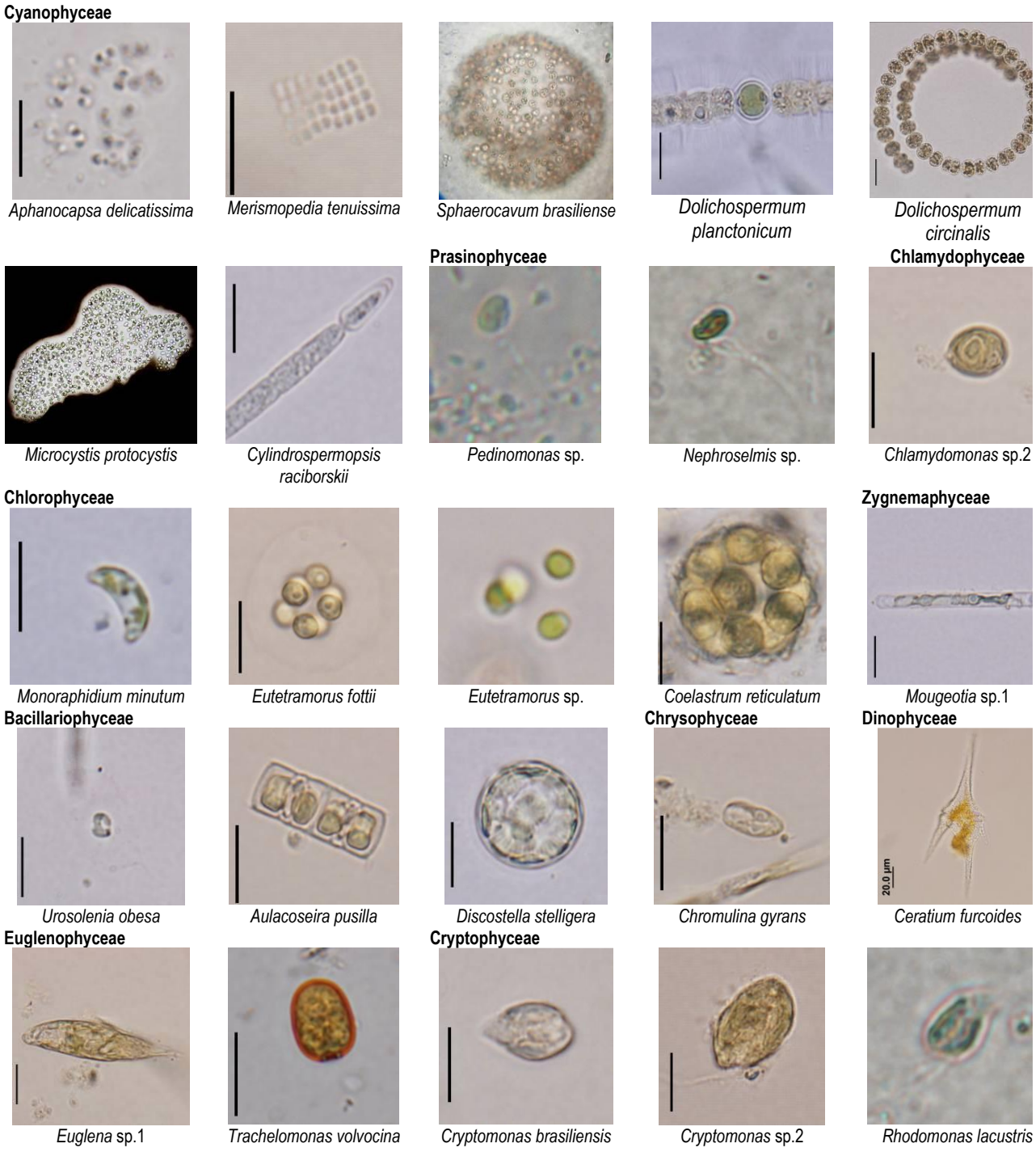


Figura 38 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá.

As classes que apresentaram maior riqueza foram Chlorophyceae (33%), Bacillariophyceae (23%), Cyanophyceae (14%) e Chrysophyceae (9%) (Figura 39). Resultados semelhantes aos encontrados também foram registrados durante a fase rio do empreendimento.

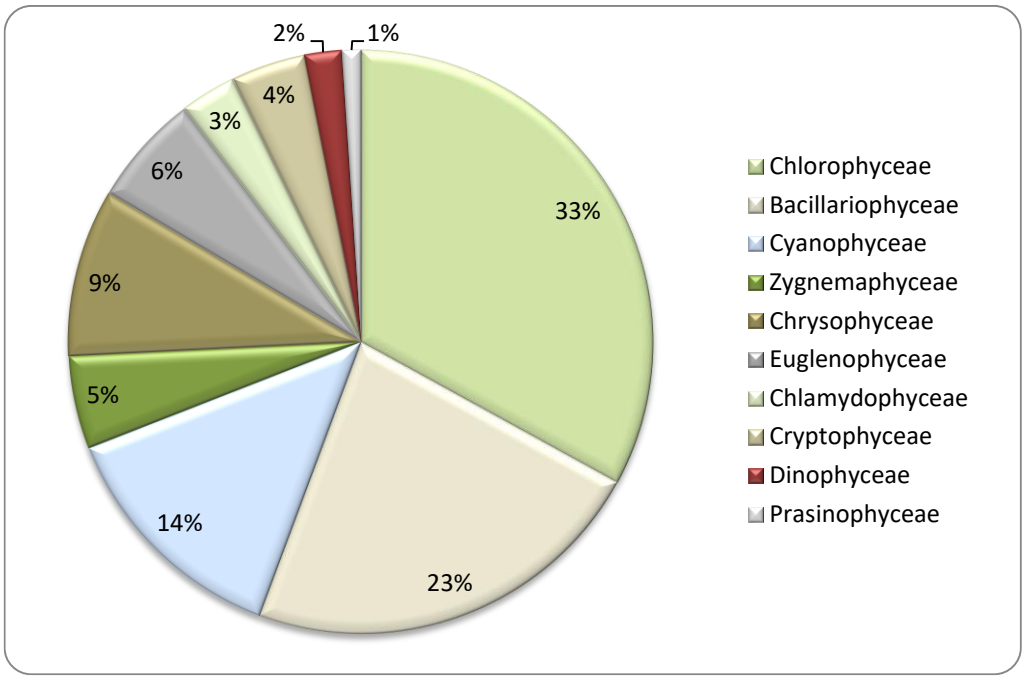


Figura 39 - Riqueza percentual de táxons por classes na região estudada da UHE Mauá.

O maior valor de riqueza de espécies foi registrado no ponto 10 do rio Barra Grande (40 táxons), seguido dos pontos 4 e 7 do rio Tibagi (37 e 36 táxons, respectivamente) (Figura 40).

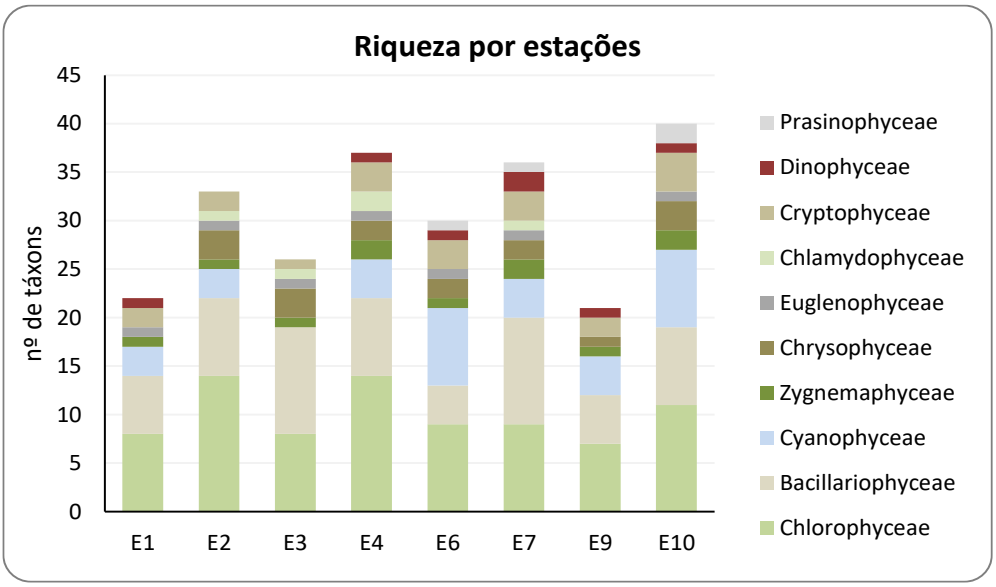


Figura 40 - Riqueza de táxons por classes em cada estação de coleta analisada.

Os resultados obtidos com a análise quantitativa das algas fitoplanctônicas presentes nos corpos d´água da região de abrangência da UHE Mauá foram semelhantes aos registrados em

campanhas anteriores (novembro/14 a agosto/15). As cianobactérias foram proporcionalmente mais numerosas nos meses de novembro/15, fevereiro e maio de 2016 e na maior parte das estações amostradas, perfazendo 47,6% a 92,8% do total de células contadas (Figura 41). Esta alteração de predominância em relação a análise qualitativa deve-se às formas de vida coloniais ou filamentosas das cianobactérias encontradas em maior quantidade, cuja contagem de cada organismo resulta em dezenas de células. Portanto, a contribuição das cianobactérias pode ser bastante representativa na densidade celular final, mesmo quando o número de indivíduos deste grupo não foi tão expressivo. As demais algas (fitoflagelados, diatomáceas e clorofíceas cocóides) possuem organismos unicelulares ou coloniais com poucas células. Nos mês de agosto/16, com o estabelecimento de temperaturas mais frias do inverno, as diatomáceas (Bacillariophyceae) e fitoflagelados predominaram, enquanto que as cianobactérias foram menos expressivas (Figura 41). Chorus & Bartram (1999) comentam que as cianobactérias apresentam taxas de crescimento mais altas em temperaturas acima de 25ºC, sendo favorecidas em estações mais quentes do ano (verão e outono).

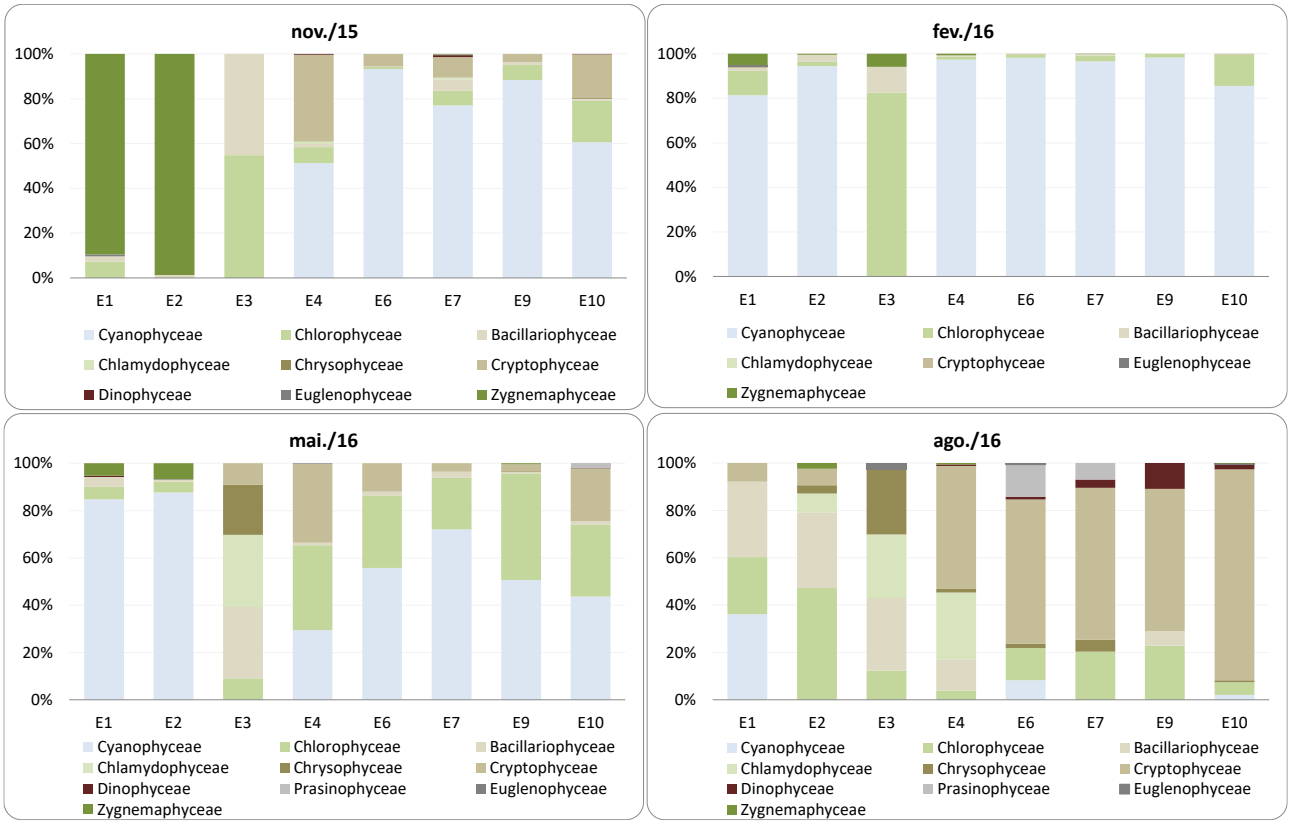


Figura 41 - Contribuição percentual da densidade celular mensal das classes de algas.

Cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas foram constatadas no período analisado (*Aphanocapsa delicatissima*, *Cylindrospermopsis raciborskii, Dolichospermum* spp., *Merismopedia* spp. e *Microscystis protocystis*) (CHORUS & BARTRAM, 1999; PANOSSO et al., 2007; TEDESCO & CLERCIN, 2011; CETESB, 2013). *Cylindrospermopsis raciborskii* ocorreu em floração (densidade celular superior a 50.000 cél.mL^{-1}, Resolução CONAMA 357/05) em fevereiro/16, nas estações E6 e E10 (84.500 e 77.500 cél.mL^{-1}, respectivamente) (Figura 42).

Os fitoflagelados (Chlamydophyceae, Cryptophyceae, Prasinophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae) também foram importantes contribuintes da comunidade fitoplanctônica nos períodos amostrados (Figura 41). As algas flageladas são oportunistas com alta taxa de crescimento, que ocorrem principalmente em períodos de mistura da coluna d'água. Apresentam eficiente dispersão e fácil migração da coluna d'água (OLRIK, 1994). A presença de fitoflagelados pode não estar relacionada às condições tróficas do ambiente, mas a maior ou menor condição de turbulência da água do sistema e a eventos que prejudicam o desenvolvimento de outras algas (BICUDO *et al*., 1999).

As análises quantitativas do fitoplâncton e da clorofila-a apresentaram correlação positiva elevada (r=0,99). Os valores médios de densidade celular e clorofila foram relativamente baixos (<3.600 cél.mL^{-1} e <3,0 µg.L^{-1}, respectivamente) em quase todos os períodos amostrados, exceto em fevereiro/16 devido a elevada densidade celular da cianobactéria filamentosa *Cylindrospermopsis raciborskii* (Figura 42). As densidades celulares do fitoplâncton apresentaram-se mais baixas em agosto/16 e mais elevadas em fevereiro/16 (Figura 42). Considerando as diferentes estações de coleta, observou-se que valores superiores de densidade celular foram encontrados no ponto próximo ao eixo da barragem (E6 - rio Tibagi) e no rio Barra Grande (E10).

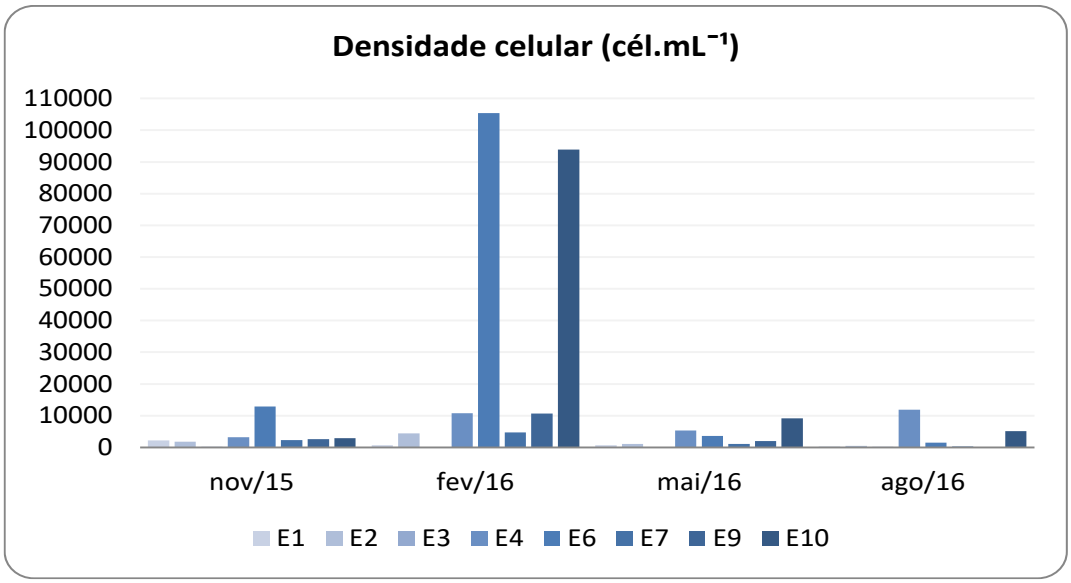


Figura 42 - Variação temporal das densidades celulares mensais do fitoplâncton.

Como ressaltado em relatórios anteriores, a ocorrência do dinoflagelado *Ceratium furcoides* e a presença da cianobactéria potencialmente tóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* são preocupantes, pois demonstram certa degradação da qualidade da água nos pontos amostrados. Estas espécies são frequentes formadoras de florações em ambientes lênticos e, vem sendo encontradas em maiores densidades no reservatório.

Ceratium furcoides foi registrado em novembro/15 nas estações E7 e E10, em maio/16 na estação E10 e em várias estações em agosto/16 (Figura 43). A espécie ocorre exclusivamente em água doce e apresenta células grandes (162-322 µm de comprimento e 28-42 µm de largura) e elevado biovolume celular (Bustamante-Gil et al., 2012; Cortez 2013). É uma espécie altamente competitiva, podendo proliferar em baixos níveis de fósforo devido à sua capacidade de migração por meio de flagelos, que permite buscar camadas d'água mais enriquecidas. Consegue otimizar o aproveitamento da luz e reduzir sua palatabilidade pela presença de espinhos, promovendo maior resistência à herbivoria. *Ceratium furcoides* também pode formar cistos, proliferando em períodos de mistura da coluna d'água, o que permite o seu desenvolvimento na comunidade fitoplanctônica quando as condições ótimas ao seu crescimento são restabelecidas (Cavalcante *et al*., 2013). *Ceratium furcoides* não produz toxinas, entretanto, o florescimento desta espécie pode alterar o sabor e odor da água, e causar a diminuição do oxigênio dissolvido pela maciça decomposição das células, comprometendo a

qualidade da água e aumentando os custos do tratamento (Matsumura-Tundisi *et al.*, 2010; Cavalcante *et al.*, 2013).

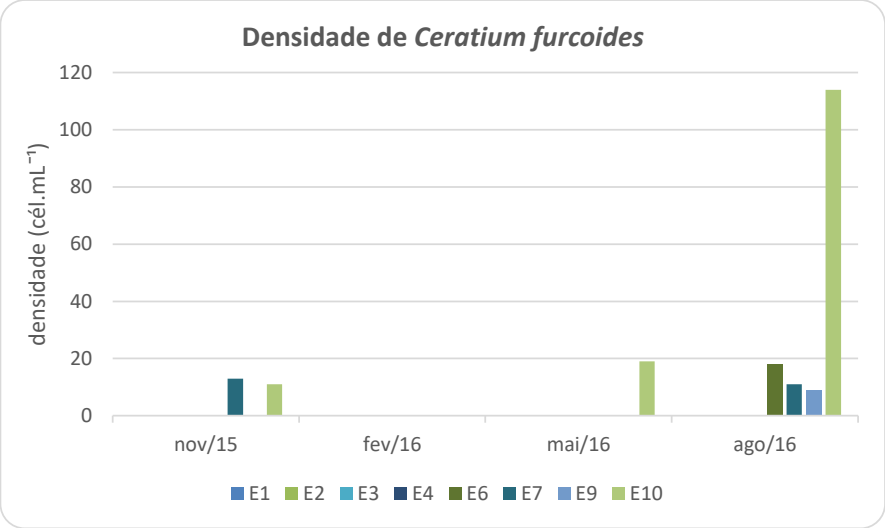


Figura 43 - Ocorrência de Ceratium furcoides nas estações da coleta.

Cylindrospermopsis raciborskii foi detectada em todos os períodos amostrados, apresentando maiores densidades em fevereiro/16, principalmente próximo a barragem do reservatório (estação E6) e no rio Barra Grande (estação E10) (Figura 44). O rio Imbauzinho (E3) foi o único ponto onde não foram detectados filamentos de *Cylindrospermopsis raciborskii*.

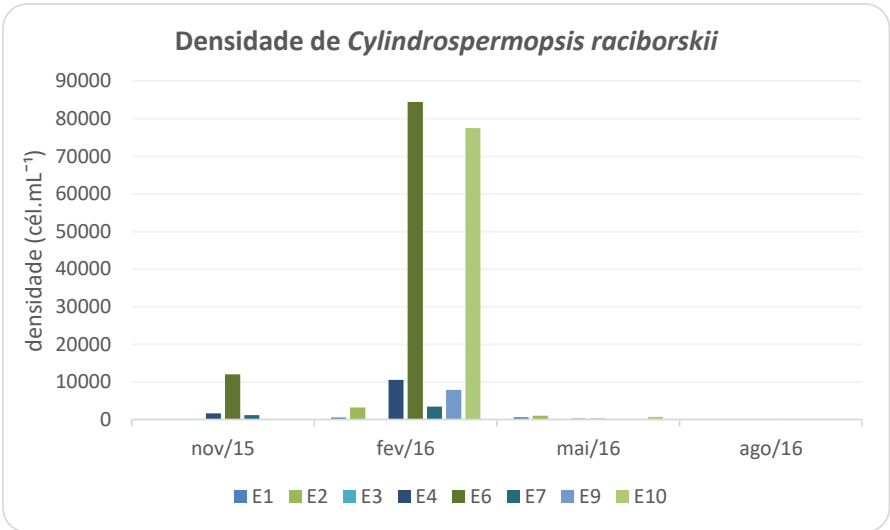


Figura 44 - Ocorrência de Cylindrospermopsis raciborskii nas estações da coleta da UHE Mauá.

Cylindrospermopsis raciborskii é uma cianobactéria potencialmente produtora de hepatotoxinas e/ou neurotoxinas. A espécie foi inicialmente descrita para ecossistemas tropicais e subtropicais, porém nas últimas décadas distribuiu-se rapidamente em ambientes temperados da Ásia, África, Austrália, Europa e América do Norte, demonstrando o seu alto poder adaptativo a diferentes condições ambientais (Wiedner et al., 2008; Kling, 2009). É considerada uma espécie invasora em águas continentais e vem sendo registrada de maneira crescente em reservatórios, lagoas costeiras e rios de fluxo lento. O sucesso ecológico de *Cylindrospermopsis raciborskii*, principalmente em ambientes eutrofizados, ocorre pela alta afinidade com fósforo e amônia. Além disso, as células possuem aerótopos em seu interior, permitindo a migração dos filamentos na coluna d´água de acordo com suas necessidades metabólicas. Observa-se também que, por ser pouco palatável e exercer efeito biotóxico, esta espécie é pouco procurada por herbívoros do zooplâncton, seus predadores naturais.

Salienta-se que há probabilidade de ocorrerem problemas de superpopulação de *Cylindrospermopsis raciborskii* no reservatório da UHE Mauá, principalmente em períodos de maior concentração de nutrientes associados a temperaturas mais elevadas, condições ideais para ocorrência de florações.

3.4.1 Diagnóstico integrado com os resultados apresentados no relatório anterior

Os resultados obtidos nas análises quali/quantitativas do fitoplâncton das campanhas de novembro/15 a agosto/16 foram semelhantes aos registrados em campanhas anteriores (novembro/14 a agosto/15). Constatou-se que a comunidade fitoplanctônica da UHE Mauá é composta, principalmente, por algas verdes, diatomáceas e cianobactérias. A estação Barra Grande (E10) e rio Tibagi E4 e E6 são as mais ricas em espécies, entretanto, houve uma pequena diminuição na riqueza total (de 145 para 97 táxons). As cianobactérias predominam na maior parte dos meses e estações amostradas na área de abrangência da UHE Mauá, apresentando menores densidades na campanha de inverno (agosto). O dinoflagelado *Ceratium furcoides* e a cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* vem sendo continuamente registrados nas estações, às vezes apresentando elevado número celular.

3.5 Comunidade Zooplanctônica

3.5.1 Composição e Abundância de Rotíferos

Para o ciclo 2015-2016 foram identificados 56 táxons infragenéricos para a comunidade zooplanctônica no reservatório da UHE de Mauá. Desse total, 32 foram identificados para os rotíferos, 11 para os cladóceros e 13 para os copépodes (Tabela 36 e Tabela 37). Os valores obtidos para a riqueza de táxons nesse ciclo, são similares aos encontrados no monitoramento do ciclo 2014-2015, quando foram identificados 61 táxons. Nas fases de monitoramento do rio e após a formação do reservatório, foram identificados 96 e 102 táxons, respectivamente. Esses valores correspondem ao esforço amostral empregado nessas duas fases.

Os rotíferos foram representados por 14 famílias, sendo Brachionidae (10 táxons), Synchaetidae (5 táxons) e Trichocercidae (3 táxons) as mais representativas (Figura 45). De acordo com os dados obtidos anteriormente, essas Famílias tem sido registradas como dominantes para a área monitorada.

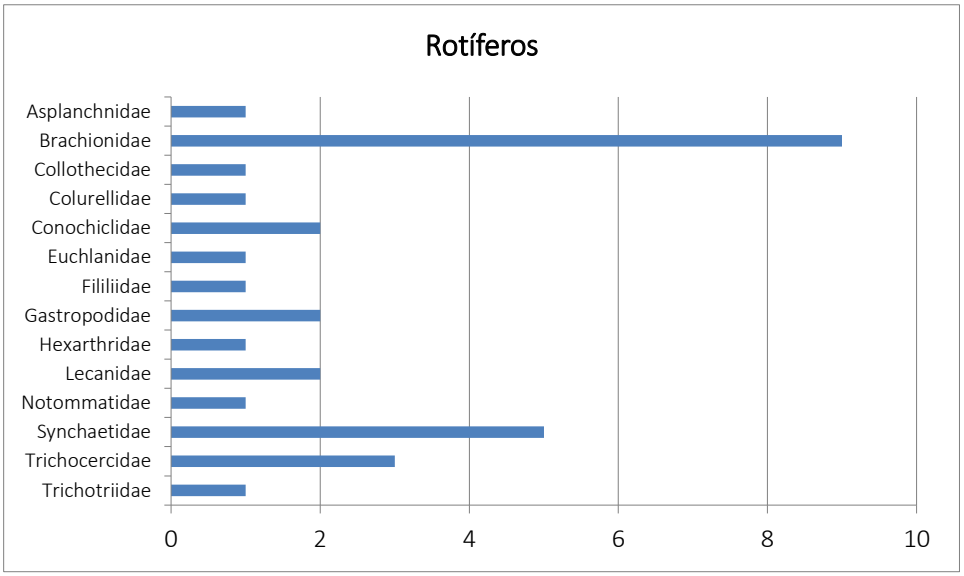


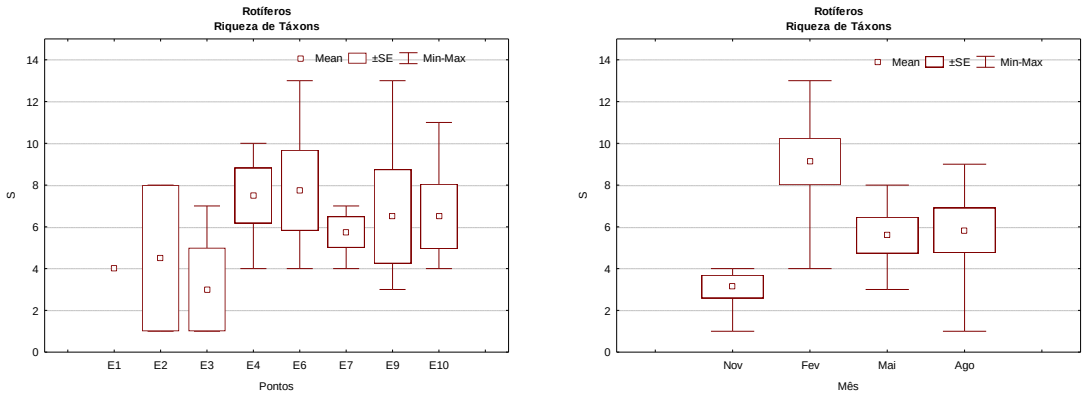
Figura 45 - Número de táxons por Família de rotíferos identificados no reservatório da UHE de Mauá.

Os táxons de rotíferos que registraram maior frequência de ocorrência nas amostras nesse ciclo foram *Polyarthra vulgaris* (72%), *Conochilus unicornis* (50%), *Euchlanis dilatata* (44%), *Keratella cochlearis* (44%), *Asplachna sieboldi* (34%) e a ordem Bdelloidea (34%) (Tabela 36).

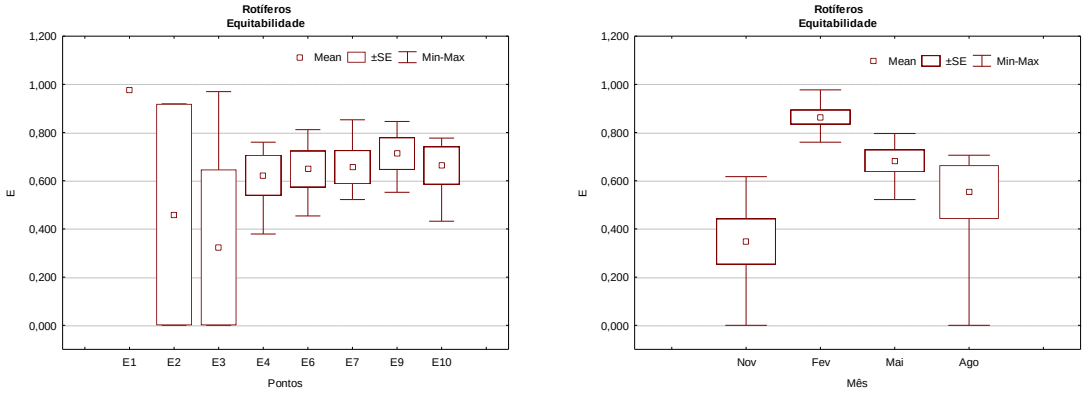
Tabela 36 - Lista de táxons e frequência de ocorrência dos rotíferos amostrados no reservatório da UHE de Mauá, ciclo 2015-2016.

ROTIFERA	Freq. (%)	ROTIFERA	Freq. (%)
Collothecidae		**Euchlanidae**	
Collotheca sp.	6	*Euchlanis dilatata*	44
Fililiidae		**Gastropodidae**	
Filinia longiseta	22	*Ascomorpha saltans*	6
Hexarthridae		*Gastropus hyptopus*	3
Hexarthra intermedia braziliensis	6	**Lecanidae**	
Asplanchnidae		*Lecane bulla*	13
Asplanchna sieboldi	34	*Lecane curvicornis*	6
Brachionidae		**Notommatidae**	
Brachionus caudatus	6	*Cephalodella gibba*	3
Brachionus dolabratus	3	**Synchaetidae**	
Brachionus falcatus	6	*Ploesoma truncatum*	13
Kellicottia bostoniensis	34	*Polyarthra vulgaris*	72
Keratella americana	22	*Sychaeta longipes*	19
Keratella cochlearis	44	*Synchaeta stylata*	6
Keratella lenzi	3	*Synchaeta* sp.	3
Keratella tropica	13	**Trichocercidae**	
Platyias quadricornis	6	*Trichocerca insignis*	9
Conochiclidae		*Trichocerca pulsila*	6
Conochilus coenobasis	13	*Trichocerca similis grandis*	13
Conochilus unicornis	50	**Trichotriidae**	
Colurellidae		*Trichotria tetractis*	3
Lepadella patela	6	**Ordem Bdelloidea**	34

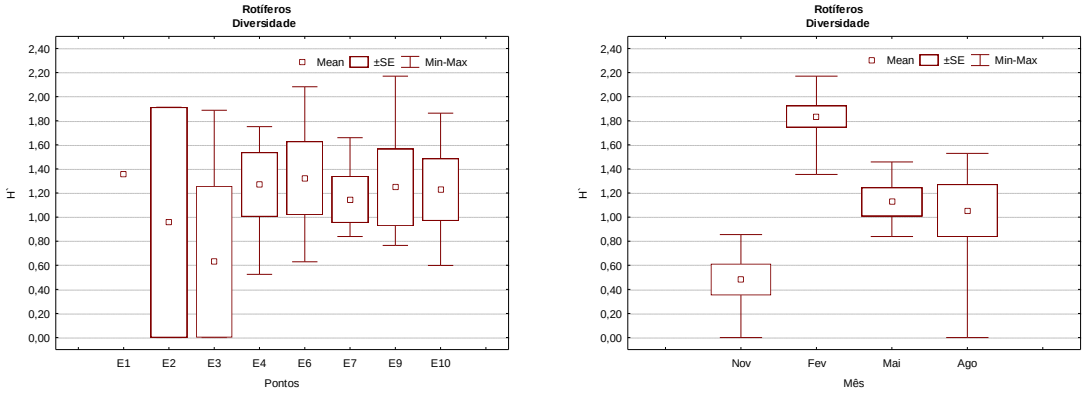
Os maiores valores e médias para a riqueza de táxons de rotíferos foram registrados nos pontos E6 e E9 (13 táxons), E10 (11 táxons) e E4 (10 táxons), no mês de fevereiro/16. Os menores valores ocorreram nos pontos E1, E2 e E3, localizados a montante da barragem, no mês de novembro/15. A equitabilidade (E) apresentou um padrão mais homogêneo nos pontos com características mais lênticas e a jusante da barragem. Porém, nos pontos E1, E3 e E4, os valores foram maiores. No mês de novembro/15, foi registrado o menor valor para esse atributo da comunidade. A diversidade (H') seguiu o mesmo padrão registrado para a riqueza, onde as maiores valores e médias foram registradas nos pontos localizados no corpo central do reservatório e a jusante da barragem (Figura 46 a, b, c).



a)



b)



c)

Figura 46 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidade de rotíferos no reservatório da UHE de Mauá.

Com relação às abundâncias de rotíferos, os maiores picos foram registrados para *Conochilus unicornis* (295.373 org./m^3), no ponto E10, em novembro/15; *Polyarthra vulgaris* (187.524 org./m^3) e

Asplanchana sieboldi (130.819 org./m^3) no ponto E6, em agosto/16. As menores densidades ocorreram nos pontos E1, E2 e E3 em maio/16 (Figura 47).

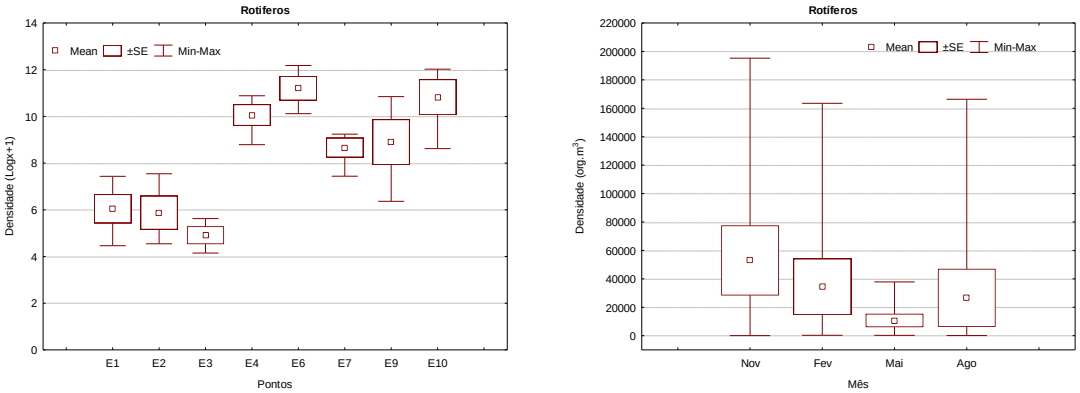


Figura 47 - Variabilidade espacial e temporal da densidade (org./m^3) de rotíferos no reservatório da UHE de Mauá.

3.5.2 Composição e Abundância de Microcrustáceos

Entre os microcrustáceos, as Famílias mais representativas para os cladóceros e os copépodes foram Daphniidae (5 táxons) e Cyclopidae (5 táxons). O número de táxons de microcrustáceos registrado no ciclo de 2015-2016 foi semelhante ao registrado no ciclo 2014-2015 (Figura 48).

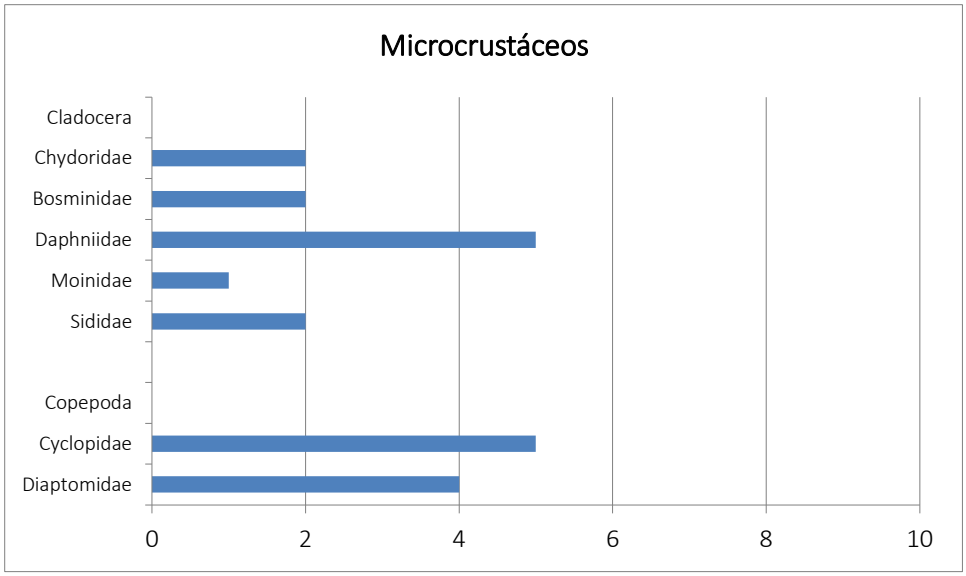


Figura 48 - Número de táxons por Família de microcrustáceos identificados no reservatório da UHE de Mauá.

Os dados para a frequência de ocorrência de microcrustáceos nas amostras, mostraram que *Bosmina hagmanni* (50%), *Ceriodaphnia cornuta* (50%), *Daphnia gessneri* (44%) e *Ceriodaphnia silvestrii* (38%) foram os táxons mais representativos entre os cladóceros. Entre os copépodes adultos, *Thermocyclops decipiens* (34%) e *Thermocyclops minutus* (31%) dominaram nas amostras coletadas no ciclo monitorado. Por outro lado, os náuplios (84%) e copepoditos (72%) de Cyclopoida, registraram a maior frequência de ocorrência nas amostras de zooplâncton (Tabela 37).

Tabela 37 - Lista de táxons e frequência de ocorrência de microcrustáceos amostrados no reservatório da UHE de Mauá.

CLADOCERA	Freq. (%)
Chydoridae	
Alonella dadayi	3
Chydorus pubiscens	3
Bosminidae	
Bosmina hagmanni	50
Bosminopsis deitersi	3
Daphniidae	
Ceriodaphnia cornuta	50
Ceriodaphnia reticulata	22
Ceriodaphnia silvestrii	38
Daphnia gessneri	44
Daphnia parvula	13
Sididae	
Diaphanosoma birgei	22
Diaphanosoma brevireme	16
Moinidae	
Moina minuta	9
COPEPODA	
Cyclopidae	
Acanthocyclops sp.	3
Metacyclops sp.	19
Microcyclops sp.	6
Thermocyclops decipiens	34
Thermocyclops minutus	31

CLADOCERA	Freq. (%)
Diaptomidae	
Argirodiaptomus furcatus	3
Notodiaptomus deitersi	16
Notodiaptomus amazonicus	16
Notodiaptomus sp.	3
Náuplio	
Calanoida	63
Cyclopoida	84
Copepodito	
Calanoida	53
Cyclopoida	72
Harpacticoida	3

A maior riqueza de táxons entre os microcrustáceos, ocorreu nos pontos localizados na região lacustre do reservatório. Os valores máximos (9 táxons) foram registrados nos pontos E4, E6 e E10, e as maiores médias ocorreram nos meses de maio e agosto/16. A equitabilidade (E) e diversidade (H') também registraram seus maiores valores nos pontos da região lacustre nos mesmos meses. As médias para a diversidade (H') ficaram acima de 1,0 Bits nesses pontos na maioria dos meses

monitorados. As menores médias para esses dois atributos da comunidade foram observadas nos pontos de coleta E1, E2 e E3, e no mês de fevereiro/16 (Figura 49).

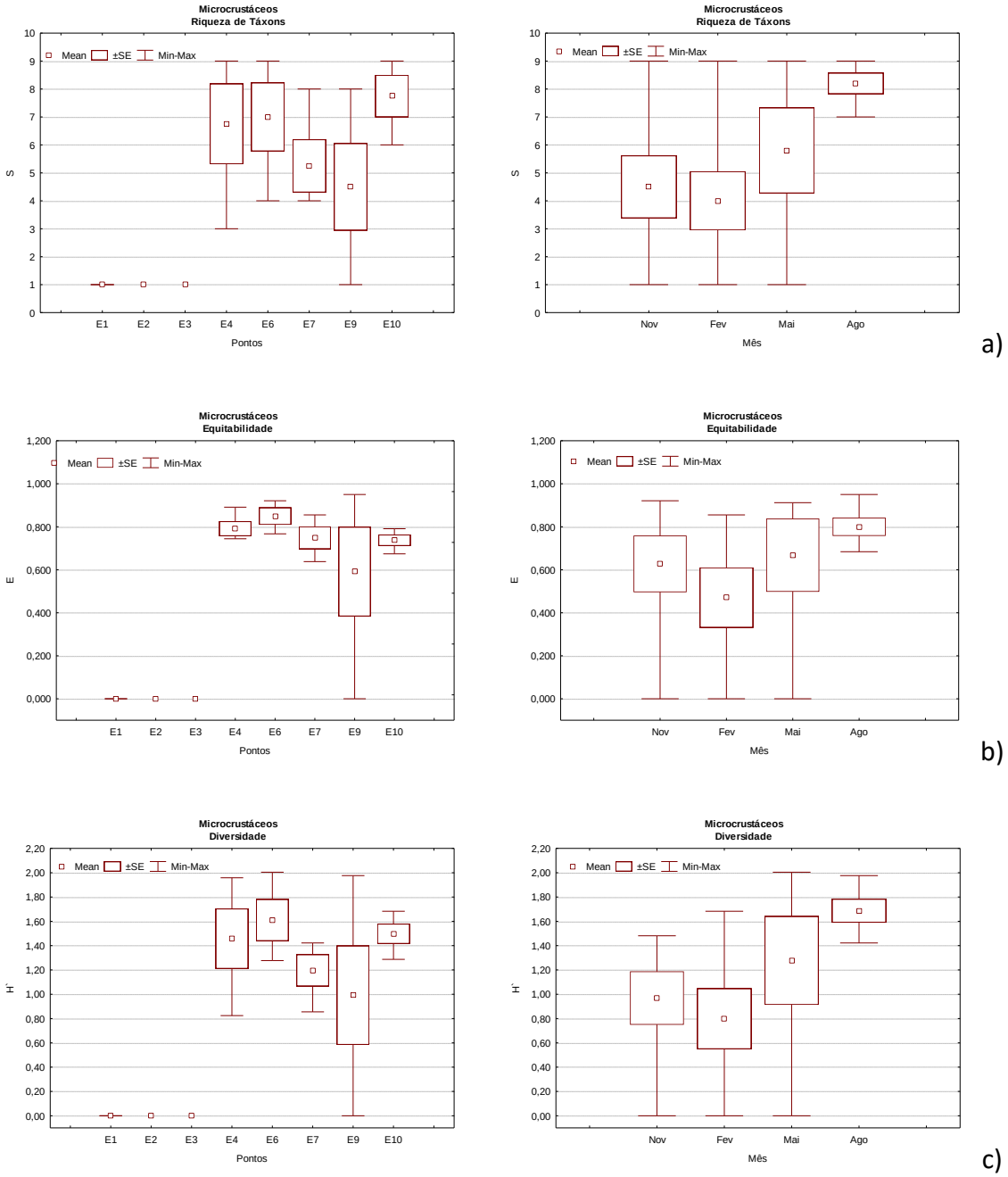


Figura 49 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidade de microcrustáceos no reservatório da UHE de Mauá.

No período monitorado, os maiores picos de abundância de microcrustáceos foram registrados nos pontos E4, E6 e E10. Entre os cladóceros, as maiores densidades registradas

ocorreram para *Bosmina hagmanni* (80.890 org./m^3), *Ceriodaphnia cornuta* (74.192 org./m^3), *Daphnia gesnerii* (32.446 org./m^3) e *Ceriodaphnia silvestrii* (30.164 org./m^3). Os náuplios (165.208 org./m^3) e copepoditos (136.873 org./m^3) de Cyclopoida foram os responsáveis pelos picos de abundância entre os copépodos. Entre as formas adultas de copépodes, *Thermocyclops decipiens* (12.306 org./m^3) e *T. minutus* (10.631 org./m^3) registraram grandes densidades. A variação temporal das densidades mostraram que os maiores picos ocorreram em maio e agosto/16, e a menor no mês de maio/16 (Figura 50).

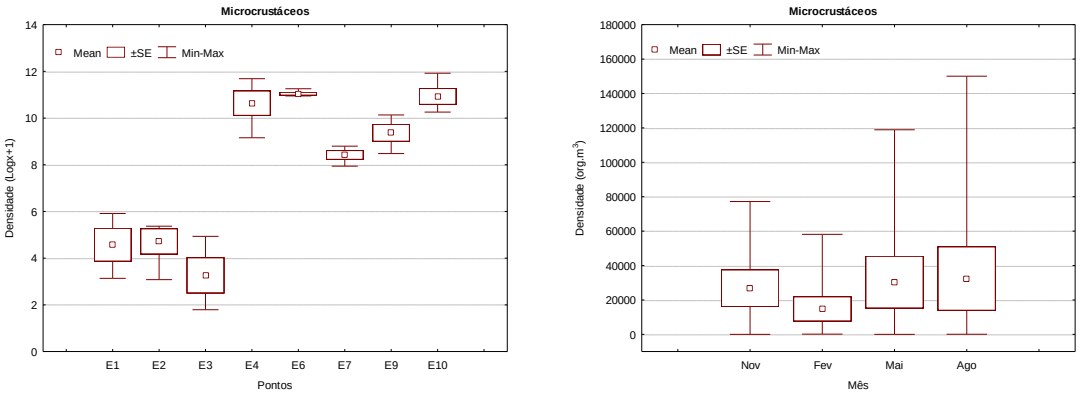


Figura 50 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de microcrustáceos no reservatório da UHE de Mauá.

3.6 Macroinvertebrados Bentônicos

A utilização de macroinvertebrados aquáticos, que incluem as comunidades bênticas, para o diagnóstico de qualidade de ecossistemas aquáticos continentais remonta ao início do século XX (CETESB, 2012).

Os macroinvertebrados têm sido recomendados como indicadores de qualidade ambiental, em virtude da sua grande aplicabilidade no entendimento da estrutura e funcionamento dos ecossistemas, visto que participam do fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Rosenberg & Resh, 1993) e são considerados elos intermediários entre os microrganismos e seus predadores invertebrados e vertebrados (Cummins, 1996). Estes organismos respondem de forma positiva ou negativa ao aporte de poluentes ou outros tipos de mudança do habitat (Resh & Jackson, 1993).

O presente relatório tem como objetivo a síntese dos resultados obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água através dos Macroinvertebrados Aquáticos durante

o Ciclo 2015/2016 da UHE Mauá e das Terras Indígenas de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina.

3.6.1 Caracterização das estações de amostragem com base no estudo de macroinvertebrados bentônicos

O monitoramento da região da UHE Mauá foi realizado trimestralmente: novembro/15, fevereiro/16, maio/16 e agosto/16.

Nesta seção são reescritas as estações de coletas do monitoramento apresentando as alterações no ambiente em função do empreendimento e de outros fatores regionais impactantes.

3.6.1.1 . Estação E1

A estação E1 localiza-se no rio Tibagi a montante da cidade de Telêmaco Borba. Esta estação foi mantida desde o início da Fase Rio como uma localidade controle sem a ação dos impactos da cidade, fábrica de celulose, estação de tratamento e da usina hidrelétrica.

No período do monitoramento da Fase Reservatório foram observadas muitas alterações no local em função da atividade de mineração de areia. Durante todo o período foi observada uma draga de mineração instalada a montante do local das coletas. A atividade de dragagem ocasionou um sério assoreamento das margens e muita deposição de sedimentos finos (Figura 51).

Esta área foi selecionada para o monitoramento como local de referência, entretanto, os resultados do último ano devem ser utilizados com precaução em função dos impactos causados no ambiente.

Durante o último ano acentuou-se a erosão das margens em função das dragagens.

Figura 51 - Fotos da Estação E1 localizada no rio Tibagi durante fevereiro de 2016. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim.

3.6.1.2 Estação E2

A E2 encontra-se na área do Parque Municipal de Telêmaco Borba sob a ponte que dá acesso à cidade. A estação situa-se a jusante da empresa de celulose Klabin S.A. No último ano o assoreamento das margens progrediu. Muitas árvores da margem foram arrancadas pela força da corrente e a prainha formada no ano anterior praticamente desapareceu (Figura 52).

Durante o período do monitoramento foi verificada em mais de uma campanha a presença de celulose nas amostras. A celulose fica depositada no fundo formando uma fina camada sob o sedimento.

Figura 52 - Fotos da Estação E2 localizada no rio Tibagi, no Parque Municipal de Telêmaco Borba, durante agosto de 2016 no monitoramento da Fase Reservatório. Fotos de Roger Dalcin

3.6.1.3 Estação E3

Esta estação está localizada no rio Imbauzinho que sofre influência direta da cidade de Imbaú. O rio está sob forte predomínio dos efluentes orgânicos do esgoto doméstico da cidade (Figura 53).

Durante o período do monitoramento na E3 foi observado um acréscimo da área assoreada em função da erosão da margem causada pelas fortes chuvas no período estudado. Ocorreu uma diminuição de organismos da comunidade bêntica.

As amostragens foram realizadas de 0,5 a 2 m de profundidade dependendo da vazão do rio. O fundo é composto de areia fina com muitos detritos.

Figura 53 - Fotos da Estação E3 localizada no rio Imbauzinho durante maio de 2016. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim.

3.6.1.4 Estação E4

Esta estação está localizada na região central do reservatório (Figura 54). As margens estão cobertas unicamente pelas gramíneas das pastagens.

As coletas na E4 foram realizadas entre 10 e 20 m de profundidade. O fundo é composto de areia muito fina com grande quantidade de matéria orgânica oriunda da vegetação submersa. No período amostrado não houve mudanças significativas nas margens nesta localidade.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Figura 54 - Foto da Estação E4 localizada na região mediana do monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Foto de Rosemary A. Brogim.

3.6.1.5 Estação E6

A estação E6 está localizada no rio Tibagi a montante da barragem.

As coletas na E6 foram realizadas próximo das boias de contenção visando atender as normas de segurança. A profundidade variou de 20 a 25 metros nos períodos mais chuvosos. As margens apresentavam vegetação arbórea e o fundo composto de sedimento fino com pouca matéria orgânica (Figura 55).

Não houve alterações nas margens durante o ano de amostragens.

Figura 55 - Fotos da Estação E6 localizada próxima à barragem da UHE Mauá durante novembro 2015. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Pedro C. Pinheiro e Adilson Lara.

3.6.1.6 Estação E7

A estação E7 situa-se a montante da Casa de Força da UHE Mauá. O leito do rio é rochoso e, em algumas porções é possível visualizar extensas lajes. A margem possui mata ciliar bem preservada.

Durante o período amostrado várias configurações do local foram verificadas, desde completamente alagado com profundidade de cerca de um metro com fortes correntezas (Fevereiro de 2016) a longas lajes expostas com formação de várias poças configurando um ambiente lêntico em várias porções do rio (Agosto/16) (Figura 56).

Fevereiro 2016

Agosto 2016

Fevereiro 2016

Agosto 2016

Figura 56 - Fotos da Estação E7 localizada no rio durante o monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim (Fevereiro 2016) e Roger Dalcin (Agosto 2016).

3.6.1.7 Estação E9

A E9 localiza-se a jusante das barragens da UHE Mauá e da Usina Presidente Vargas de propriedade da Klabin S.A..

Nesta região o rio é rochoso com presença de muitas lajes. As margens estão cobertas por mata ciliar bem preservada proporcionando um bom aporte de matéria orgânica para o ambiente (Figura 57).

Fevereiro 2016

Agosto 2016

Fevereiro 2016

Agosto 2016

Figura 57 - Fotos da Estação E9 localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante o período de novembro 2015 a agosto 2016. Fotos de Rosemary A. Brogim e Roger Dalcin.

Como na estação E7 boa parte do leito do rio fica descoberta quando é mantida apenas a vazão ecológica, parte do hábitat rochoso utilizado pelos invertebrados aquáticos é prejudicado nessas situações, como observado nas fotos da Figura 9 durante agosto de 2016. São observadas várias poças entre as rochas com grande quantidade de larvas de Chironomidae.

A presença da macrófita *Apinagia* sp. foi observada durante os períodos que a vazão era maior, nos demais períodos a vegetação entra em dormência e a parte vegetativa fica muito reduzida. Em fevereiro, com a maior vazão, as lajes ficaram cobertas e a água bem oxigenada (Figura 57).

3.6.1.8 Estação E10

A estação E10 localiza-se nas imediações da ponte construída sobre o reservatório, próximo da foz do rio Barra Grande (Figura 58).

A profundidade do local variou de 15 a 20 metros. O fundo era composto de areia fina com grande quantidade de vegetação ainda em decomposição. Não houve modificação das margens no último ano.

Figura 58 - Fotos da Estação E10 localizada no início do reservatório durante o monitoramento da Fase Reservatório. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim.

3.6.2 Resultados e Discussão das Estações UHE Mauá

Durante o Ciclo 2015-2016 foram realizadas quatro campanhas trimestrais com um total de 160 amostras e 4.121 animais coletados nas 8 estações.

Foram amostrados 35 táxons distribuídos entre os grupos de nemátodos, oligoquetos, moluscos, anelídeos, insetos, crustáceos e aracnídeos (Tabela 38). Os insetos dominaram, atingindo 97% da abundância na amostra. Houve diminuição do número de táxons amostrados com relação ao Ciclo 2014/2015 onde foram coletados 57 táxons. Dentre os insetos os grupos que obtiveram maior número de táxons coletados foram Diptera (7 táxons), Ephemeroptera e Trichoptera (6 táxons), Coleoptera (5 táxons) e Hemiptera (3 táxons). Os demais grupos só apresentaram um táxon.

Nas estações do reservatório E4, E6 e E10 foram amostrados apenas 106 animais. Os grupos registrados foram Oligochaeta e os dípteros Chaoborus sp., Chironominae, Orthocladinae e Tanypodinae. Em função destes resultados pode-se constatar uma comunidade de macroinvertebrados muito pobre e pouco abundante, instalada no reservatório. Contudo, não foi

possível identificar quais fatores estão regulando a composição e a distribuição dos táxons devido à complexidade das interferências no ambiente.

Segundo Flotemersch et al. (2006) ambientes de grande porte, como reservatórios, em geral estão sujeitos a um maior número de interferências do entorno e apresentam alta capacidade de assimilação, dificultando a investigação de relações causais de impactos individuais.

Nos ambientes aquáticos, as condições físicas, químicas e biológicas variam ao longo de seus eixos transversal e longitudinal, criando zonas ecológicas às quais diferentes populações biológicas estarão melhores adaptadas a se instalar.

Em reservatórios, comunidades bênticas distintas são formadas nas regiões litoral, sublitoral e profundal (gradiente transversal), na zona de transição (braços) e no corpo central (gradiente longitudinal), em função da ação de ondas, da ocorrência de macrófitas, da variabilidade e tipo de substrato, da distribuição química, da incidência de luz, da estrutura térmica da massa d'água, da flutuação de nível e da hidrodinâmica.

Tabela 38 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos amostrados nas oito estações durante o Ciclo 2015-2016 no rio Tibagi e Tributários, Paraná.

	Família	*Taxon*		*Família*	*Taxon*
Turbellaria			Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria sp.*
Nematoda			Coleoptera	Elmidae	*Heterelmis sp.*
Oligochaeta					*Hexanchorus sp.*
Gastropoda					*Hexacylloepus sp.*
	Hydrobiidae	*Potamolithus sp.*			*Macrelmis sp.*
Insecta					Larva B
Diptera	Culicidae	Culicidae	Odonata	Libellulidae	*Macrothemis sp.*
	Chaoboridae	*Chaoborus sp.*	Trichoptera	Hydrobiosidae	*Atopsyche sp.*
	Chironomidae	Chironominae		Hydropsychidae	*Smicridea sp.*
		Orthocladiinae		Hydroptilidae	*Anchitrichia sp.*
		Tanypodinae		Polycentropodidae	*Cyrnellus sp.*
	Dolicopodidae				*Polycentropus sp.*
				Leptoceridae	*Tripelctides sp.*
	Simulidae	*Simulium sp.*	Lepidoptera		
	Tipulidae		Hemiptera	Naucoridae	*Pelocoris sp.*
Ephemeroptera	Baetidae	*Camelobaetidius sp.*		Notonectiidae	*Notonecta sp.*
		Cloeodes sp.		Veliidae	*Rhagovelia sp.*
	Leptophlebiidae	*Hagenulopsis sp.*	Crustacea		
		Traveryphes sp.	Decapoda	Aeglidae	*Aegla sp.*
	Leptohyphidae	*Tricorythopsis sp.*			

Família	*Taxon*	*Família*	*Taxon*
Oligoneuriidae	*Oligoneuria sp.*	Arachnida Araneae	

Nas estações a montante do reservatório (E1, E2 e E3), foram coletados 257 animais distribuídos em 30 táxons.

Já nas estações a jusante da barragem (E7 e E9), 3.758 animais foram coletados distribuídos em 20 táxons. Deste total, 3.242 animais estão representados em apenas 6 táxons da ordem Diptera. Os efemerópteros somam 353 animais com apenas três táxons e os demais táxons (11), todos com baixas abundâncias.

3.6.2.1 Estação E1

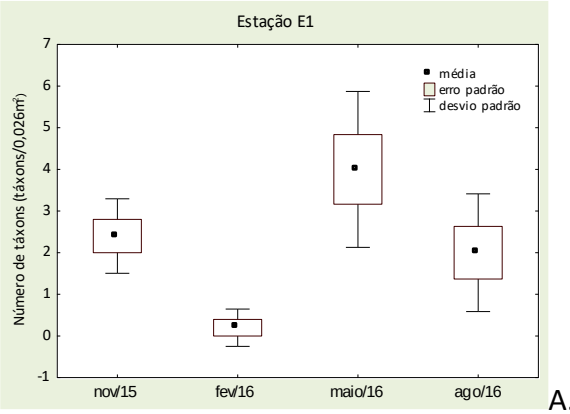
O número médio de táxons variou entre os períodos amostrados. O mês de maio/16 foi o período que apresentou maior valor médio de táxons com 4,0 ± 1,9 táxons/0,026 m^2. A menor média ocorreu em fevereiro/16, com o valor de 0,2 ± 0,4 táxons/0,026 m^2 (Figura 59 A).

Foram coletados nesta estação 138 exemplares em 18 táxons, que são os seguintes: Oligochaeta, *Potamolithus* sp., Chironominae, Tanypodinae, Tipulidae, *Simulium* sp., *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Hagenulopsis* sp., *Traveryphes* sp., *Macrelmis* sp., *Notonecta* sp., Lepidoptera, *Anacroneuria* sp., *Polycentropus* sp., *Smicridea* sp., *Aegla* sp. e Araneae.

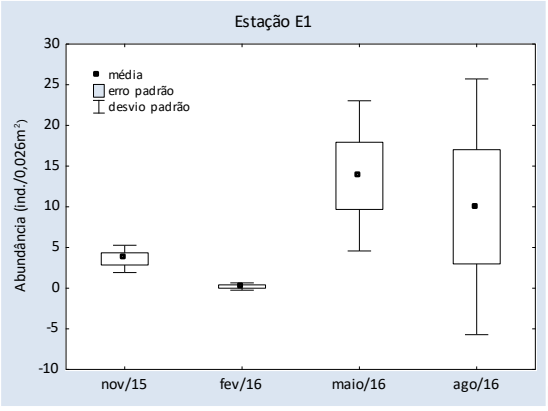
A maior abundância média foi detectada em maio/16 com 13,8 ± 9,2 ind./0,026 m^2 (Figura 59 B). Os grupos que mais contribuíram com este valor foram os oligoquetos e dípteros, com as maiores abundâncias totais e relativas (Figura 60 A e Figura 14 B).

Os táxons Oligochaeta, Chironominae e *Simulium* sp. foram responsáveis por 81% da abundância da amostra.

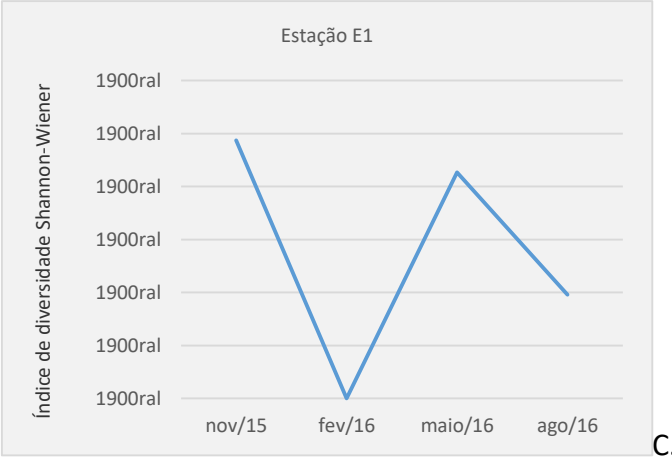
O índice de diversidade de Shannon-Wiener variou de 0 em fevereiro/16 a 2,4 em novembro/15 (Figura 59 C).



A.



B.

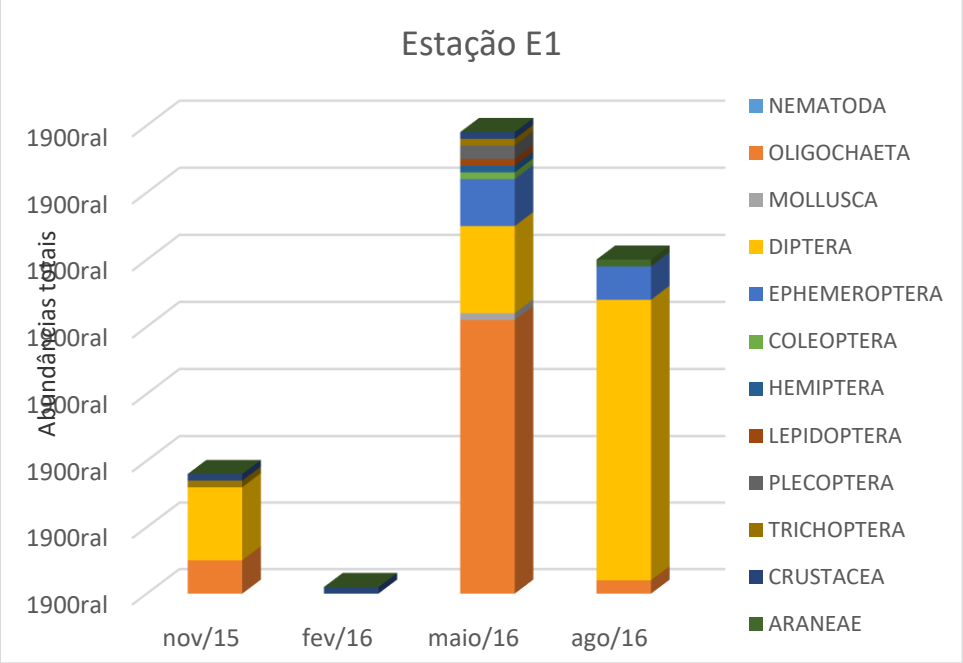


C.

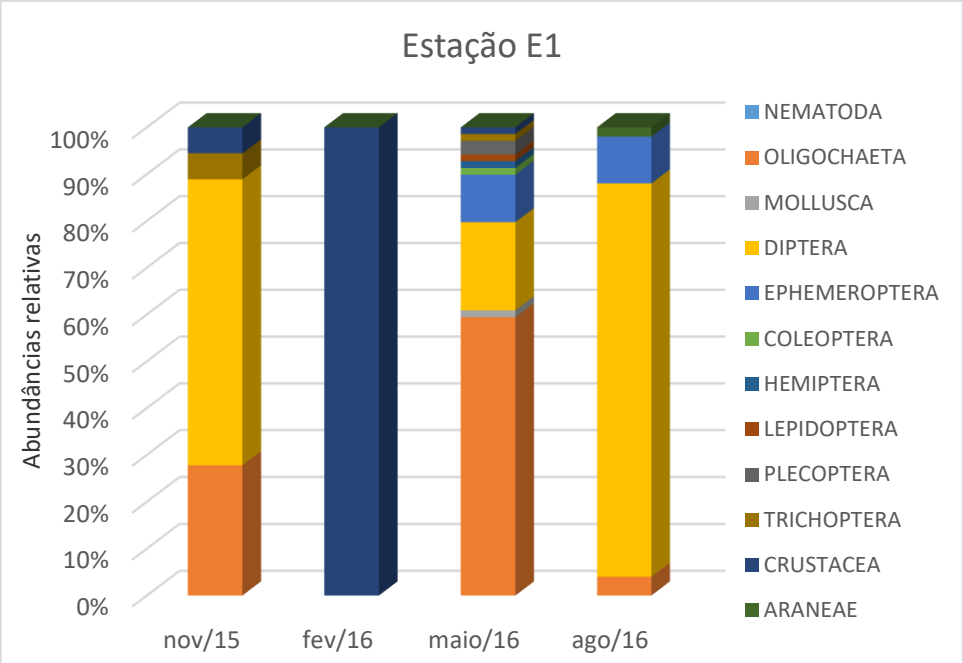
Figura 59 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E1 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

Tanto os valores de número de táxons como as abundâncias médias no Ciclo 2015/2016 foram menores do que os registrados durante o Ciclo 2014/2015. Os grupos mais abundantes neste ciclo também constavam na lista dos mais abundantes no ano anterior. O índice de diversidade apresentou o mesmo padrão ao longo dos dois ciclos amostrados.

Corbicula fluminea não foi registrada durante este ciclo de coletas.



A.



B.

Figura 60 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E1 durante o Ciclo 2015-2016 da UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

A atividade de mineração, já citada para esta localidade, continuou sendo executada ao longo do período amostrado. Contudo, verificou-se que a estação E1 foi a estação que apresentou maior número de táxons. Embora a atividade de mineração esteja provocando impacto atuando nas

margens e, no leito do rio que apresenta bancos de areia, a comunidade de macroinvertebrados associada às rochas permanece frequente em função da disponibilidade de abrigo e alimento e da relativa qualidade de água local. Foram amostrados nesta localidade efemerópteros, tricópteros e crustáceos que não toleram águas poluídas.

3.6.2.2 Estação E2

O número de táxons na estação E2 foi mais baixo quando comparado com o da estação referência, E1. O maior valor registrado foi em maio/16 com 3,4 ± 2,2 táxons/0,026 m^2 e 0,4 ± 0,5 táxons/0,026 m^2 em agosto/16, o menor (Figura 61 A).

Oligochaeta, Nematoda, *Potamolithus* sp., Chironominae, *Simulium* sp., *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Hagenulopsis* sp., *Oligoneuria* sp., *Traveryphes* sp., *Tricorythopsis* sp., *Heterelmis* sp., *Hexacylloepus* sp., *Hexanchorus* sp., *Cyrnellus* sp., e *Smicridea* sp. foram os táxons registrados em E2.

A amostra foi composta de 61 animais coletados nos quatro períodos. Apenas cinco táxons Oligochaeta, *Simulim* sp., *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp. e *Traveryphes* sp. apresentaram 75% da abundância total.

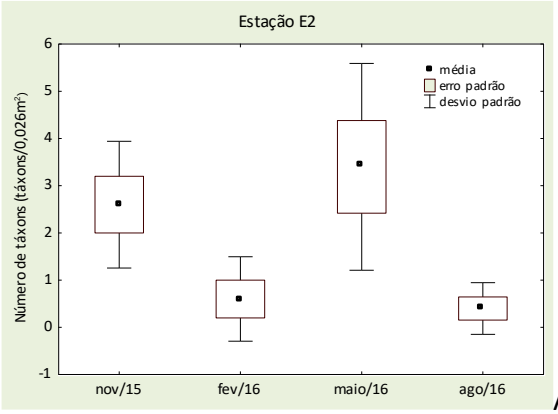
A abundância variou de 0,6 ± 0,9 ind./0,026 m^2 em maio a 7,0 ± 4,9 ind./0,026 m^2 (Figura 61 B). Os grupos com maior frequência e mais abundantes foram os efemerópteros, dípteros e oligoquetos (Figura 62 A e Figura 16 B).

O índice de diversidade variou de 0,9 em fevereiro/16 a 2,4 em maio/16 (Figura 61 C).

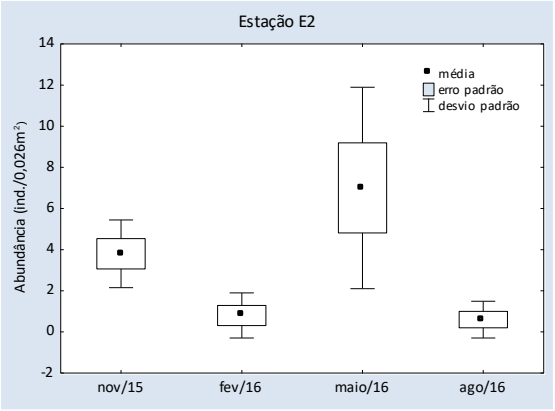
Nesta estação além de *Cloedes* sp., sempre frequente nesta estação, outros cinco gêneros de efemerópteros foram registrados. Este comportamento mostra que estes gêneros possuem grande amplitude de distribuição da mesma forma que *Cloedes* sp. Domínguez et al. (2006), relatam que *Cloeodes* habita uma ampla diversidade de habitats, podendo ser encontradas em riachos bem oxigenados tão bem quanto em locais pobremente oxigenados. Além disso, estes gêneros podem estar se favorecendo de um ambiente frequentemente alterado pelo assoreamento das margens.

O valor do número de táxons foi muito semelhante ao do ano anterior de monitoramento e abundâncias médias mais baixas.

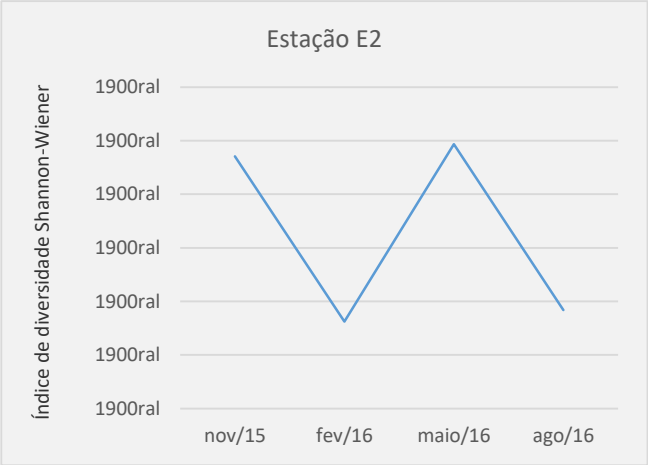
Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.



A.

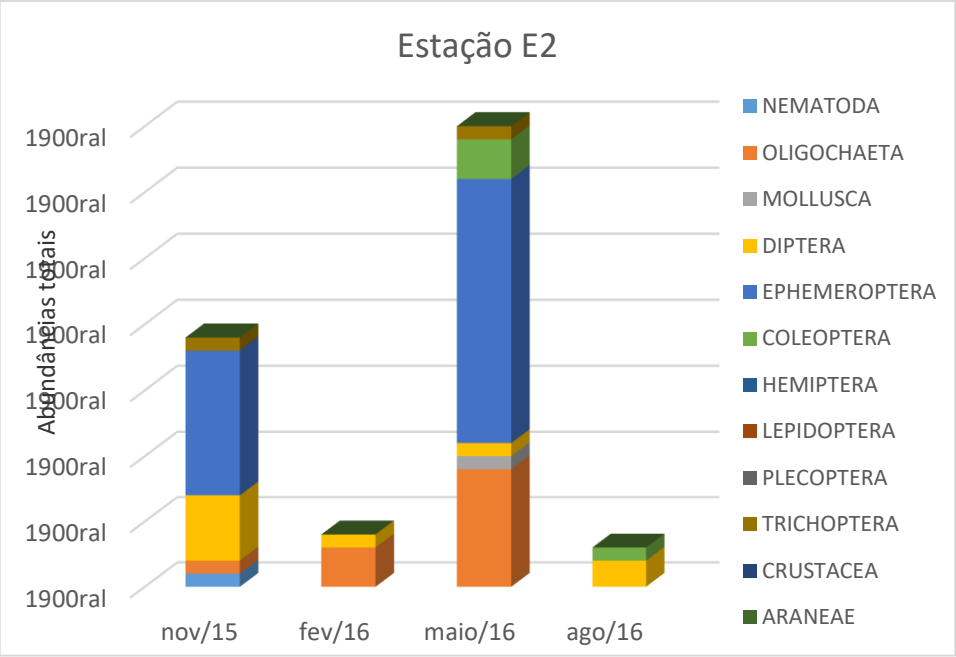


B.

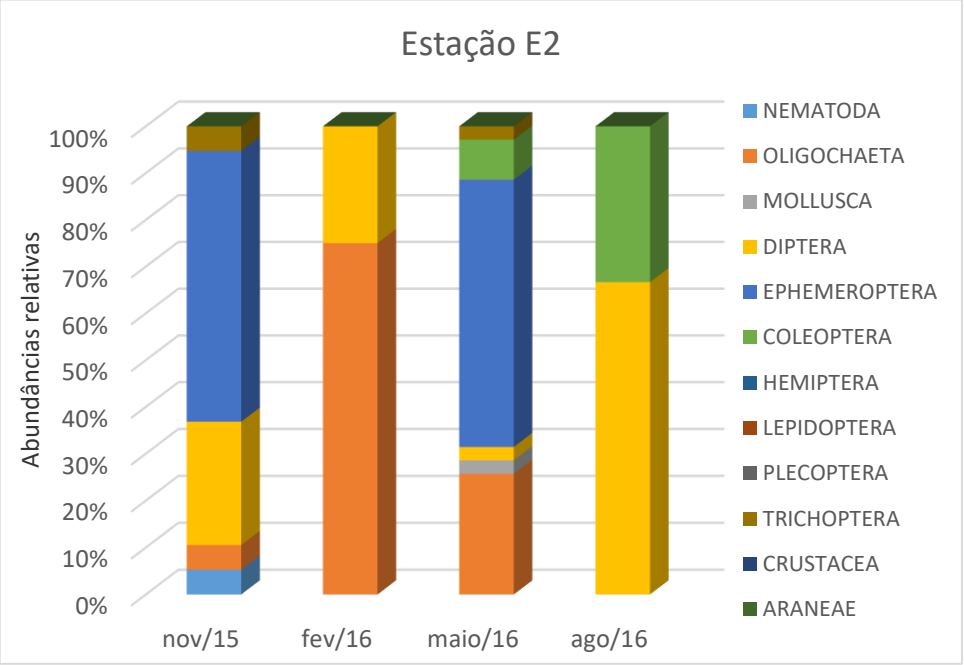


C.

Figura 61 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade na Estação E2 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.



A.



B.

Figura 62 - A. Abundâncias totais. B. Abundâncias relativas na Estação E2 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.3 Estação E3

Na estação E3 foram coletados apenas 58 animais em 10 táxons nos quatro períodos amostrados.

A média do número de táxons não ultrapassou de 2,2 táxons/0,026 m^2 (Figura 63 A).

Os táxons coletados nesta estação foram: Oligochaeta, *Chaoborus* sp., Chironominae, Tanypodinae, *Simulium* sp., Larva B, *Rhagovelia* sp., *Pelocoris* sp., Lepidoptera, e *Triplectides* sp..

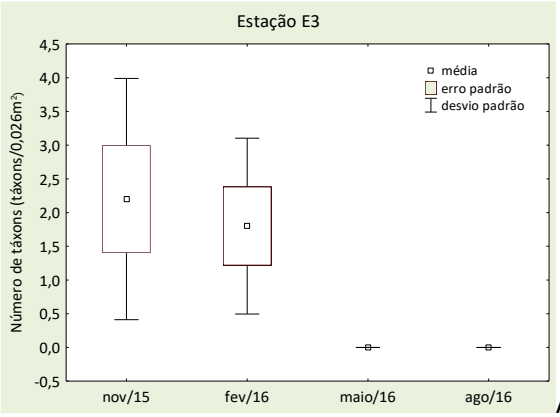
Olygochaeta e *Rhagovelia* sp. foram responsáveis por 79% da abundância total.

Os períodos com maiores abundâncias médias foram novembro/15 e fevereiro/16 com 7,6 ± 7,8 e 4,0 ± 2,8 ind./0,026 m^2, respectivamente (Figura 63 B).

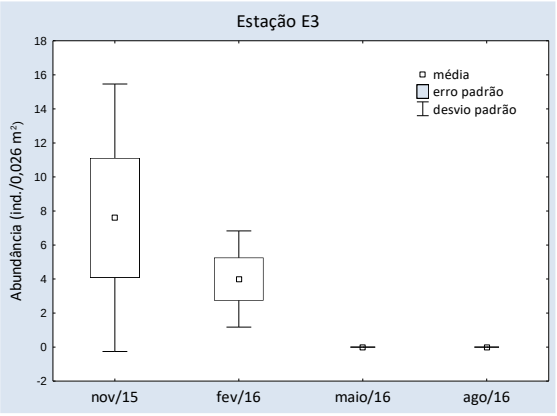
Oligochaeta, Diptera, e Hemiptera foram os grupos que mais contribuíram com as abundâncias total e relativa em novembro/15 e Diptera e Oligochaeta em fevereiro/16 (Figura 64 A e Figura 18 B).

A diversidade variou de 0 em maio/16 e agosto/16 a 1,9 em novembro/15 (Figura 63 C).

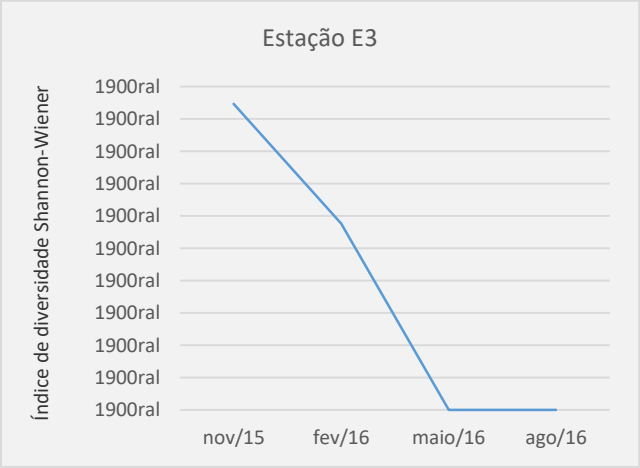
Comparando com o Ciclo 2014/2015 houve um decréscimo nas abundâncias médias e no número médio de táxons.



A.

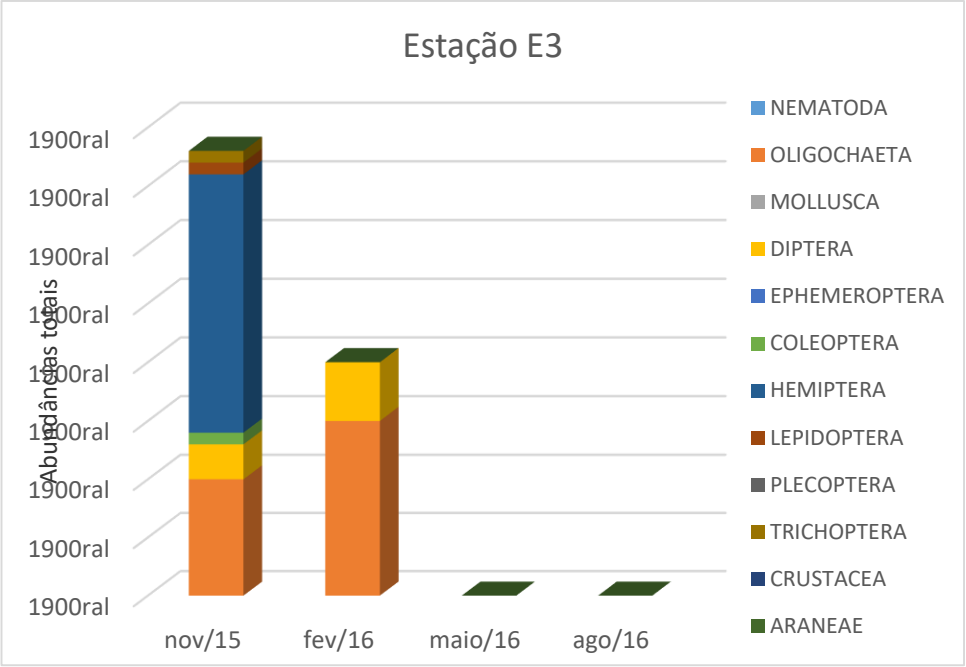


B.

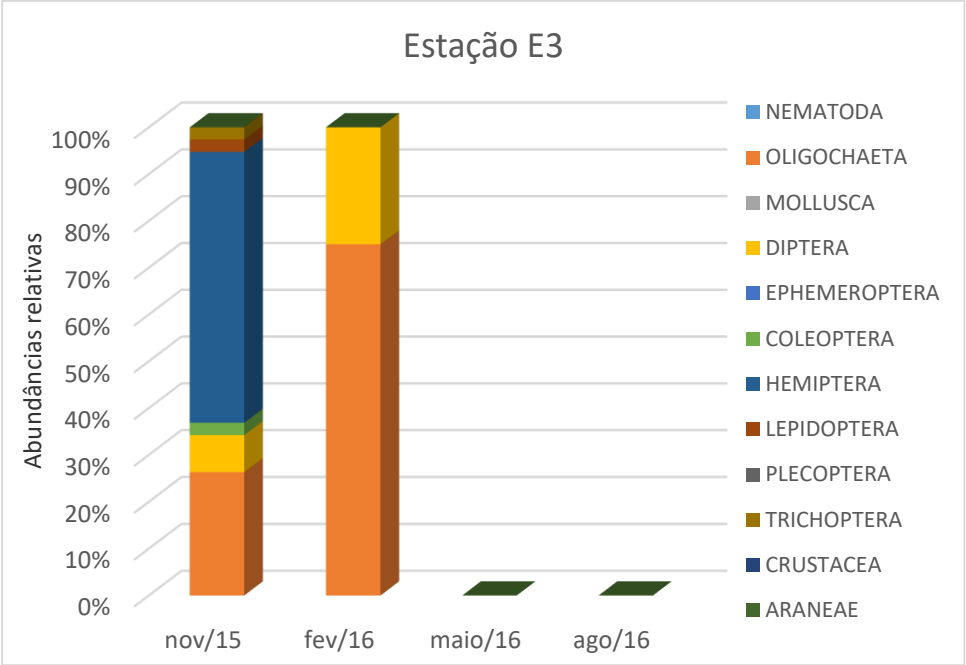


C.

Figura 63 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E3 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.



A.



B.

Figura 64 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E3 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.4 Estação E4

Na E4 foram coletados 50 exemplares nos quatro períodos.

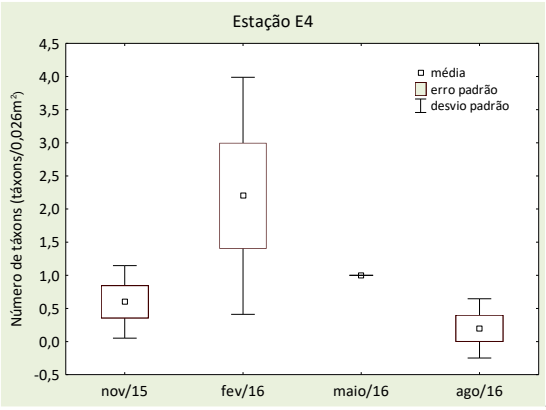
Apenas 6 táxons foram registrados nesta estação, Oligochaeta, *Chaoborus* sp., Chironominae, Orthocladiinae, Tanypodinae e *Polycentropus* sp.. O número de táxons foi muito baixo para esta estação atingindo somente 2,2 ± 1,8 táxons/0,026 m^2 em novembro/15 (Figura 65 A). Em agosto/16 foi o período com menor número de táxons.

A abundância média variou de 0,2 ± 0,4 ind./0,026m^2 em agosto/16 a 5,8 ± 6,7 ind./0,026m^2 em fevereiro/16 (Figura 19 B). Diptera foi o grupo que mais contribuiu para as abundâncias totais e relativa atingindo 64% da amostra (Figura 66 A e Figura 20 B).

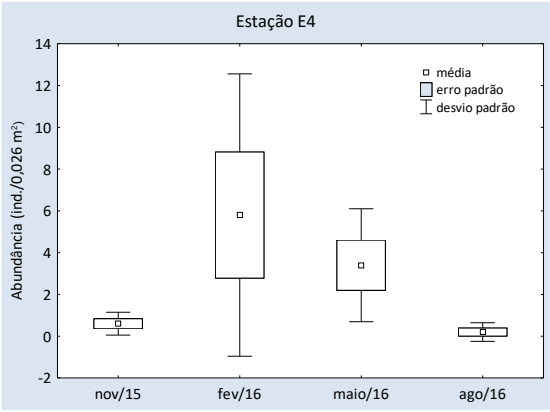
A maior diversidade foi registrada em fevereiro/16 com o valor de 2,1 (Figura 65 C).

O táxon com maior abundância na amostra foi Tanypodinae.

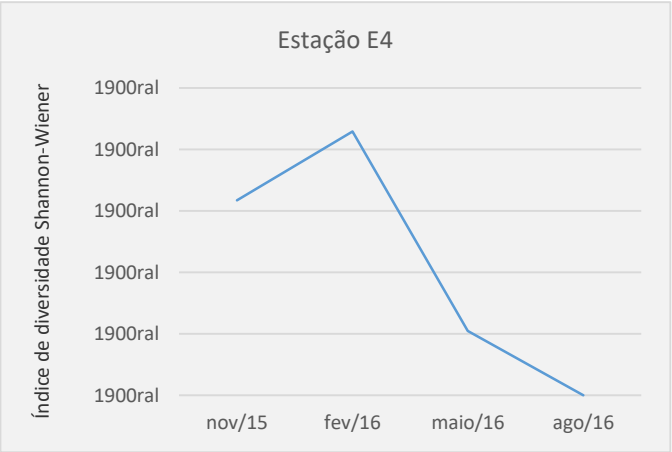
Os resultados do número de táxons foram muito semelhantes aos do ciclo anterior e as abundâncias médias foram inferiores em todos os períodos amostrados.



A.

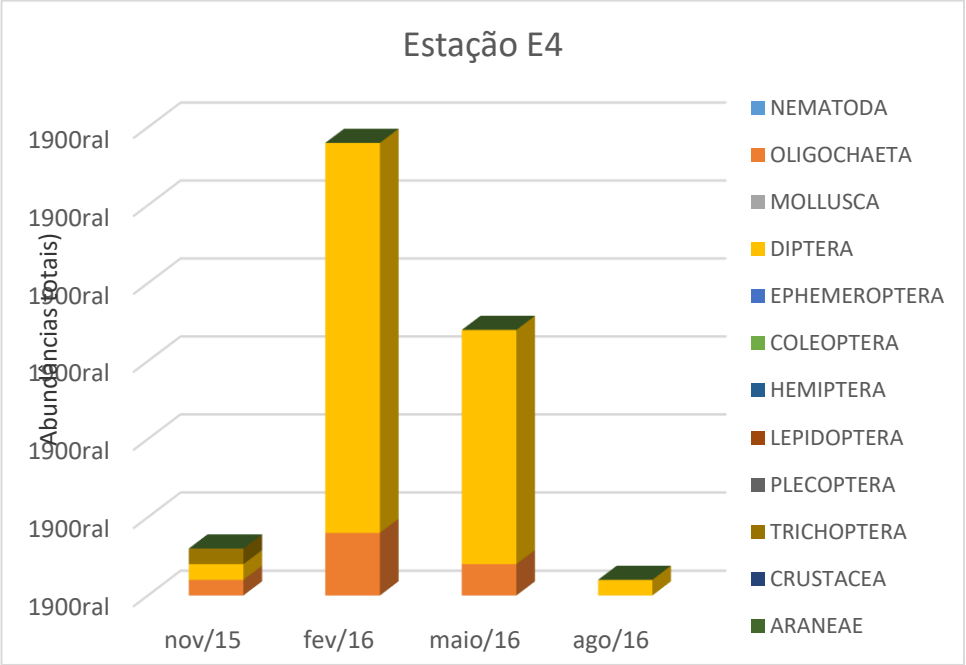


B.

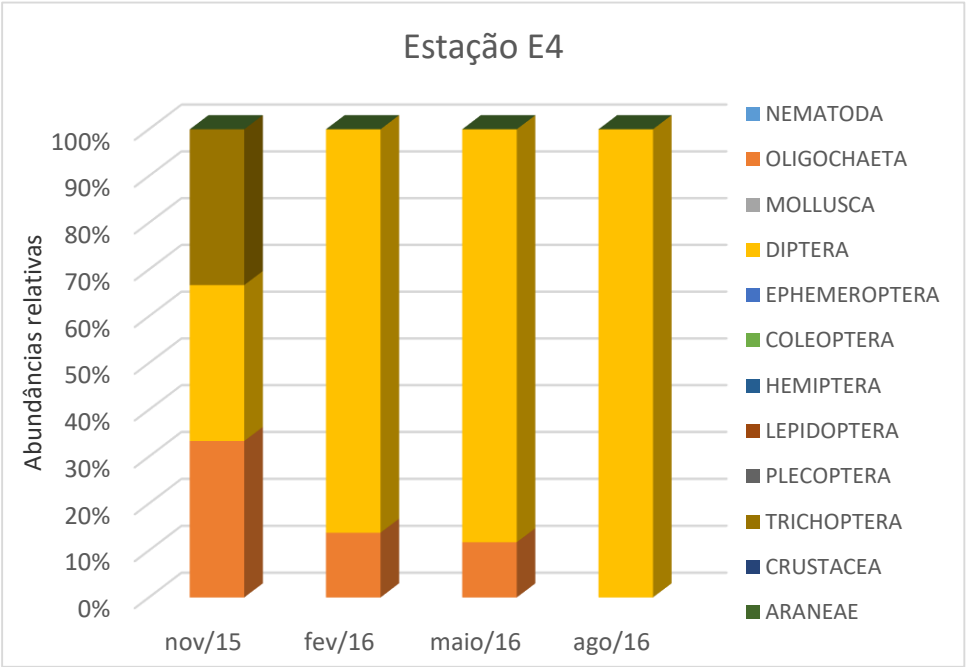


C.

Figura 65 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E4 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.



A.



B.

Figura 66 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E4 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.5 Estação E6

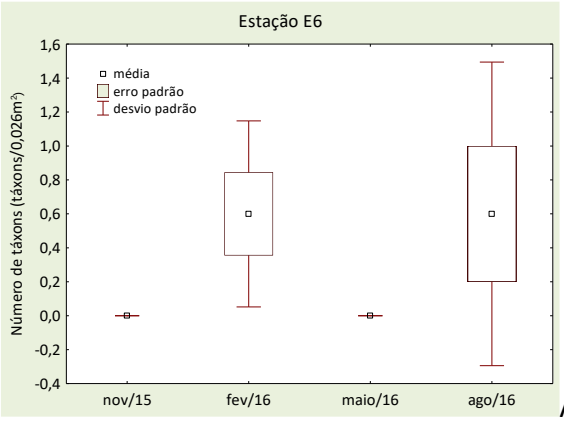
Nesta estação foram coletados apenas 8 animais e 3 táxons durante o Ciclo 2015/2016.

O número de táxons na estação E6 foi o mais baixo de todas as estações amostradas. A variação foi de 0 em novembro/15 e maio/16 a 0,6 táxons/0,026 m^2 em fevereiro/16 e agosto/16 (Figura 67 A).

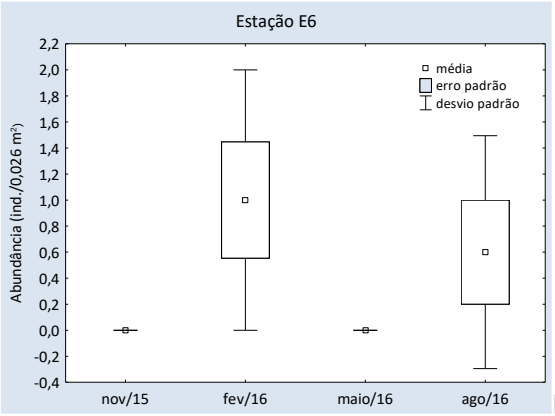
Apenas os táxons Oligochaeta, Chironominae e *Chaoborus* sp. estiveram presentes nesta estação. Dos animais coletados 5 foram do Diptera *Chaoborus* sp., 2 Oligochaeta e 1 Chironominae (Figura 22 A e Figura 22 B).

A maior abundância média foi verificada em fevereiro/16 com 1,0 ± 1,0 ind./0,026 m^2. O índice de diversidade variou de 0 a 0,91 (Figura 67 B e Figura 21 C).

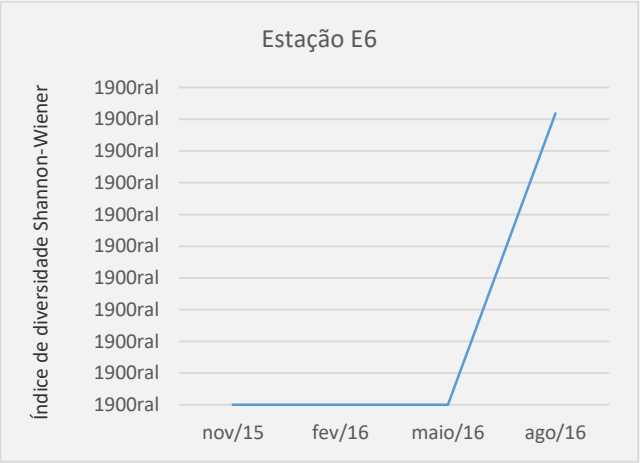
Tanto o número de táxons como as abundâncias médias foram menores que do ciclo anterior.



A.

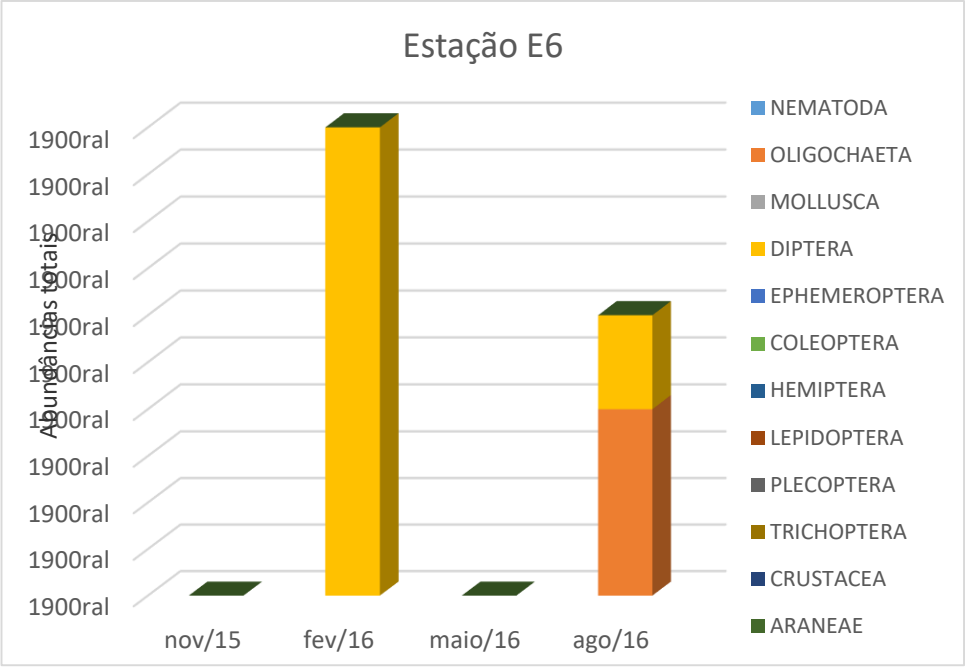


B.

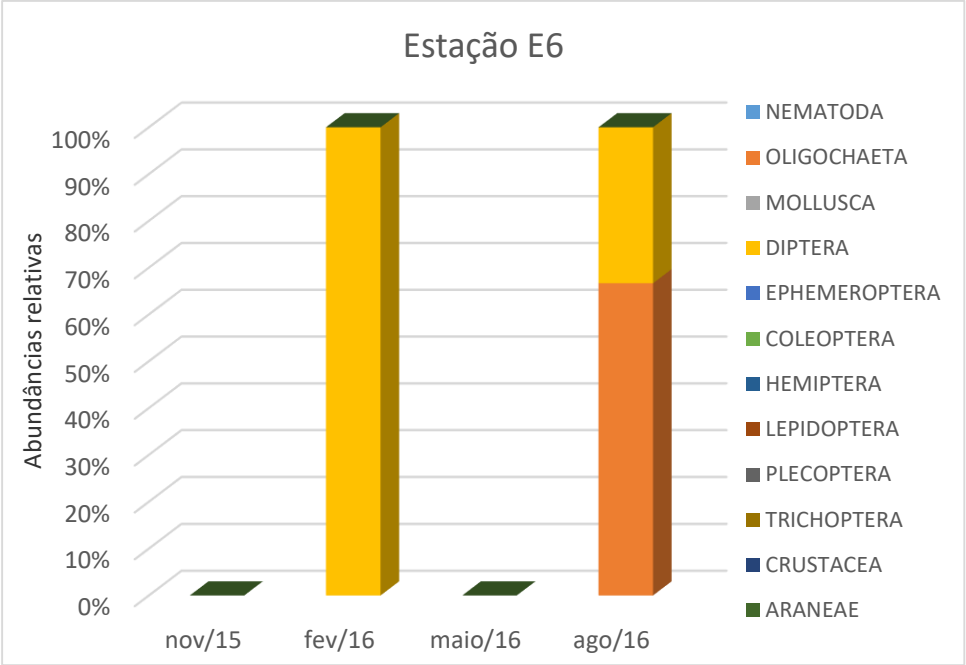


C.

Figura 67 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E6 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.



A.



B.

Figura 68 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas na Estação E6 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.6 Estação E7

Na estação E7 foram coletados 881 animais distribuídos em 11 táxons, que são: Oligochaeta, *Potamolithus* sp., Chironominae, Tanypodinae, *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Heterelmis* sp., *Rhagovelia* sp., *Macrothemis* sp., *Atopsyche* sp. e *Smicridea* sp..

O menor número de táxons foi de 0,6 ± 0,9 táxons/0,026 m^2 em novembro/15 e o maior de 1,6 ± 1,1 táxons/0,026 m^2 em maio/16 (Figura 69 A).

A maior abundância média foi registrada em agosto/16 com 170,2 ± 64,1 ind./0,026 m^2 e a menor em fevereiro/16, com 0,8 ± 1,1 ind./ 0,026 m^2 (Figura 69 B).

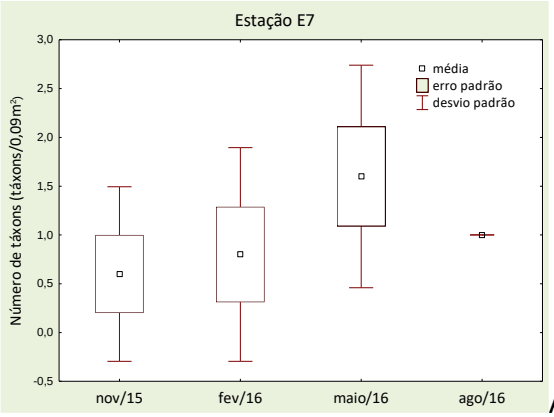
Nesta fase do acompanhamento biológico o número de táxons foi menor e as abundâncias foram maiores quando comparadas com o ano anterior do monitoramento. Entretanto, os valores para os mesmos períodos no ano foram inversos tanto para o número de táxons como para as abundâncias médias.

O grupo que contribuiu com a maior abundância foi o díptero Chironominae, durante agosto/16 (Figura 70 A e Figura 24 B).

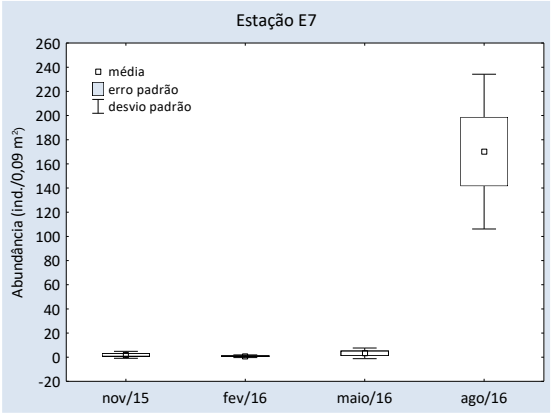
A maior diversidade foi registrada em maio/16 com o valor de 1,9 (Figura 69 C).

A maior abundância de Chironomidae nesta estação e na E9 se deve à localização a jusante das barragens de UHE Mauá e PCH Presidente Vargas. Durante vários períodos do ano ocorre a diminuição da vazão da água do leito do rio. Em função deste procedimento, muita água fica represada entre as rochas, formando poças, que se transformam em locais propícios para a deposição de ovos de Chironomidae. Esses animais se beneficiam das poças, já que toleram ambientes com baixos teores de oxigênio. Além disto, a localidade apresenta boa quantidade de detritos de origem autóctone e também as poças proporcionam o crescimento de algas filamentosas que são os principais itens alimentares deste grupo.

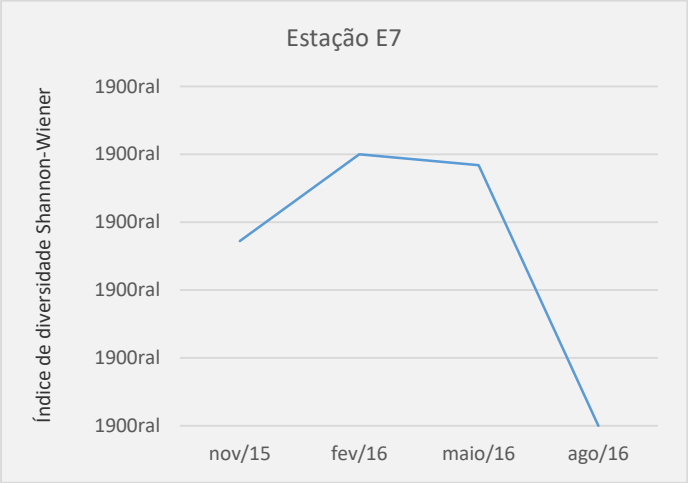
Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.



A.



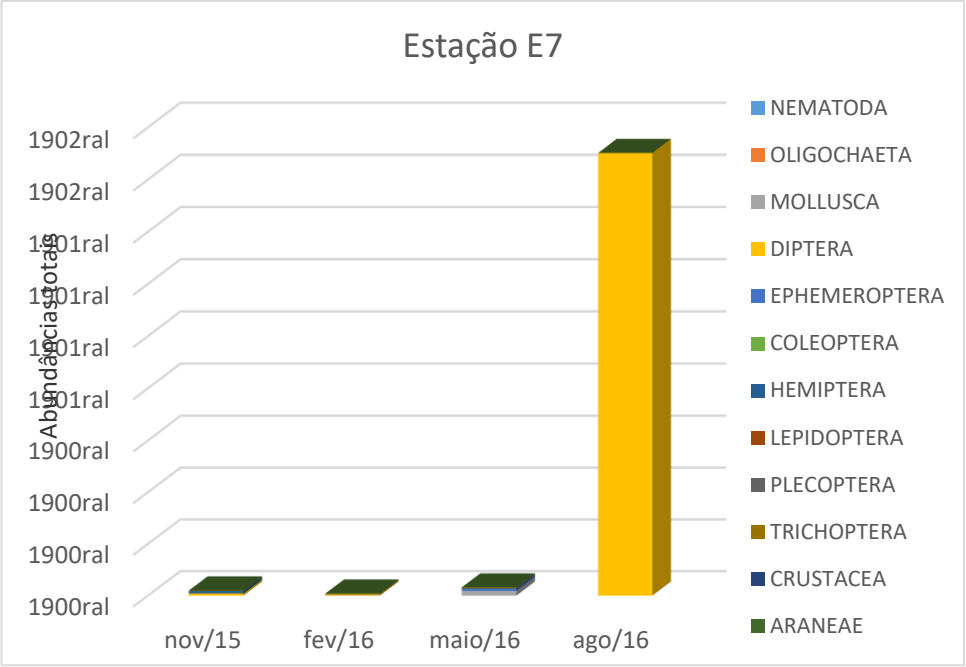
B.



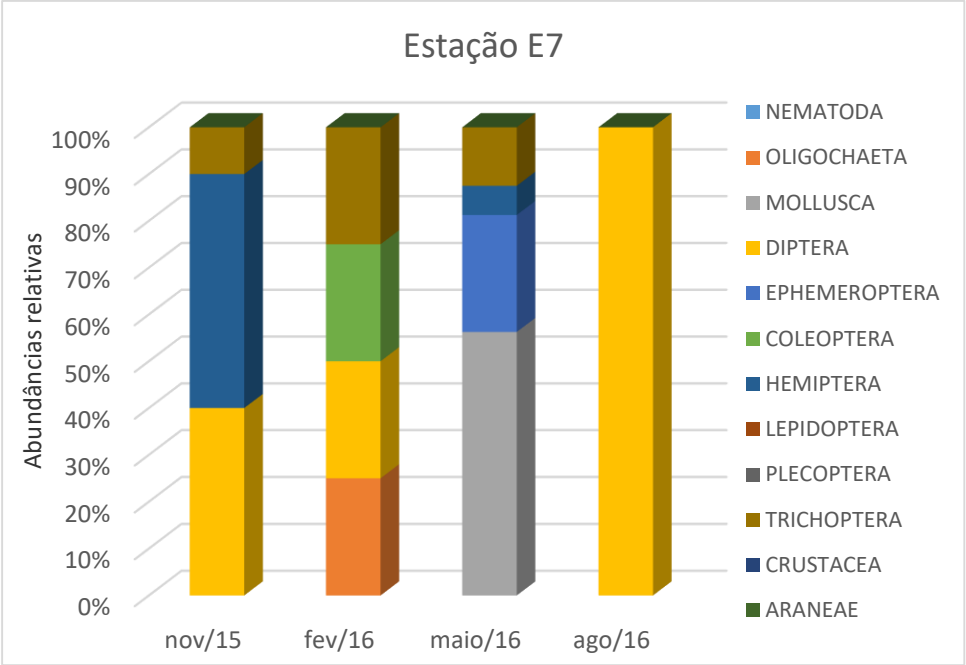
C.

Figura 69 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão do Número de Taxa e Abundância e do Índice de Diversidade da Estação E7 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

A família Chironomidae tem um importante papel nas cadeias tróficas das comunidades aquáticas, representando o maior elo entre produtores e consumidores secundários (Tokeshi, 1995). Segundo Cummins e Klug (1979), a maior parte dos imaturos de Chironomidae são onívoros oportunistas, que ingerem uma variedade de itens alimentares, entre os quais se destacam algas, detritos e microrganismos associados, macrófitas, detritos vegetais e alguns invertebrados. Os Chironominae foram classificados por Silva et al. (2008) como coletores, se alimentando praticamente de detritos encontrados no ambiente.



A.



B.

Figura 70 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E7 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.7 Estação E9

O número de táxons nesta estação foi baixo. Foi verificado diferença significativa entre os períodos amostrados. O período com o maior valor foi de maio/16 que registrou 7,8 ± 0,4 táxons/0,026 m^2 (Figura 71 A).

Um total de 13 táxons foi registrado para esta estação com 2.877 animais coletados. Os táxons registrados foram Chironominae, Dolicopodidae, Orthocladiinae, Tipulidae, *Simulium* sp., *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Traveryphes* sp., *Hexanchorus* sp., Lepidoptera, *Anchitrichia* sp., *Triplectides* sp. e *Smicridea* sp.

Os táxons mais abundantes foram Orthocladiinae, Chironominae, Tipulidae e *Camelobaetidius* sp. que somaram 93% da amostra.

Diptera foi o grupo mais frequente e abundante seguido de Ephemeroptera em maio/16 nos quatro períodos amostrados (Figura 72 A e Figura 26 B).

As abundâncias variaram de 28,20 ± 36,82 a 301,4 ± 308,93 ind./0,026 m^2 (Figura 71 B). A maior abundância dentre os táxons foi de Chironominae com o maior número de indivíduos em agosto/16.

Nesta estação além de Chironominae, já citado anteriormente na E7 com as maiores abundâncias, os táxons Orthocladinae e Tipulidae, que também são mosquitos, foram muito abundantes.

A maior diversidade foi em fevereiro com o valor de 2,6 (Figura 71 C).

Em comparação com o Ciclo 2014/2015 houve uma redução no número de táxons e um aumento nas abundâncias dos táxons de mosquitos.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

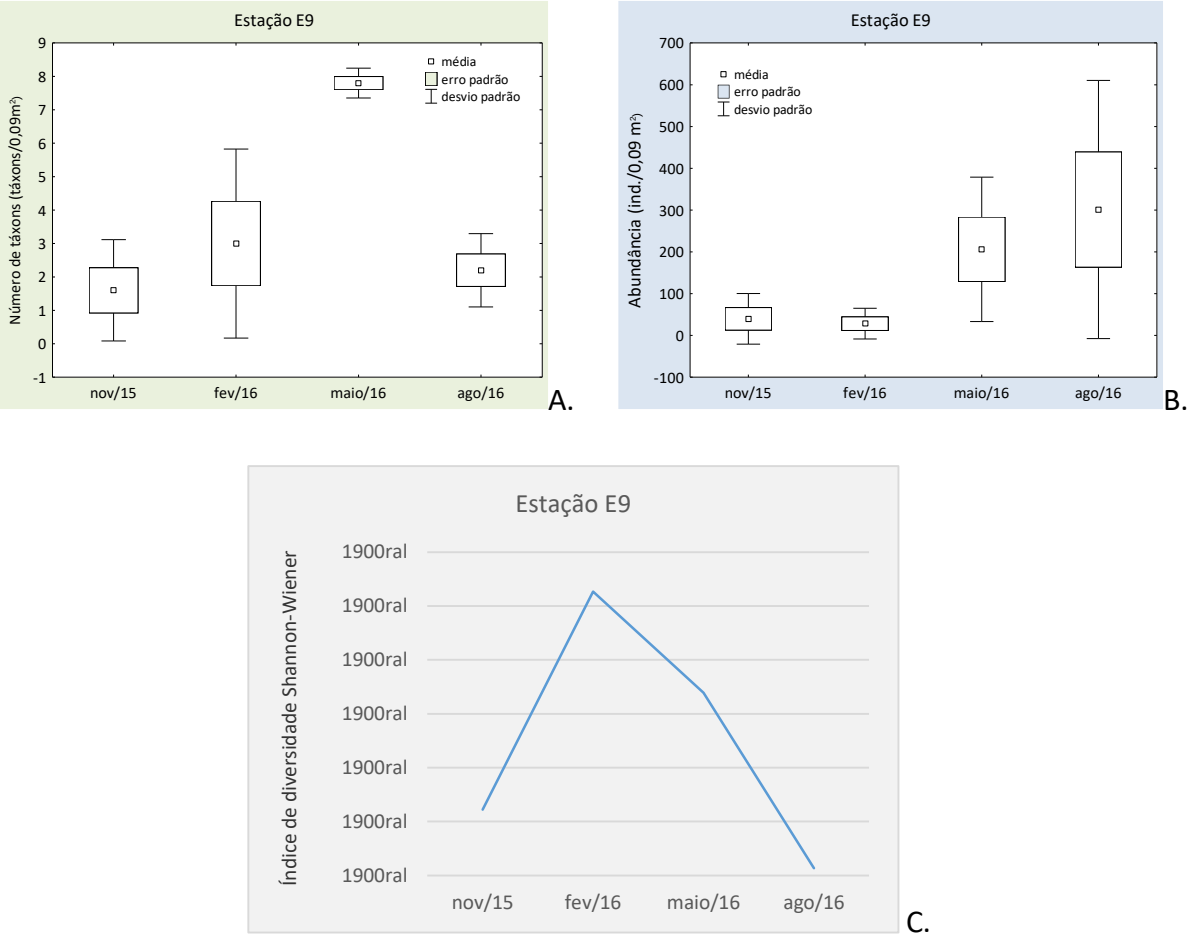
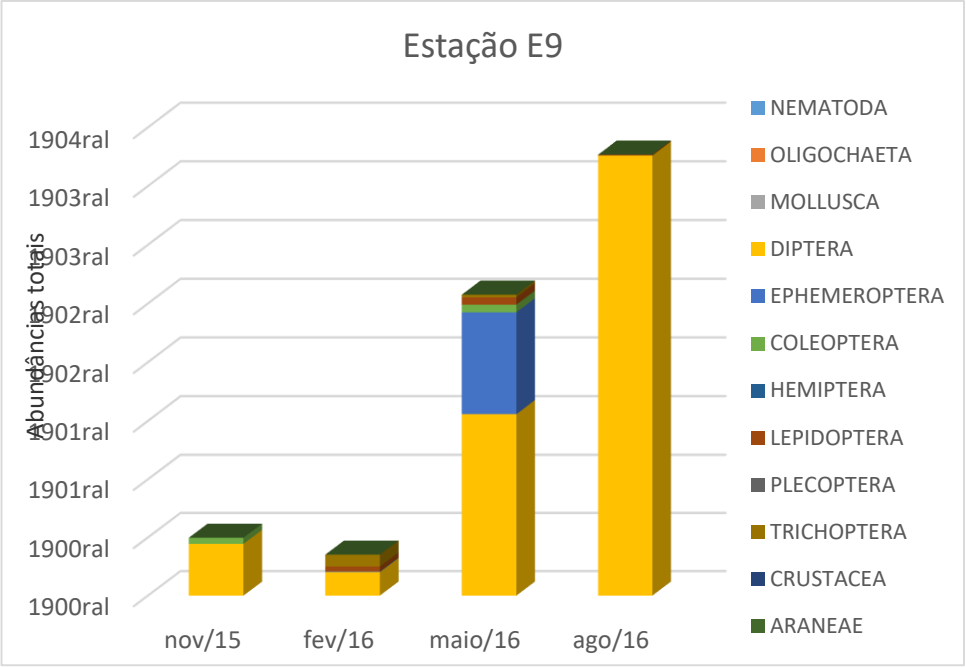
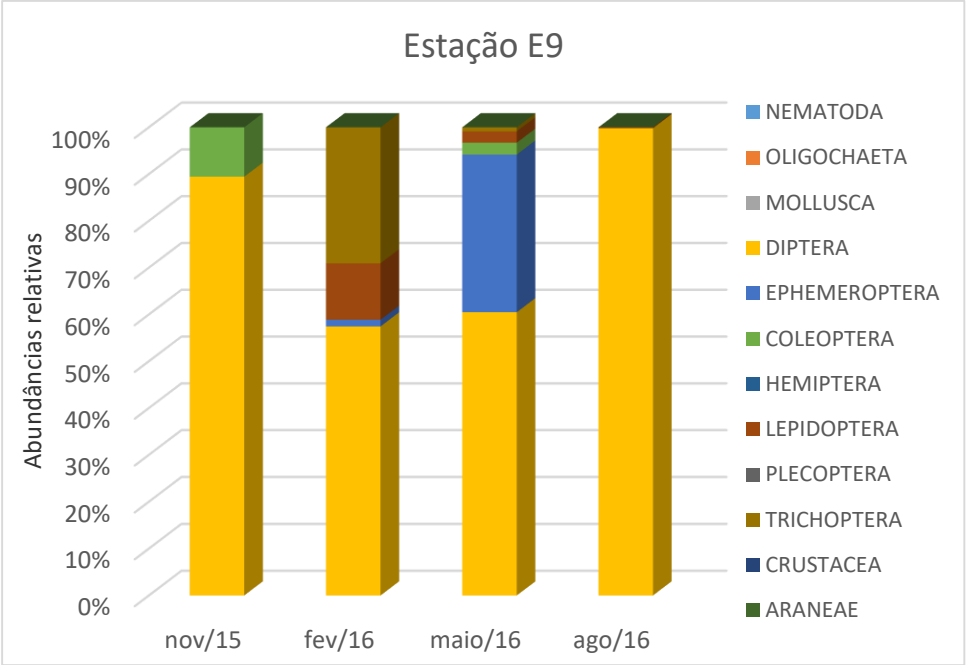


Figura 71 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E9 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.



A.



B.

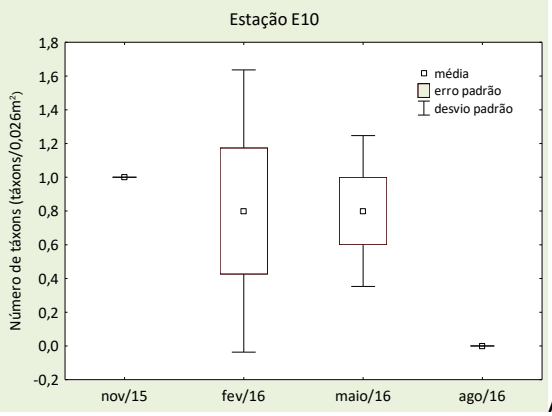
Figura 72 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E9 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.2.8 Estação E10

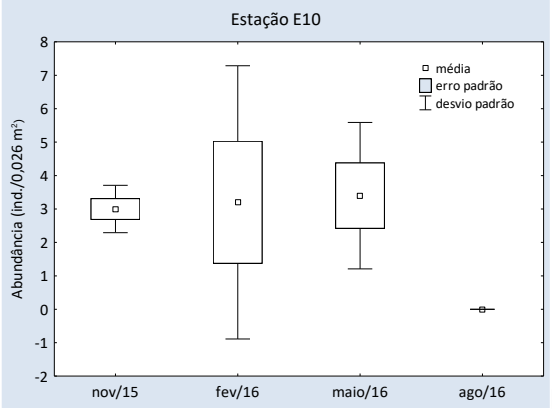
Em agosto/16 nenhum animal foi coletado e nos demais períodos não ultrapassou o valor de dois táxons nesta estação (Figura 73 A).

Foram coletados nesta estação durante o ano de monitoramento 48 exemplares em apenas 3 táxons que são: Oligochaeta, *Chaoborus sp.* e Tanypodinae.

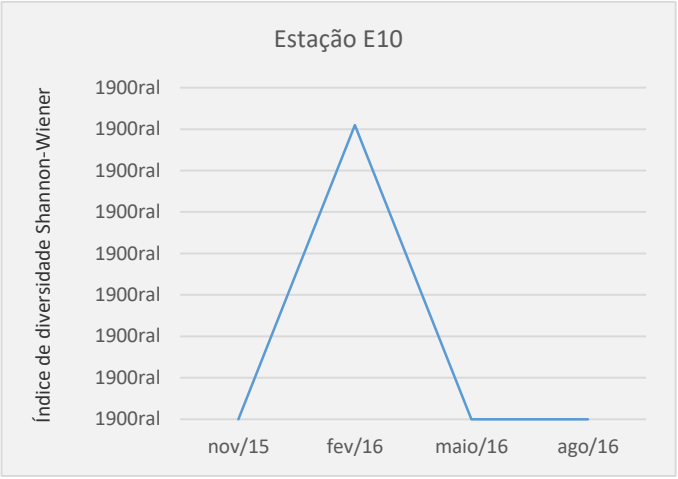
A maior abundância média foi observada em fevereiro/16 com 3,2 ± 4,1 ind./0,026 m^2 (Figura 73 B, Figura 59). O grupo que mais contribuiu foi o díptero *Chaoborus* sp. com quase a abundância total da amostra, 41 exemplares (Figura 74 A e Figura 28 B).



A.



B.

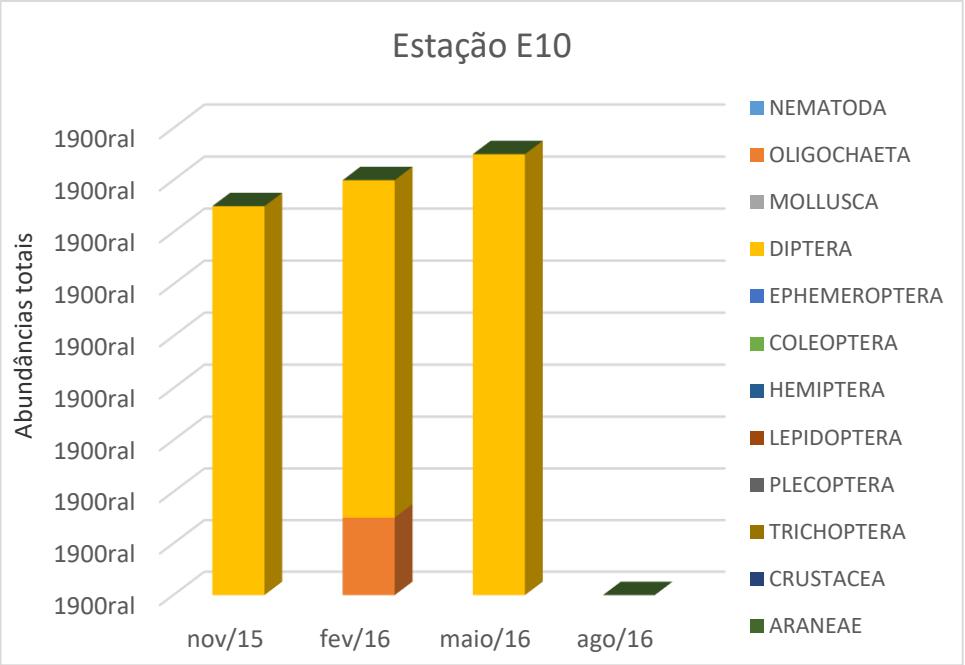


C.

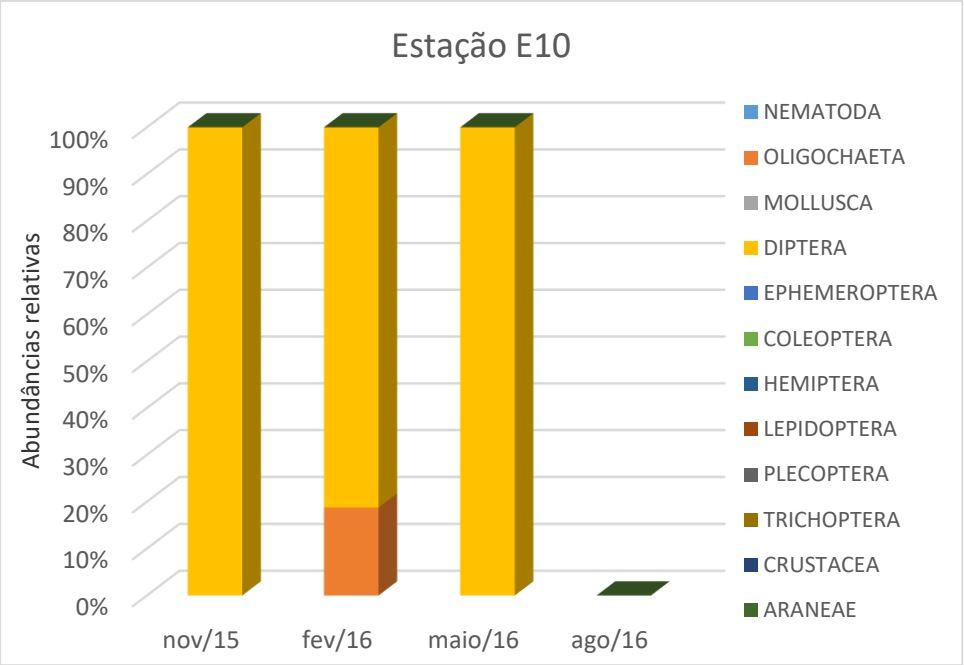
Figura 73 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação E10 durante Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener variou de 0 nos períodos novembro/15, maio/16 e agosto/16 a 1,4 em fevereiro/16 (Figura 73 C).

Houve uma pequena redução no número de táxons e uma boa diminuição nas abundâncias quando comparados com o ciclo anterior.



A.



B.

Figura 74 - A. Abundâncias totais B. Abundâncias relativas na Estação E10 durante o Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

3.6.3 Avaliação da ocorrência de Limnoperna fortunei (macroinvertebrado invasor)

Entre novembro de 2015 e agosto de 2016 foram realizadas quatro coletas trimestrais de plâncton para análise da possível presença de larvas de mexilhão dourado (*L. fortunei*) na área de

influência da UHE Mauá. Foram amostrados os pontos "A jusante da Klabin" (E2) e "Próximo ao eixo da barragem" (E6) respectivamente nos dias 09 e 11 de novembro de 2015, 15 e 17 de fevereiro, 16 e 18 de maio e 08 e 10 de agosto de 2016 (Tabela 39).

As amostras coletadas nas duas estações de amostragem nos meses de novembro de 2015 e fevereiro de 2016 apresentaram resultado negativo na análise morfológica, ou seja, não foram encontradas larvas de mexilhão dourado em nenhuma das amostras. Na análise molecular as amostras não tiveram o DNA amplificado, apresentando resultado inconclusivo (Tabela 39), o grande volume de sedimento e matéria orgânica pode causar ausência de amplificação do DNA e consequente resultados inconclusivos. Diante da ausência de larvas de molusco na análise morfológica, entretanto, o resultado pode ser considerado negativo, levando-se em conta a menor sensibilidade da análise morfológica.

As amostras coletadas nas duas estações de amostragem em maio de 2016 e agosto de 2016 apresentaram resultado negativo tanto na análise morfológica quanto na molecular (Tabela 39), ou seja, não foram encontradas larvas e nem o DNA do mexilhão dourado em nenhuma das amostras coletadas nessas campanhas.

Entre novembro de 2015 e agosto de 2016, portanto, todas as amostras analisadas apresentaram resultados negativos para a presença de larvas de mexilhão dourado. Entretanto em reservatórios as larvas do mexilhão não se encontram uniformemente distribuídas, as larvas são livres e podem alterar a posição no corpo d' água. Os resultados negativos, portanto, não eliminam a possibilidade da existência de larvas em outras partes do reservatório ou em períodos em que não foram realizadas amostragem.

Tabela 39 - Resultados de análises da possível presença de larvas de mexilhão dourado nas amostras coletadas ao longo do último ano do monitoramento.

Data	*Ponto*	*Resultado morfológico*	*Resultado molecular*
09/11/2015	*Jusante Klabin (E2)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Inconclusivo* - DNA não amplificado*
11/11/2015	*Próximo ao eixo da barragem (E6)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Inconclusivo* - DNA não amplificado*
15/02/2016	*Jusante Klabin (E2)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Inconclusivo* - DNA não amplificado*
17/02/2016	*Próximo ao eixo da barragem (E6)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Inconclusivo* - DNA não amplificado*

Data	*Ponto*	*Resultado morfológico*	*Resultado molecular*
16/05/2016	*Jusante Klabin (E2)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Negativo - DNA de L. fortunei ausente*
18/05/2016	*Próximo ao eixo da barragem (E6)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Negativo - DNA de L. fortunei ausente*
08/08/2016	*Jusante Klabin (E2)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Negativo - DNA de L. fortunei ausente*
10/08/2016	*Próximo ao eixo da barragem (E6)*	*Negativo - Larvas ausentes*	*Negativo - DNA de L. fortunei ausente*

3.6.3.1 Diagnóstico

Embora entre novembro de 2015 e agosto de 2016 todas as análises tenham apresentado resultado negativo para a presença de larvas de mexilhão dourado no reservatório da UHE Mauá, no monitoramento realizado no ano anterior (entre novembro de 2014 e agosto de 2015) foi detectada a presença do DNA do mexilhão dourado em uma das amostras (LACTEC, 2015). Além disso, estudos anteriores (LACTEC, 2013) indicam uma possibilidade real de invasão do mexilhão dourado no reservatório da UHE Mauá. A ausência de resultados positivos no último ano do monitoramento pode sinalizar, entre outros, uma tentativa de invasão na qual a espécie não foi bem-sucedida. Mesmo diante do insucesso, entretanto, cuidados adicionais devem ser tomados para evitar uma nova introdução da espécie, tendo em vista que a ocorrência de uma invasão, mesmo que malsucedida indica que os vetores necessários para a invasão estão presentes na área e que novas invasões podem vir a ocorrer.

Os resultados podem ainda indicar que após a invasão a população de mexilhão dourado está restrita a pequenos grupos sem expressão suficiente para serem detectados nas análises realizadas. Se presentes, esses grupos podem aumentar de densidade rapidamente em condições adequadas, vindo a prejudicar a usina.

Além disso, o rio Paranapanema, onde o rio Tibagi desagua apresenta grandes densidades de mexilhão dourado, diante da proximidade do leito do rio Tibagi com áreas já invadidas o risco de invasões da espécie é eminente. Além dos resultados positivos encontrados em monitoramentos anteriores (LACTEC, 2013) existe ainda um registro de larvas da espécie no município Primeiro de Maio, próximo à foz do rio Tibagi (PESTANA et al., 2010).

3.7 Macrófitas Aquáticas

Durante o período de monitoramento, entre os anos de 2015 e 2016, foram encontradas 23 espécies de macrófitas aquáticas (Tabela 40), sendo 21 espécies pertencentes ao grupo das Angiospermas e duas espécies do grupo das Pteridófitas, distribuídas em 15 famílias. As famílias com maior número de espécies são Cyperaceae e Onagraceae, com três espécies. A maioria das espécies (15) possui hábito de vida emergente, caracterizando 65,2% da fitodiversidade encontrada (Figura 75). O segundo maior grupo (26,1%) é representado pelas plantas flutuantes livres. As espécies submersas fixas representam apenas 8,7% da fitodiversidade amostrada.

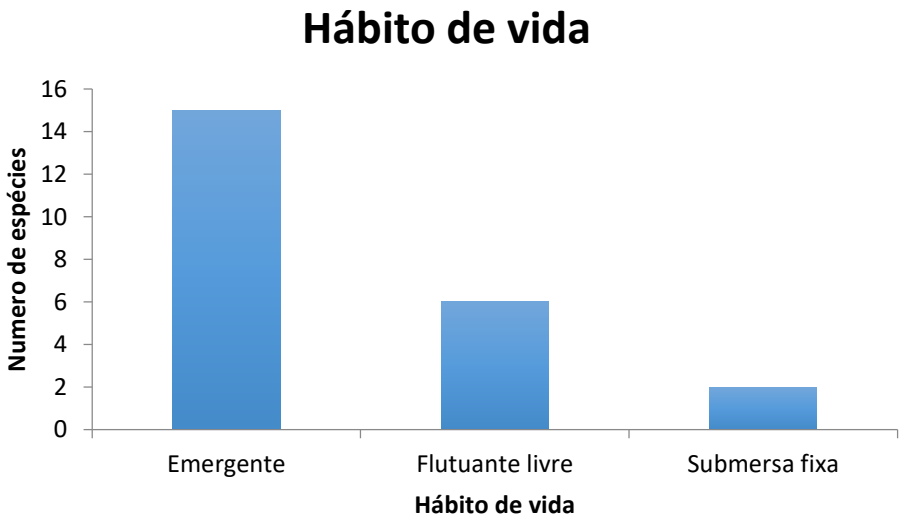


Figura 75 - Hábito de vida das espécies de macrófitas aquáticas encontradas no Reservatório da UHE Mauá

Tabela 40 - Lista das espécies encontradas nas margens do Rio Tibagi (Paraná, Brasil), respectivas famílias, nome comum, hábito e ocorrência nas estações de monitoramento.

Espécie	Família	Nome comum	Hábito	Ocorrência
Apinagia yguazuensis Chodat & Vischer	Podostemaceae	-	Submersa fixa	M9
Alternanthera ficoidea (L.) Sm.	Amaranthaceae	Alecrim	Emergente	M4, M7, M9
Azolla sp.	Salviniaceae	Musgo d`água	Flutuante livre	M4, M11, M12
Commelina difusa Burm. F.	Commelinaceae	Trapoeraba	Emergente	M1, M2, M3, M4, M9, M10
Cyperus luzulae (L.) Retz.	Cyperaceae	Junco	Emergente	M4, M10
Cyperus reflexus var fraternus (Kunth) Kuntze	Cyperaceae	Junco	Emergente	M9

Espécie	Família	Nome comum	Hábito	Ocorrência
Diodia sp.	Rubiaceae	-	Emergente	M3, M4
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms	Pontederiaceae	Aguapé	Flutuante livre	M4, M11, M12
Echinodorus grandiflorus (Cham. & Schltdl.) Micheli.	Alismataceae	Chapeu de Couro	Emergente	M3
Eleocharis sellowiana Kunth	Cyperaceae	Junco manso	Emergente	M2, M3, M9
Euphorbia heterophylla L.	Euphorbiaceae	Amendoim-bravo	Emergente	M7
Lemna minor L.	Araceae	Lentilha-d`água	Flutuante livre	M4, M11, M12
Ludwigia elegans (Cambess.) H. Hara	Onagraceae	Cruz-de-malta	Emergente	M9
Ludwigia nervosa Poir.	Onagraceae	Cruz-de-malta	Emergente	M1, M2, M9
Ludwigia tomentosa (Cambess.) H. Hara	Onagraceae	Cruz-de-malta	Emergente	M2, M9
Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen	Amaranthaceae	Fáfia	Emergente	M7
Phyllanthus sellowianus (Klotzsch) Müll.Arg.	Phyllanthaceae	Sarandi	Emergente	M1, M2, M7, M9
Pistia stratiotes L.	Araceae	Alface-d`água	Flutuante	M4, M11, M12
Podostemum irgangii C. T. Philbrick & Novelo	Podostemaceae	-	Submersa fixa	M9
Polygonum punctatum Elliott	Polygonaceae	Erva-de-bicho	Emergente	M1, M2, M3, M4, M6, M7, M9, M10
Polygonum hidropiperoides Michx.	Polygonaceae	Erva-de-bicho	Emergente	M2, M3, M7, M9
Pontederia cordata L.	Pontederiaceae	Mureré	Flutuante livre	M1
Salvinia auriculata Aubl.	Salviniaceae	Orelha-de-onça	Flutuante livre	M4, M11, M12

A seguir, são apresentadas as descrições das espécies encontradas nos locais amostrados, incluindo aspectos morfológicos e ecológicos:

Alternanthera ficoidea: planta anual, perene com hábito herbáceo, podendo ocorrer na forma prostrada ou ascendente, nativa do Brasil. Propaga-se por sementes apenas, ocupado grandes extensões. Atualmente é considerada uma espécie daninha devido ao seu grau crescente de infestação em áreas de plantio (Figura 76).

Figura 76 - Alternanthera ficoidea

Apinagia yguazuensis: planta submersa, herbácea e fixa (Figura 77). Forma um manto denso aderido fortemente sobre as rochas, em sítios com corrente forte e pouco turbulenta. Essa espécie apresenta duas formas morfológicas, de acordo com a velocidade da água e exposição ao sol. Em águas mais rápidas e com insolação direta, as plantas são mais rígidas e com folhas finamente divididas e orientadas a favor da corrente, apresentando uma coloração verde amarelo brilhante. As plantas que vivem mais a sombra e em águas com menor turbulência, possuem folhas menos rígidas e com coloração verde mais escura. Essa espécie é endêmica de rios e cachoeiras.

Figura 77 - Apinagia yguazuensis

Azolla sp.: Pteridófita aquática, livre-flutuante, de pequeno porte, até 2,5cm, caule ramificado, raízes numerosas (Figura 78).

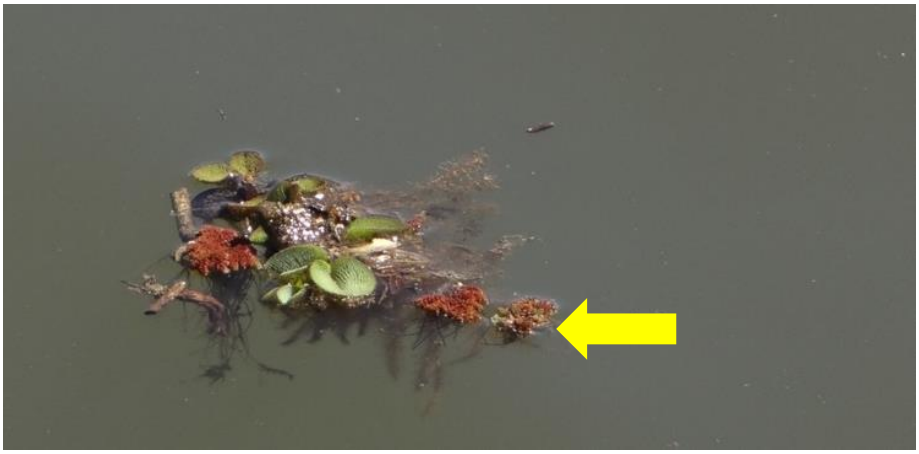


Figura 78 - Seta indica individuo de *Azolla filiculoides*, em associação com Salvinia auriculata.

Folhas glaucas ou avermelhadas, até 1mm, recobrindo o caule. Reprodução por esporos formados em estruturas globosas, submersas. Espécie distribuída por toda a América, é originaria da América do Sul, onde ocorre como invasora de água parada ou em associação com outras flutuantes.

Commelina difusa: planta perene, herbácea, com caule semi-suculento e semiprostado (Figura 79). As flores apresentam coloração azulada. É bastante frequente em lavouras e margens dos corpos de água. Apresenta preferência por solos férteis e sombreados.

Figura 79 - Commelina difusa

Espécies de *Cyperus:* plantas perenes, herbáceas, rizomatosas, eretas, com caule triangular e inflorescências apicais. Propaga-se tanto por rizomas como por sementes. Nativas do continente

americano e com ampla dispersão no Brasil. É considerada uma planta daninha de mediana infestação sendo frequente em terras de solos úmidos. Espécies encontradas: *Cyperus luzulae* (Figura 80) e *Cyperus reflexus var. fraternus* (Figura 81).

Figura 80 - Cyperus luzulae

Figura 81 - Cyperus reflexus var. fraternus

Diodia sp: planta perene, herbácea, semi-prostrada a prostrada, com caule tetragonal e alado. Propaga-se principalmente por sementes. É nativa do Brasil, ocorrendo principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Planta daninha típica de lugares úmidos, principalmente de pastagens úmidas (Figura 82).

Figura 82 - Diodia sp.

Echinodorus grandiflorus: planta herbácea, perene, emergente, que pode atingir até 2 m de altura (Figura 83). Possui folhas coriáceas, de grandes dimensões. A inflorescência é formada por séries florais (6 a 15) com 12 a 14 flores por série. Infesta canais, margens de lagos, lagoas e várzeas. Apresenta crescimento vigoroso, podendo influenciar o fluxo de águas de drenagem. Utilizada ocasionalmente como ornamental e medicinal.

Figura 83 - Echinodorus grandiflorus

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Eichhornia crassipes: planta aquática flutuante, com raízes que podem atingir até 60 cm de comprimento e caule curto (Figura 84). As folhas apresentam pecíolo inflado, esponjoso. Em águas muito eutrofizadas, os pecíolos das folhas podem se alongar, alterando a forma da planta. É considerada a planta de maior poder invasor de corpos d'água em vários países, com distribuição generalizada, principalmente nas regiões tropicais.

Figura 84 - Eichhornia crassipes

Eichhornia crassipes produz milhares de sementes, que podem ficar dormentes por vários anos, além de se reproduzir vegetativamente. Apresenta um crescimento vigoroso, podendo dobrar sua biomassa em curto período de tempo (6 a 7 dias), principalmente em águas eutrofizadas. Acarreta vários danos aos ambientes aquáticos, como a cobertura total da superfície, impedindo a penetração de luz na coluna d'água, incrementa a perda de água por evapotranspiração, além de ser vetor de doenças como a esquistossomose.

Eleocharis sellowiana: As espécies deste gênero são emergentes (ocasionalmente submersas), perenes, herbáceas, rizomatosas, eretas, formando touceiras. O caule é oco e seccionado internamente (Figura 85). As inflorescências são terminais, em espiguetas. A reprodução se dá por sementes e por rizomas. Possui distribuição ampla na América tropical. Apresenta um crescimento bastante vigoroso e é frequente em locais úmidos, beira de lagos, lagoas, reservatórios. Infesta lavouras de arroz inundado e águas poluídas, germinando no lodo. Alguns autores sugerem que seu controle pode ser feito por carpas, quando a planta se encontra submersa.

Figura 85 - Eleocharis sellowiana

Euphorbia heterophylla: Plantas anuais, eretas ou herbáceas, com látex, folhas de forma variável, atingindo até 80 cm de altura. Propaga-se por sementes. É nativa do continente americano sendo bastante frequente em todo o Brasil, principalmente em plantios de soja (Figura 86).

Figura 86 - Euphorbia heterophylla

Lemna minor: as espécies pertencentes a este gênero em geral possuem tamanho diminuto, providas apenas de folhas solitárias ou em grupos de 2 ou 4 e raízes não ramificadas (Figura 87). Propaga-se por sementes e principalmente por meios vegetativos. Apresenta grande vigor vegetativo e reprodutivo, cobrindo vastas superfícies em pouco tempo.

Figura 87 - Lemna minor

Espécies de *Ludwigia*: Plantas perenes, eretas ou decumbentes, muito ramificada, emergentes ou anfíbias. A flor é característica do gênero, formada por quatro pétalas geralmente amarelas, que deram origem ao nome comum, cruz de malta. A semente pode ser dispersada pela água e coloniza áreas abertas, desnudas por perturbação ou devido a cheia. Ocorre na Argentina, Uruguai, Bolívia e Brasil. *Ludwigia nervosa* (Figura 88a) apresenta hábito arbustivo ou arborescente chegando a 6 m. Em *Ludwigia tomentosa*, o caule é angulado e pubescente, com flores arroxeadas (Figura 88b).

a

b

Figura 88 - Ludwigia nervosa (a) e Ludwigia tomentosa (b)

Ludwigia elegans (Figura 89) é caracterizada por laminas foliares de até 15 cm. As espécies são considerada daninhas, ocupando margens de rios e reservatórios e solos úmidos. Invasoras de culturas irrigadas.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Figura 89 - Ludwigia elegans

Pfaffia glomerata: Planta herbácea, volúvel, seletiva higrófita e heliófita, com um intrincado sistema de raízes. É nativa do Brasil, ocorrendo principalmente no Pantanal e na bacia amazônica além do Equador, Panamá, Paraguai, Peru e Venezuela. Prefere solos argilosos ricos em cálcio e matéria orgânica. A espécie está adaptada aos ciclos de cheia e seca da região, apresentando grande plasticidade às mudanças ambientais. Propaga-se por sementes. Possuem interesse medicinal devido a presença de saponinas triterpênicas. Essa espécie é utilizada na medicina popular como tônico, afrodisíaco e antidiabético, além de ser invasora de plantações de arroz (Figura 90)

Figura 90 - Pfaffia glomerata

Phyllanthus sellowianus: planta anual, herbácea, hidrófita, com altura média de 50 cm, nativa do Continente Americano. Propaga-se apenas por sementes. Ocorre comumente em solos úmidos, infestando solos cultivados. Apresenta propriedades medicinais, sendo utilizada para combater a diabetes (Figura 91).

Figura 91 - Phyllanthus sellowianus

Pistia stratiotes: planta flutuante, com folhas dispostas em roseta, densamente pilosas (Figura 92). Reproduz-se por propagação vegetativa e sementes. As sementes podem permanecer dormentes por vários meses, mesmo no solo seco e no frio. Acredita-se que tenha origem na América do Sul, mas atualmente, é uma das espécies de macrófitas aquáticas de maior distribuição mundial, com exceção da Europa e Antártica. Apresenta altas taxas de crescimento, sendo considerada danosa onde se prolifera, por aumentar as taxas de evapotranspiração, ser vetor de doenças (esquistossomose) e comprometer a qualidade da água.

Figura 92 - Pistia stratiotes

Espécies de Polygonum: planta geralmente emergente, ereta, com folhas alternadas. As inflorescências terminais são formadas por flores pequenas que variam de coloração entre brancas a rosáceas (Figura 93 e Figura 94). Reproduzem-se por sementes e foram densos agrupamentos nas margens dos rios, açudes. Tem propriedades medicinais.

Figura 93 - Polygonum hidropiperoides

Figura 94 - Polygonum punctatum

Pontederia cordata: planta enraizada e com folhas flutuantes, o que facilita o acompanhamento da subida da água, nos períodos de cheia, mantendo-se assim, parcialmente emersa (Figura 95). Floresce durante grande parte do ano e pode se reproduzir por sementes e por propagação vegetativa, por meio de pedaços de rizomas e folhas. Pode apresentar crescimento excessivo em condições favoráveis.

Figura 95 - Seta indica indivíduos de Pontederia cordata

Salvinia auriculata: é uma pteridófita flutuante, nativa da América Tropical. Essa espécie apresenta folhas pequenas, ovais e flutuantes (Figura 96). As folhas são cobertas por pelos e destas, projetam-se raízes filiformes. Essa espécie ocorre principalmente em ambientes de água doce. A maioria das espécies do gênero *Salvinia* são classificadas como espécies daninhas devido ao seu rápido crescimento. *Salvinia auriculata* tem o potencial de dobrar o seu tamanho em aproximadamente em 3,5 dias, dependendo das condições ambientais.

Figura 96 - Seta indica indivíduo de Salvinia auriculata

Podostemum irgangii: crescem firmemente aderidas as rochas (Figura 97) e outros substratos sólidos em rios onde há um fluxo de água predominantemente turbulento. O ciclo de vida das espécies de Podostemaceae está relacionado estreitamente aos ciclos sazonais dos rios, como crescimento vegetativo predominantemente no período das cheias e o florescimento e maturação das cápsulas durante a baixa.

Figura 97 - Podestemun irgangii

Em condições naturais, o crescimento de macrófitas aquáticas é limitado pelos fatores ambientais e as populações tendem à estabilidade. Normalmente, quando há crescimento excessivo desses vegetais, há a associação com atividades humanas que aumentam a disponibilidade de nutrientes nos corpos d'água (BIUDES; CAMARGO, 2008). No caso dos reservatórios, por ser um ambiente artificial, não há ciclos de inundação e seca, que atuam como um mecanismo natural de controle de crescimento dessas plantas (THOMAZ, 2002).

Apesar da comunidade de macrófitas ser a mesma da fase rio, é importante salientar que a dinâmica de distribuição, colonização e crescimento dessas espécies varia temporal e espacialmente. A dinâmica da água, com os seus fluxos de cheia e seca determinam muitas vezes a instalação dessas espécies. Associado a isso, nos ambientes lóticos, mesmo com a menor vazão, a comunidade de macrófitas, principalmente as espécies flutuantes, são influenciadas pela dinâmica da velocidade de corrente e de outros fatores abióticos (ventos, pluviosidade). Assim, é possível encontrar em uma coleta um maior grupamento de macrófitas e numa outra época do ano esse agrupamento pode ter diminuído ou ter sido extinto, em função do deslocamento contínuo das plantas. Entretanto, as espécies flutuantes apresentam estratégias extremamente eficientes para a manutenção de seus propágulos (CAVENAGHI et al., 2003) e com isso se perpetuar no ambiente, mesmo que haja supressão da sua densidade populacional.

De maneira geral, as características físico-químicas da água podem também definir a composição de espécies de macrófitas ocorrentes. Nos monitoramentos, tanto dos anos de 2015 quanto em 2016, não foram encontradas espécies submersas livres. Aparentemente, as características de turbidez e condições nutricionais do reservatório são decisivas para a ocorrência destas espécies. Segundo CARVALHO et al. (2005) e CAVENAGHI et al. (2003), quanto maiores os valores de turbidez da água, menor a colonização por plantas submersas. As plantas submersas recebem menor quantidade de radiação fotossinteticamente ativa do que as plantas emergentes devido ao sombreamento, reflexão da luz na superfície da água e atenuação da luz na coluna d'água, sendo estas algumas das razões da baixa produtividade das plantas submersas. Quanto maior o grau de turbidez na coluna d'água, menor é a incidência de radiação fotossinteticamente ativa que atinge o leito do rio e apenas poucas espécies sobrevivem (BIUDES; CAMARGO, 2008).

A velocidade de corrente é um fator que pode determinar a ocorrência, limitar a produtividade primária de macrófitas aquáticas ou favorecer seu crescimento. Altas velocidades de corrente transportam macrófitas aquáticas flutuantes e impedem a formação de bancos dessa assembleia de plantas (MACHADO; GARÇÃO; FONTANA, 2007). A construção de reservatórios de usinas hidrelétricas diminui a velocidade de corrente dos rios e cria extensas áreas de remanso, que podem ser colonizadas por macrófitas aquáticas. Dentre estas áreas, destacam-se os braços dos reservatórios, nos quais podem ser formadas grandes assembleias de macrófitas submersas e/ou flutuantes (BIUDES; CAMARGO, 2008).

É importante destacar que na estação de monitoramento M9 (PCH Getúlio Vargas), a variação na operação das usinas UHE Mauá e PCH Getúlio Vargas teve grande influência no nível do rio Tibagi. A manutenção do nível da água foi de grande importância para a ocorrência das comunidades de macrófitas aquáticas, principalmente, as aderidas às rochas, como encontradas na estação M9.

Em fevereiro de 2016, o nível da água estava mais alto do que o registrado na campanha de agosto de 2015 e as espécies *Podostemum irgangii* e *Apinagia yguazuensis* cobriam grande parte das rochas no leito do rio Tibagi na estação de monitoramento E9. Já no período de agosto de 2016, o vertedouro da PCH Getúlio Vargas estava completamente seco, não mantendo a vazão. Neste período, as populações de macrófitas ocupavam menor área, devido a redução da ocorrência de áreas encachoeiradas, decisivos para o estabelecimento destas populações (COOK; RUTISHAUSER, 2007). A

ocorrência destas espécies é crucial para as comunidades de macro e microinvertebrados aquáticos, peixes, mamíferos e grande parte da cadeia trófica do rio Tibagi.

As espécies de macrófitas que ocorrem aderidas às rochas, em geral, são endêmicas das bacias (ex. Podostemaceas) em que ocorrem e têm grande valor ecológico pelo grande número de interações ecológicas que representam. Ainda, a especificidade destas relações varia com a dinâmica do nível do rio, pois, com o baixo nível do rio, as populações de macrófita sofrem supressão, podendo causar um déficit populacional também nas comunidades de macro e microinvertebrados associadas, o que consequentemente, causa decréscimo na oferta de alimento para peixes e outros organismos da comunidade aquática. Quando o nível do rio está adequado, garantindo a ocorrência de áreas encachoeiradas e com oxigenação suficiente, o estabelecimento das macrófitas está assegurado, assim como as interações ecológicas que tem sua base na ocorrência das macrófitas aderidas as rochas. Portanto, sugere-se que o nível do rio seja monitorado para assegurar o desenvolvimento das populações de macrófitas submersas que se encontram em constante ameaça nos rios que sofrem represamento e podem ser as primeiras a serem extintas com a construção de reservatórios e diminuição dos fluxos dos rios.

Na condição de reservatório, o crescimento das espécies de macrófitas, especialmente as emergentes, pode diminuir em função da flutuação periódica do nível da água, como foi possível observar nos períodos em que o nível do reservatório esteve mais elevado. Sob condições favoráveis, as espécies emergentes podem formar agrupamentos localizados, entretanto, pouco provavelmente formarão bancos extensos de macrófitas, como ocorrem com as espécies flutuantes livres (CAVENAGHI et al., 2003; MACHADO; GARÇÃO; FONTANA, 2007). A assembleia das espécies emergentes (ou anfíbias) é controlada pelo nível da água, regulando a densidade dessas populações.

Já as espécies flutuantes apresentam uma outra dinâmica de crescimento. Apesar da sua colonização e crescimento serem influenciada pelo nível da água, a recuperação dos bancos de macrófitas flutuantes é mais rápida, devido ao eficiente método de reprodução assexuada, por formação de propágulos.

Determinadas características ambientais podem propiciar o crescimento excessivo de uma espécie, criando condições ótimas para o seu crescimento ou proporcionando condições desfavoráveis para outras espécies, diminuindo a pressão competitiva entre elas (THOMAZ, 2002). O

crescimento excessivo de algumas espécies pode causar sérios danos, impedindo o uso da água. Dentre os problemas mais comumente observados, podem ser citados a redução da biodiversidade, o entupimento de tubulações e canais de irrigação e prejuízos à produção de energia em usinas hidrelétricas (BIANCHINI JR. et al., 2010; BIUDES; CAMARGO, 2008).

Por exemplo, as espécies *Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, Salvinia auriculata* (Figura 98)*, Azolla sp* e *Lemna minut*a foram encontradas antes e depois da construção do reservatório da UHE Mauá, em maior ou menor quantidade. Nos monitoramentos realizados em 2016, associações de plantas flutuantes foram encontradas nas estações de monitoramento M4, M10, M11 e na estação M12, denominadas proliferação de macrófitas, conforme foto registrada e enviada pela concessionaria, formando vários pequenos bancos de associação de macrófitas, na região mediana do reservatório (Figura 99, 38).

Figura 98 - Salvinia auriculata encontrada em março de 2015 na estação de monitoramento M4

Figura 99 - Banco de espécies de macrófitas aquáticas flutuantes em associação.

Figura 100 - Associação de espécies de macrófitas aquáticas flutuantes e a fauna local, indicados pela seta amarela (aranha e grilo).

Na estação de amostragem M11, o fluxo dos pequenos agrupamentos de macrófitas parece se originar da foz do Rio Imbaúzinho, o que sugere a necessidade de contínuo monitoramento devido ao potencial de crescimento excessivo dessas plantas (THOMAZ, 2002). Adicionalmente, condições de remanso e braços de reservatórios também são ideais para o estabelecimento e proliferação das espécies flutuantes, assim como a vegetação arbórea morta, exposta, que pode reter alguns bancos de macrófitas e permitir seu desenvolvimento (Figura 101 e Figura 102).

Figura 101 - Retenção de macrófitas e lixo na superfície do reservatório pela ocorrência de vegetação remanescente da supressão vegetal e posterior alagamento.

Figura 102 - Vegetação flutuante retida pela vegetação arbórea remanescente e lixo.

A ocorrência de vegetação arbórea remanescente também pode aumentar o aporte de nutrientes em ambientes aquáticos, favorecendo o desenvolvimento de populações de espécies aquáticas livres. Em reservatórios, mudanças nas condições ambientais, como maior taxa de nutrientes e temperatura, tendem a intensificar o crescimento das espécies flutuantes livres, levando ao crescimento excessivo de bancos de macrófitas e cobrindo grandes áreas do reservatório. Esse crescimento excessivo pode resultar em um déficit de oxigênio e a redução do pH da água no

reservatório, com resultados negativos para as comunidades aquáticas associadas, como fitoplâncton, zooplâncton, bentos e peixes (BIANCHINI JR. et al., 2010; FUJITA et al., 1999; THOMAZ, 2002).

Em geral, procedimentos artificiais de controle de macrófitas aquáticas podem ser aplicados em situações extremas, quando o reservatório encontra-se infestado (FUJITA et al., 1999; MARTINS et al., 2008)). Entretanto, todo método de manejo e controle de macrófitas demanda custos. O ideal é incorporar procedimentos que permitam o gerenciamento autossustentado. Por exemplo, o monitoramento e gerenciamento preventivo que visa antecipar condições que permitam o aparecimento de problemas de qualidade da água, em particular do crescimento descontrolado de macrófitas aquáticas em virtude da concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

No caso do reservatório da UHE Mauá, a dinâmica hídrica do rio Tibagi parece ser suficiente para controlar o crescimento excessivo das macrófitas flutuantes ocorrentes. Nos períodos de monitoramento em 2016, foram encontrados bancos de macrófitas que atingiam grandes extensões, porém que não apresentavam grande taxa de crescimento. Em geral, os bancos registrados eram compostos por indivíduos jovens, em inicio de crescimento. Entretanto, o monitoramento preventivo das áreas em que as espécies possam se estabelecer ainda é necessário, pois poderá antecipar ações para o controle destas espécies.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO RELACIONADOS ÀS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DAS TERRAS INDÍGENAS

4.1 Variáveis físico-químicas de qualidade de água

No presente item são apresentados os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas nas três estações de amostragem e os respectivos Índices de Qualidade da água, referentes a coletas trimestrais no período de novembro/15 a agosto/16. Os dados de monitoramento serão apresentados nas tabelas a seguir (Tabela 42, Tabela 43 e Tabela 44).

Valores que ultrapassaram os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2, foram destacados em vermelho. Ressalta-se que podem ser observados limites de quantificação diferentes para algumas variáveis. A variação nos limites de quantificação foi

ocasionada em decorrência de interferências na matriz, busca por limites de quantificação menores ou à troca de laboratórios.

Os resultados apresentados referem-se às águas amostradas na sub-superfície (0,30 m de profundidade), nas três estações de amostragem.

No intuito de auxiliar no diagnóstico da qualidade da água, a pluviometria acumulada de 7 dias anteriores à coleta foi calculada e é apresentada na Tabela 41. Para a estação TI1 foram utilizados dados da Estação Pluviométrica UHE Mauá Barragem (24055071). Para as estações TI2 e TI3 foram utilizados dados da estação PCH Apucaraninha – Barragem (2350015).

Tabela 41 – Pluviosidade acumulada (mm) de sete dias em estações pluviométricas na região das Terras Indígenas em estudo.

Meses de coleta	Terras Indígenas		
	Pluviosidade Acumulada em mm		
	TI1	TI2	TI3
nov/15	51,60	51,60	51,60
fev/16	13,00	13,00	13,00
mai/16	26,40	26,40	26,40
ago/16	2,80	2,80	2,80

O rio Tibagi, a jusante da Terra Indígena de Mococa (TI1) apresentou desacordos com relação ao fósforo total e à concentração de coliformes termotolerantes. Com relação ao fósforo total, valor mais elevado foi registrado em novembro/15, que também correspondeu ao período de pluviosidade mais elevada.

No tocante a coliformes termotolerantes, as bactérias deste grupo são indicativas de contaminação por material de origem fecal, advindos de excretas de animais de sangue quente, como o homem e animais silvestres. Já coliformes totais, mesmo não apresentando limite na Resolução CONAMA 357/05, podem ser interpretadas como medida indireta de aporte de matéria orgânica ao corpo hídrico, quando em concentrações elevadas, como o caso dos meses de novembro/15, fevereiro/16 e maio/16, na região de TI1.

Ressaltam-se outras variáveis que apresentaram alterações como sólidos totais, que apresentaram concentrações mais altas nos meses de novembro/15 e maio/15, com valores de

134 mg.L^{-1} e 120 mg.L^{-1}, respectivamente. A turbidez da água também esteve elevada no mês de novembro (86,9 NTU) e fevereiro/16 (93,7 NTU).

Na região de entorno da Terra Indígena de Apucaraninha (TI2), as águas do rio Tibagi apresentaram variáveis não conformes, a saber: fósforo total (novembro/15), turbidez (novembro/15) e coliformes termotolerantes (novembro/15, fevereiro/16 e maio/16). No mês de novembro/15 foram registrados os picos de concentração de tais poluentes, sendo fósforo total com 0,241 mg.L^{-1}, coliformes termotolerantes com valor de 490.000 NMP.100mL^{-1}.

Elevações na concentração de sólidos totais também foram registradas nos meses de novembro/15 (216 mg.L^{-1}) e fevereiro/16 (154 mg.L^{-1}), bem como coliformes totais, nos mesmos meses, variando entre 33.000 NMP.100mL^{-1} e 790.000 NMP.100mL^{-1}.

Conforme já citado anteriormente, estes valores elevados podem estar relacionados com a pluviosidade elevada no mês de novembro/15.

Com relação à avaliação da qualidade de água na estação TI3 (Barão de Antonina), foram registrados desacordos com a Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2, para as variáveis fósforo total (novembro/15; fevereiro/16), turbidez (novembro/15; fevereiro/16) e coliformes termotolerantes (novembro/15; fevereiro/16; maio/16).

Foram observados, também, na avaliação de qualidade de água valores elevados para variáveis não legisladas, como sólidos totais (302 mg.L^{-1} em novembro/15 e 156 mg.L^{-1} em fevereiro/16).

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Tabela 42 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI1, nos meses de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	TI1			
Data da coleta	-	18/11/15	22/02/16	10/05/16	15/08/16
Altitude (m)	-	506	580	583	586
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	21,3	24,4	20,4	16,0
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	8,16	7,42	8,45	8,90
OD sat (%)	-	97,2	94,6	99,9	96,0
Secchi (m)	-	0,20	0,20	0,25	0,75
pH	6,0 a 9,0	7,6	7,8	8,1	6,9
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	38	48	49	47
ORP	-	101,8	108,4	106,9	120,4
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,1**	0,106	0,074	0,051	0,028
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,029	0,032	0,007	0,024
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,58	1,26	0,78	1,76
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	1,01	0,85	< 0,50	1,28
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	134	65	120	62
Turbidez (NTU)	100	86,90	93,70	6,12	16,10
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	5,8
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,3	3,2	4,0	3,4
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	2,38	1,91	2,82	3,75
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,29	1,28	1,47	1,46
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	1,52	1,19	1,86	1,94
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	2,43	2,07	3,51	2,74
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	12,7	16,0	21,5	13,6
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	11,4	10,4	14,8	12,8
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	35.000	130.000	54.000	450
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	1.400	49.000	22.000	450
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	142	2.325	2.918	514
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	0	2.195	2.479	0
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	0,22	2,48	1,40	1,16
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	23,0	9,3	< 5,0	5,2
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	3,5	3,4	2,3	1,7
N/P	-	33	38	34	139
IQA	-	62	51	60	73
IET	-	48	57	54	51

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

*** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L-1 para ambientes lóticos.

Tabela 43 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI2, nos meses de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	TI2			
Data da coleta	-	17/11/15	23/02/16	11/05/16	16/08/16
Altitude (m)	-	569	443	430	436
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	21,5	24,2	20,6	16,0
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	8,49	8,19	8,78	9,41
OD sat (%)	-	102,3	102,4	102,2	99,9
Secchi (m)	-	0,13	0,25	0,35	0,90
pH	6,0 a 9,0	7,4	8,0	8,8	7,4
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	40	44	46	48
ORP	-	102,5	105,5	105,2	98,6
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,1**	0,241	0,091	0,070	0,015
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,047	0,027	0,007	0,014
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	1,62	1,21	< 0,50	2,57
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	0,96	0,76	< 0,50	0,94
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	216	154	93	70
Turbidez (NTU)	100	182,00	87,80	8,90	15,60
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	2,4	2,5	2,1	3,4
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	2,45	2,11	3,13	4,23
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	1,91	1,39	1,65	1,62
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	2,28	1,43	2,17	2,12
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	3,99	2,02	3,78	3,04
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	15,9	16,0	18,8	13,1
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	17,8	10,8	16,3	14,3
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	790.000	33.000	4.900	780
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	490.000	24.000	4.900	200
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	141	7.305	948	1.124
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	0	7.166	948	621
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	0,32	4,88	0,98	2,32
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	24,00	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	3,6	< 1,0	< 1,0	2,2
N/P	-	15	29	16	378
IQA	-	40	53	62	77
IET	-	51	61	53	53

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

*** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L-1 para ambientes lóticos.

Tabela 44 – Dados de qualidade de água com base em amostras tomadas na estação TI3, nos meses de novembro/15 a agosto/16.

PONTO	Limites*	TI3			
Data da coleta	-	17/11/15	23/02/16	11/05/16	16/08/16
Altitude (m)	-	569	428	423	419
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30
T água (°C)	-	21,8	24,2	20,1	16,3
OD ($mg.L^{-1}$)	≥ 5,00	8,26	8,03	8,76	9,30
OD sat (%)	-	100,21	100,19	100,90	99,11
Secchi (m)	-	SD	0,10	0,25	0,85
pH	6,0 a 9,0	7,6	7,8	8,3	7,3
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	-	40	42	46	47
ORP	-	114,9	105,2	110,2	108,1
P Total ($mg.L^{-1}$)	0,1**	0,260	0,116	0,068	0,022
P Reativo ($mg.L^{-1}$)	-	0,048	0,038	0,009	0,017
N Total ($mg.L^{-1}$)	***	2,61	1,09	1,56	1,35
Nitrogênio Amoniacal ($mg.L^{-1}$)	****	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitrito ($mg.L^{-1}$)	1,0	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10	1,07	0,87	0,63	0,95
Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-	302	156	99	45
Turbidez (NTU)	100	219,00	114,00	54,00	14,90
Sulfato Total ($mg.L^{-1}$)	250	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cloreto Total ($mg.L^{-1}$)	250	1,8	2,5	7,5	3,2
Sulfeto - H_2S não dissociado ($mg.L^{-1}$)	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sódio ($mg.L^{-1}$)	-	4,61	2,12	2,95	3,90
Magnésio ($mg.L^{-1}$)	-	2,23	1,39	1,70	1,55
Potássio ($mg.L^{-1}$)	-	2,72	1,44	2,23	1,97
Cálcio ($mg.L^{-1}$)	-	4,52	2,11	3,95	2,90
Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)	-	16,1	17,0	19,5	13,5
Dureza Total ($mg.L^{-1}$)	-	20,5	11,0	16,9	13,6
Coliformes Totais ($NMP.100mL^{-1}$)	-	49.000	24.000	34.000	< 1,8
Coliformes Termotolerantes ($NMP.100mL^{-1}$)	≤ 1.000	33.000	13.000	27.000	< 1,8
Fitoplâncton ($cel.mL^{-1}$)	-	44	91	2.118	549
Cianobactérias ($cel.mL^{-1}$)	50.000	0	0	1.977	0
Clorofila-a ($\mu g.L^{-1}$)	30	0,18	1,68	1,03	2,98
DBO ($mg.L^{-1}$)	≤ 5,00	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
DQO ($mg.L^{-1}$)	-	25,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Carbono Orgânico Total ($mg.L^{-1}$)	-	4,4	< 1,0	< 1,0	2,1
N/P	-	22	21	51	135
IQA	-	43	49	55	89
IET	-	49	57	53	55

· Dados de altitude obtidos em campo e conferidos/alterados em conferência com dados obtidos através do Google Earth Pro

* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2. SD: sem dados.

** Para ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos.

**** 3,7 $mg.L^{-1}$ N, para pH <= 7,5; 2,0 $mg.L^{-1}$ N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 $mg.L^{-1}$ N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 $mg.L^{-1}$ N, para pH > 8,5.

*** Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L-1 para ambientes lóticos.

A variável fósforo total deve ser avaliada em função do tempo de residência da água no corpo hídrico. Desta forma, as estações TI1, TI2 e TI3 foram classificadas como ambientes lóticos de Classe 2, sendo o limite para a variável de 0,100 mg.L^{-1}. A Figura 103 ilustra o comportamento espacial e temporal do fósforo total ao longo do período monitorado.

De forma geral, as concentrações registradas estiveram elevadas especialmente em novembro/15, e em menor proporção em fevereiro/16, meses de pluviosidade mais elevada. Em novembro/15, o valor legislado foi ultrapassado nas três estações de monitoramento, com valores mais que duas vezes superiores, nas estações TI2 e TI3. Em TI3, também em fevereiro/16, o valor de fósforo ultrapassou o limite de rios de Classe 2. No ciclo anterior, os valores observados estiveram abaixo de 0,040 mg.L^{-1}, em todas as estações. Os registros de valores mais elevados podem estar relacionados à chuvas ocorridas no período de coleta de água ou em dias anteriores ao mesmo, o que propicia a lavagem do solo da bacia e o carreamento de nutrientes para o rio Tibagi.

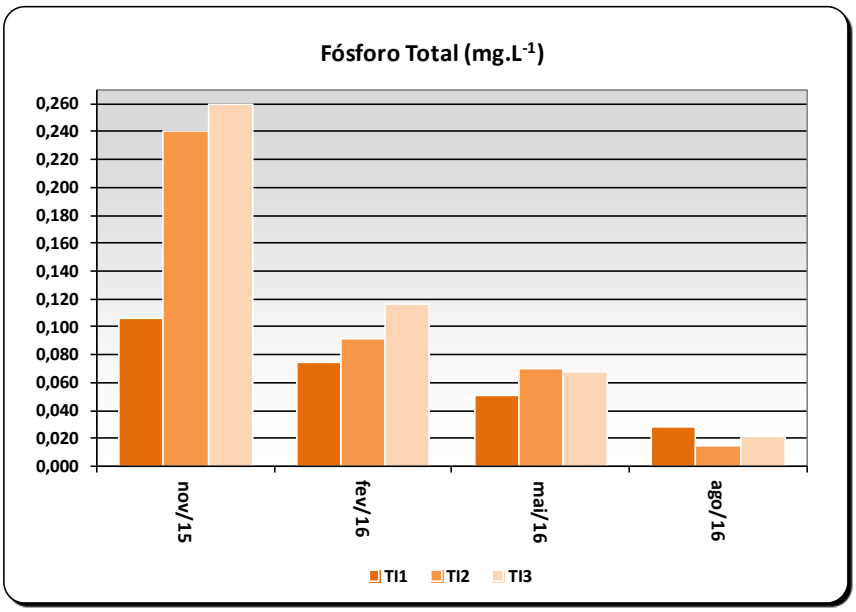


Figura 103- Comportamento espacial e temporal do fósforo total nas estações TI1, TI2 e TI3.

Assim como no ciclo anterior, o comportamento do nitrogênio total (Figura 104) caracterizou-se pelo registro de baixas concentrações ao longo do monitoramento, nas três estações. Os registros foram de valores inferiores à 2,0 mg.L^{-1}, nos eventos de amostragem. No entanto, no mês de novembro/15, nas estações TI1 e agosto/16, na estação TI3 concentrações mais elevadas foram observadas, com valores superiores a 2,0 mg.L^{-1}. Ressalta-se esta variável não apresenta limite na na

Resolução CONAMA 357/05, a não ser quando é fator limitante ao desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica. De qualquer forma, a mesma pode ser influenciadora do desenvolvimento de biomassa vegetal, e desta forma, seu diagnóstico requer continua avaliação.

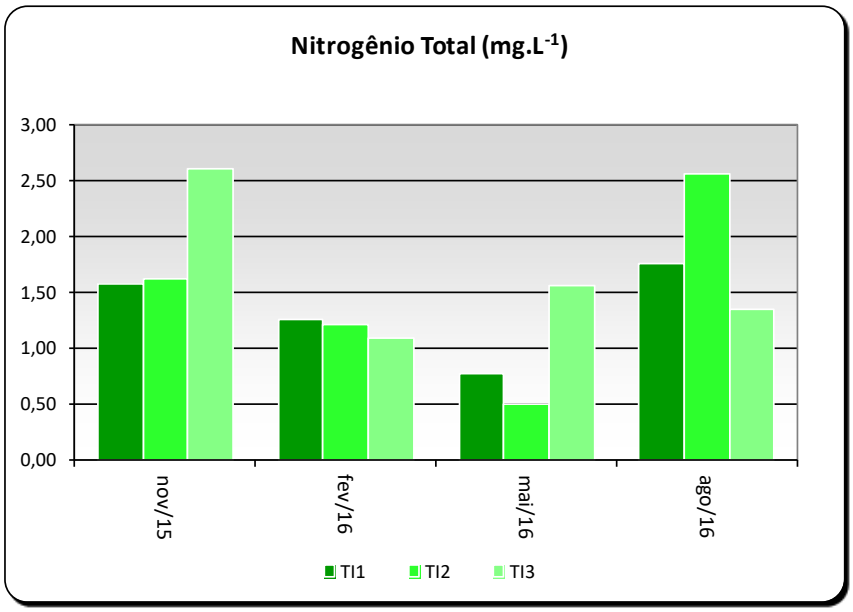


Figura 104- Comportamento espacial e temporal do nitrogênio total nas estações TI1, TI2 e TI3.

As concentrações de oxigênio dissolvido encontram-se ilustradas na Figura 105. Conforme registrado, os valores observados estiveram sempre acima de 5,0 $mg.L^{-1}$, sendo este o limite mínimo exigido pela Resolução CONAMA 357/05. Desta forma, observa-se boa oxigenação das águas, no rio Tibagi, na região de estudo.

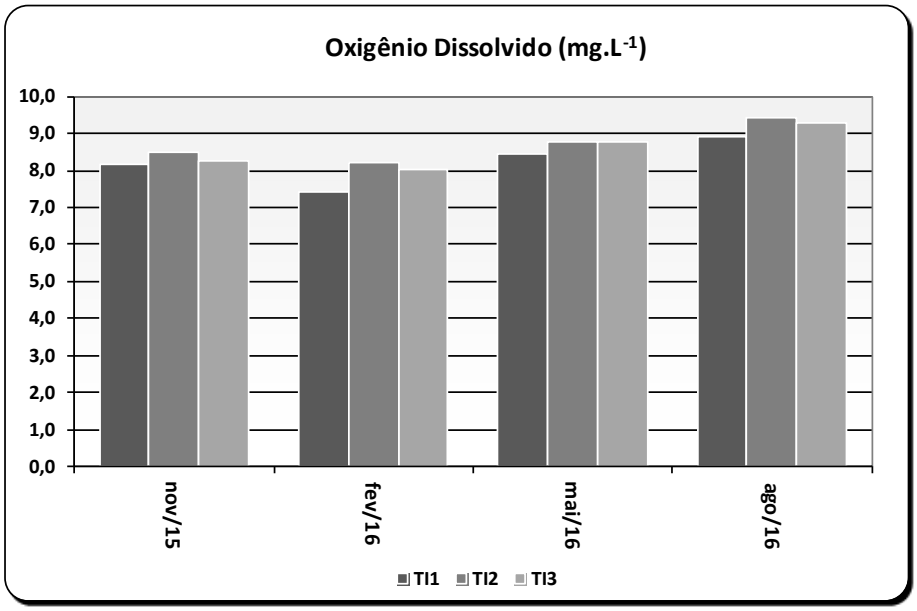


Figura 105- Comportamento espacial e temporal do oxigênio dissolvido nas estações TI1, TI2 e TI3.

4.1.1 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi calculado para as estações TI1, TI2 e TI3, conforme a Figura 106.

O resultado do IQA demonstra, que com base nos critérios do índice, as águas na região das Terras Indígenas de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina, todas a jusante do empreendimento UHE Mauá, podem ser classificadas como de qualidade regular, boa e ótima, segundo critérios da CETESB, desde que não apresentem níveis quaisquer de toxicidade. Corforme comentado anteriormente, ressalta-se que o IQA é um índice norteador, uma vez que objetiva a avaliação de águas destinadas ao abastecimento público.

Menores valores foram registrados em novembro/15 e fevereiro/16, dizem respeito à elevada turbidez das águas, altos valores de coliformes termotolerantes e concentrações de fósforo total.

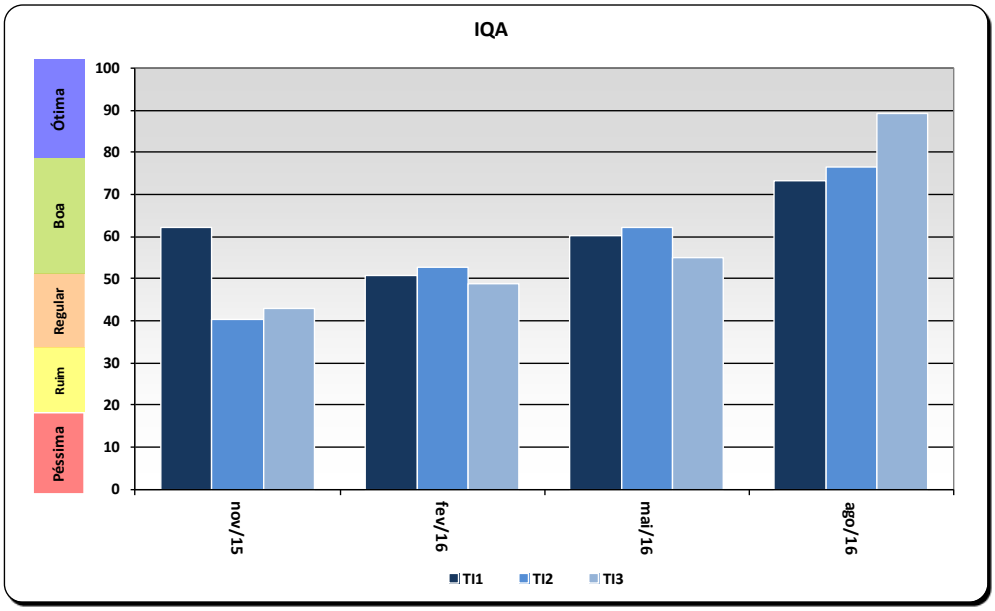


Figura 106- Comportamento espacial e temporal do Índice de Qualidade de Água (IQA) nas estações TI1, TI2 e TI3.

4.1.2 Índice de Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico (Figura 107) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2011).

No presente relatório é apresentado o IET específico de rios foi aplicado para dados advindos das estações TI1, TI2 e TI3, calculado a partir das concentrações de fósforo (IET(P)) e clorofila-a (IET(CL)) (LAMPARELLI, 2004).

Todas as estações apresentaram-se nas categorias de oligotróficas a mesotróficas, ao longo do monitoramento. Exceção se faz à estação TI2, no mês de fevereiro/16, que teve classificação eutrófica. Na média, o trecho de rio compreendido entre as estações citadas, apresentou IET variando entre 52,4 e 54,4. Nesta situação, o rio Tibagi, no trecho estudado pode ser classificado como ambiente mesotrófico.

Este Índice é calculado com base em duas variáveis, fósforo e clorofila-a, e assim como ocorrido no ciclo anterior, ressalta-se que foram os valores mais elevados de fósforo total que fizeram com que a média final das estações indicasse a categoria mesotrófica do corpo hídrico, uma vez que os valores de clorofila-a (que serão discutidos posteriormente) foram relativamente baixos.

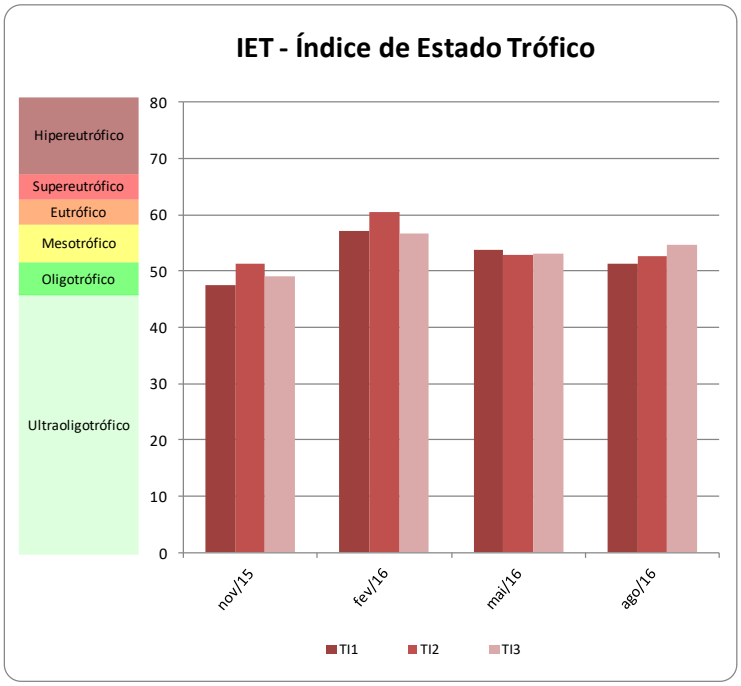


Figura 107- Comportamento espacial e temporal do Índice de Estado Trófico (IET) nas estações TI1, TI2 e TI3.

4.2 Sedimento

Neste item serão apresentados os resultados das duas campanhas realizadas nas Terras Indígenas, durante o período anual estudado, uma em fevereiro/2016 e outra em agosto/2016, além de uma breve comparação com os resultados das campanhas anteriores. As análises realizadas e seus respectivos resultados encontram-se na Tabela 45 e na Tabela 46.

Tabela 45 – Resultados das análises realizadas em sedimento nas Terras Indígenas, relativas à campanha de monitoramento de fevereiro/16.

PONTO	Limites[1]			Primeira campanha - fev/16		
				TI1	TI2	TI3
Data da coleta	Nível 1	Nível 2	Valor Alerta[2]	22/02/16	23/02/16	23/02/16
Alacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Aldrin (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Atrazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clordano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clorobenzilato (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clorotalonil (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
DDD-isômeros (µg.kg^{-1})	3,54	8,51	-	ND	ND	ND
Diazinona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Dieldrin (µg.kg^{-1})	2,85	6,67	-	ND	ND	ND
Endossulfam (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Endrin (µg.kg^{-1})	2,67	62,4	-	ND	ND	ND
Etiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Fenitrotiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Heptacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Heptadoro epóxido (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Hexaclorobenzeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Hexaclorociclohexanos (BCH e isômmeros) (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Lindano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Matamidafós (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Metoxicloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Mirex (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
parationa metílica (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Permetrinas (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Procimidoma (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Quintozeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Simazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Tetradifon (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Vindozalina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Ferro (% em massa)	-	-	-	0,13	0,14	0,15
Alumínio (% em massa)	-	-	-	0,10	0,09	0,12
Cobre (mg.kg^{-1})	35,7	197	-	21	23	29
Chumbo (mg.kg^{-1})	35	91,3	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio (mg.kg^{-1})	0,6	3,5	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco (mg.kg^{-1})	123	315	-	27	25	28
Cromo (mg.kg^{-1})	37,3	90	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobalto (mg.kg^{-1})	-	-	-	13,00	14,00	18,00
Mercúrio (mg.kg^{-1})	0,17	0,49	-	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Carbono Orgânico Dissolvido (ppm)	-	-	-	0,42	0,83	1,20
Carbono Orgânico Total (% em massa)	-	-	10	0,0028	0,0021	0,0020
Carbono Inorgânico (mg.kg^{-1})	-	-	-	1,41	9,86	0,19
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.kg^{-1})	-	-	4.800	777	1.160	919
Fósforo (mg.kg^{-1})[5]	-	-	2.000	187	179	235

1 Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12.

2 Valor Alerta: valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízo ao ambiente da área de disposição

ND: Não Detectado

Tabela 46 – Resultados das análises realizadas em sedimento nas Terras Indígenas, relativas à campanha de monitoramento de agosto/16.

PONTO	Limites[1]			Primeira campanha - fev/16		
				TI1	TI2	TI3
Data da coleta	Nível 1	Nível 2	Valor Alerta[2]	22/02/16	23/02/16	23/02/16
Alacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Aldrin (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Atrazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clordano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clorobenzilato (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Clorotalonil (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
DDD-isômeros (µg.kg^{-1})	3,54	8,51	-	ND	ND	ND
Diazinona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Dieldrin (µg.kg^{-1})	2,85	6,67	-	ND	ND	ND
Endossulfam (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Endrin (µg.kg^{-1})	2,67	62,4	-	ND	ND	ND
Etiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Fenitrotiona (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Heptacloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Heptadoro epóxido (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Hexaclorobenzeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Hexaclorociclohexanos (BCH e isômmeros) (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Lindano (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Matamidafós (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Metoxicloro (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Mirex (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
parationa metílica (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Permetrinas (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Procimidoma (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Quintozeno (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Simazina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Tetradifon (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Vindozalina (µg.kg^{-1})	-	-	-	ND	ND	ND
Ferro (% em massa)	-	-	-	0,13	0,14	0,15
Alumínio (% em massa)	-	-	-	0,10	0,09	0,12
Cobre (mg.kg^{-1})	35,7	197	-	21	23	29
Chumbo (mg.kg^{-1})	35	91,3	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio (mg.kg^{-1})	0,6	3,5	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco (mg.kg^{-1})	123	315	-	27	25	28
Cromo (mg.kg^{-1})	37,3	90	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobalto (mg.kg^{-1})	-	-	-	13,00	14,00	18,00
Mercúrio (mg.kg^{-1})	0,17	0,49	-	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Carbono Orgânico Dissolvido (ppm)	-	-	-	0,42	0,83	1,20
Carbono Orgânico Total (% em massa)	-	-	10	0,0028	0,0021	0,0020
Carbono Inorgânico (mg.kg^{-1})	-	-	-	1,41	9,86	0,19
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg.kg^{-1})	-	-	4.800	777	1.160	919
Fósforo (mg.kg^{-1})[5]	-	-	2.000	187	179	235

1 Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/12.

2 Valor Alerta: valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízo ao ambiente da área de disposição

ND: Não Detectado

De acordo com a Tabela 45 e a Tabela 46, não foram observados desacordos com a Resolução CONAMA 454/12. Todos os pesticidas analisados ficaram abaixo do limite de detecção do método.

4.2.1 Avaliação do CQS – Critério de Qualidade de sedimentos

Os resultados da avaliação da qualidade dos sedimentos de acordo com o CQS estão apresentados na Tabela 47 e na Tabela 48.

Tabela 47 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de fevereiro/2016 nas Terras Indígenas.

Parâmetro	Primeira campanha - fev/16		
	TI1	TI2	TI3
Cobre (mg.kg^{-1})	●	●	●
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	●	●
Cromo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭

● Ótima	● Regular	❍ Péssima
● Boa	● Ruim	▭ Não Detectado

Tabela 48 - Resultados dos parâmetros analisados em relação ao CQS – Critério de Qualidade de Sedimentos, relativas à campanha de agosto/2016 nas Terras Indígenas.

Parâmetro	Segunda campanha - ago/16		
	TI1	TI2	TI3
Cobre (mg.kg^{-1})	●	▭	▭
Chumbo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Cádmio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Zinco (mg.kg^{-1})	●	▭	●
Cromo (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Mercúrio (mg.kg^{-1})	▭	▭	▭
Aldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
α BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
β BHC (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Lindano (= γ BHC) (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Clordano (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDD (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDE (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
DDT (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Dieldrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Endrin (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Heptacloro (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Heptacloro epóxido (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
HCB (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭
Mirex (µg.Kg^{-1})	▭	▭	▭

● Ótima	● Regular	❍ Péssima
● Boa	● Ruim	▭ Não Detectado

Todas as variáveis quantificadas foram classificadas como com qualidade “ótima” em relação ao CQS. Muitas variáveis não foram quantificadas, devido à sua concentração ser inferior ao limite de detecção do método de análise utilizado em cada caso. Na Tabela 47 e na Tabela 48 estas variáveis não são classificadas, sendo utilizada a legenda “Não detectado”. Porém, o sedimento também poderia ser classificado como de qualidade “ótima” em relação a estas variáveis, por estarem presentes em concentrações muito baixas.

4.2.2 Granulometria

Conforme pode ser observado na Figura 108, os sedimentos coletados nas três estações na campanha do mês de fevereiro/2016 foram classificados como “Areia Fina” em relação à sua granulometria.

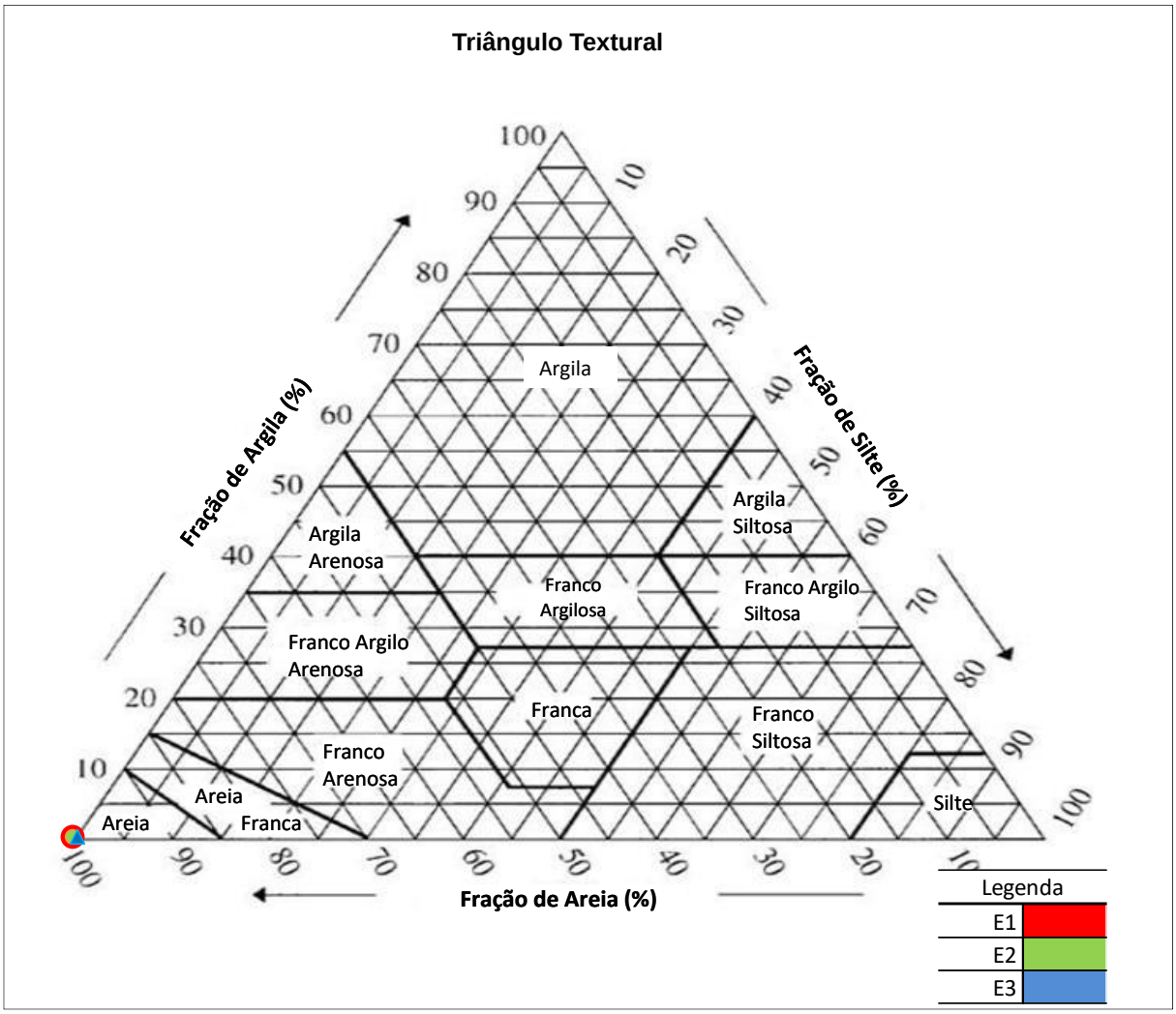


Figura 108 – Classificação textural dos sedimentos coletadas nas Terras Indígenas na campanha de fevereiro/2016.

Na segunda campanha, em agosto de 2016 (Figura 109), as amostras coletadas nas três estações tiveram a predominância de areia (entre 76,8 e 93%), sendo classificadas como “Areia Franca Grossa” (TI1), “Areia Grossa” (TI2) e “Areia Fina (TI3).

Estes resultados de granulometria corroboram com os resultados das análises físico-químicas realizadas, sendo que a areia possui uma baixa capacidade de adsorção de matéria orgânica e de outros poluentes que possam estar agregados.

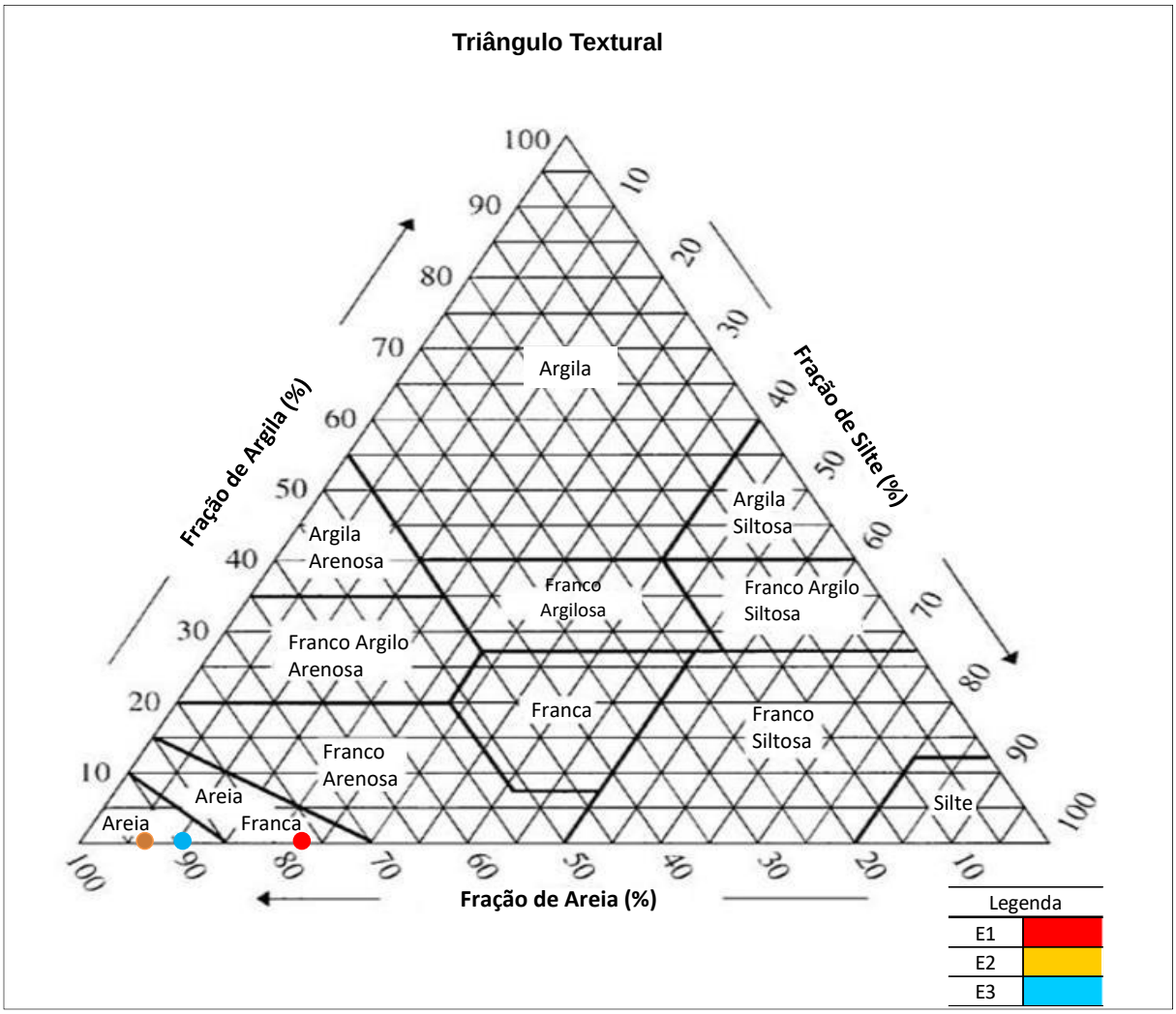


Figura 109 – Classificação textural dos sedimentos coletadas nas Terras Indígenas na campanha de agosto/2016

4.2.3 Comparativo Resultados Terras Indígenas

As estações monitoradas na região das Terras Indígenas foram monitoradas a partir de fevereiro/15. Apenas um desacordo foi observado nos monitoramentos anteriores, com a variável chumbo, na estação TI1, na campanha de agosto/15. A concentração, de 44,6 mg,L^{-1}., ultrapassou o limite do Nível 1, de 35 mg,L^{-1}. Todos os pesticidas ficaram abaixo do limite de detecção do método. Quanto a granulometria, a composição granulométrica da estação TI1 (Figura 110), houve variação na predominância, sendo que nas campanhas de fevereiro/15, fevereiro/16 e agosto/16 a areia foi predominante, e na campanha de agosto/15 o silte foi o elemento predominante. Conforme pode ser observado na Figura 111, na estação TI2, a areia foi predominante em todas as campanhas, com

exceção da campanha de agosto/15, onde houve um equilíbrio entre a areia e o silte. O mesmo ocoreu com as amostras coletadas na estação TI3, conforme apresentado na Figura 112. A predominância de areia e de silte (em menor quantidade), corroboram para a baixa concentração de matéria orgânica e de metais, uma vez que a areia possui baixa capacidade de retenção.

Assim como no monitoramento de sedimentos na região da UHE Mauá, vale ressaltar que as amostras são coletadas de forma pontual, podendo variar a localização exata de campanha para campanha.

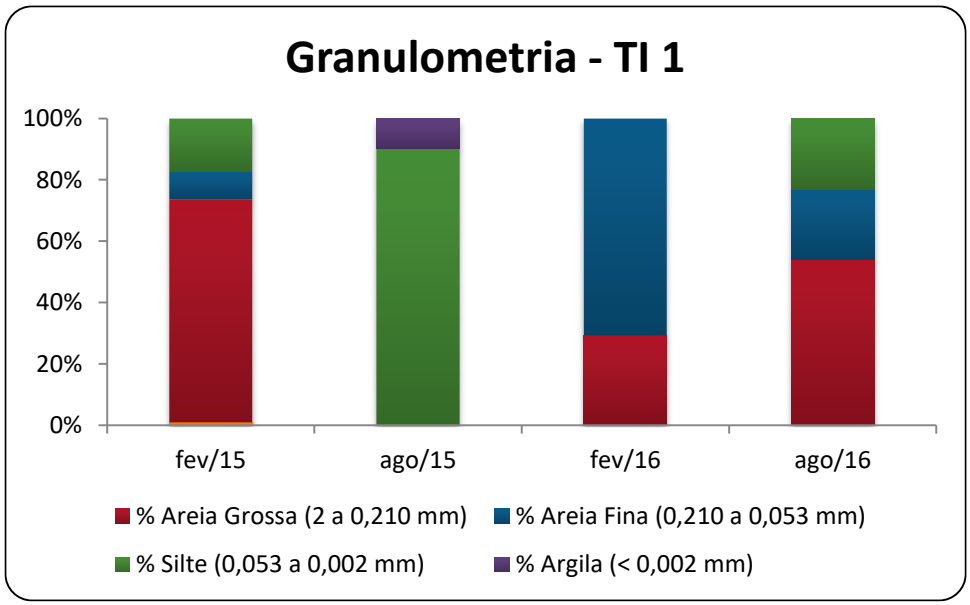


Figura 110 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI1

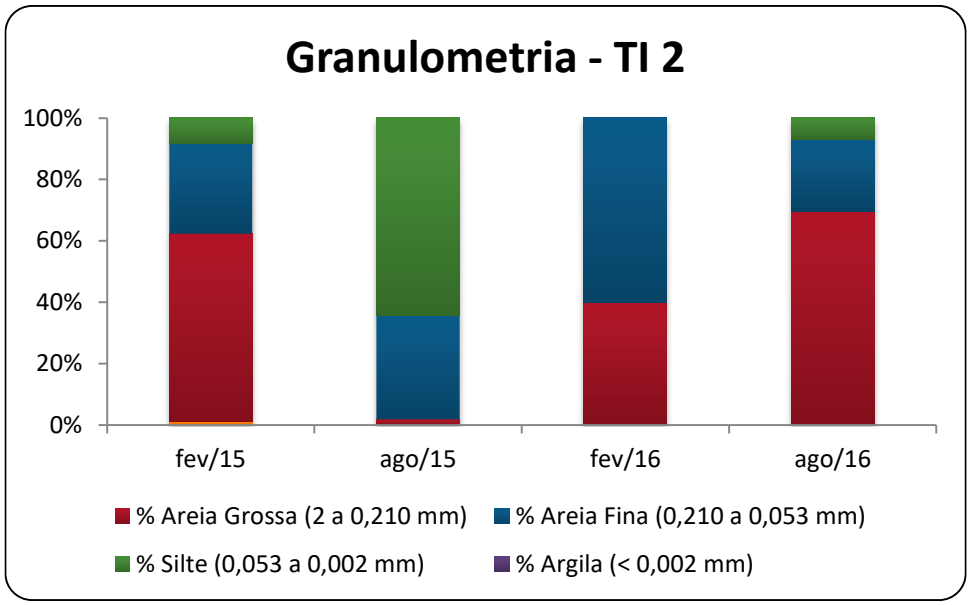


Figura 111 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI2

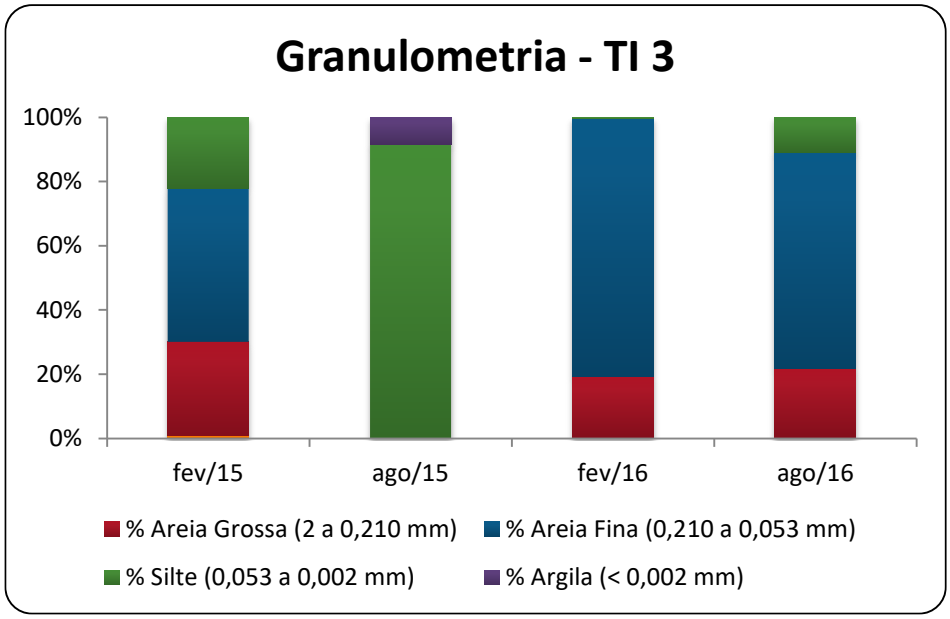


Figura 112 – Classificação textural dos sedimentos coletadas na estação TI3

4.3 Comunidade Fitoplanctônica

A comunidade de microalgas fitoplanctônicas de Terras Indígenas foi representada por 9 classes de algas: Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chrysophyceae, Chlamydophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Prasinophyceae. Um total de 51

táxons infragenéricos foram determinados (Tabela 49), sendo os mais representativos ilustrados na Figura 113.

Tabela 49– Listagem dos táxons identificados nos pontos de Terras Indígenas.

	TI 1	TI 2	TI 3
Bacillariophyceae			
Aulacoseira ambigua		x	x
Aulacoseira pusilla		x	
Aulacoseira tenella			x
Diadesmis confervacea			x
Discostella stelligera	x	x	x
Eunotia sp.			x
Gomphonema lagenula		x	x
Gomphonema gracile			x
Gomphonema parvulum			x
Gomphonema pseudoagur	x		
Gyrosigma scalproides		x	
Navicula cryptocephala	x		x
Navicula simulata	x		x
Nitzschia linearis		x	
Nitzschia palea	x	x	x
Pinnularia sp.	x		
Stenopterobia delicatissima	x		
Synedra goulardii		x	
vista pleural 3 - *Eunotia* sp.		x	
vista pleural 1 - *Fragilaria* sp.	x		
vista pleural 2 - *Navicula* sp.	x		
vista pleural 4 - *Encyonema* sp.	x		
Chlamydophyceae			
Chlamydomonas sp.2		x	x
Chlorophyceae			
Ankyra judai	x	x	x
Closteriopsis sp.		x	
Coelastrum reticulatum	x	x	x
Desmodesmus sp.25	x		
Elakatothrix gelatinosa	x		
Eutetramorus fottii		x	x
Eutetramorus sp.	x		x
Monoraphidium contortum	x	x	
Monoraphidium griffitti		x	
Monoraphidium minutum	x	x	x

Pseudokirchneriella contorta		x	
Scenedesmus ecornis			x
Willea crucifera	x		
Chrysophyceae			
Mallomonas akrokomos		x	
Synura sp.3		x	
Cryptophyceae			
Cryptomonas brasiliensis	x	x	x
Cryptomonas sp.2	x	x	
Rhodomonas lacustris	x	x	x
Cyanophyceae			
Microcystis aeruginosa		x	
cyanophyceae sp.4		x	
Cylindrospermopsis raciborskii	x	x	x
Dolichospermum circinalis	x	x	x
Dinophyceae			
Ceratium furcoides	x	x	x
Parvodinium umbonatum			x
Euglenophyceae			
Euglena sp.1	x		
Trachelomonas sp.3			x
Trachelomonas sp.8		x	
Prasinophyceae			
Nephroselmis sp.	x	x	x
Total	26	30	26

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

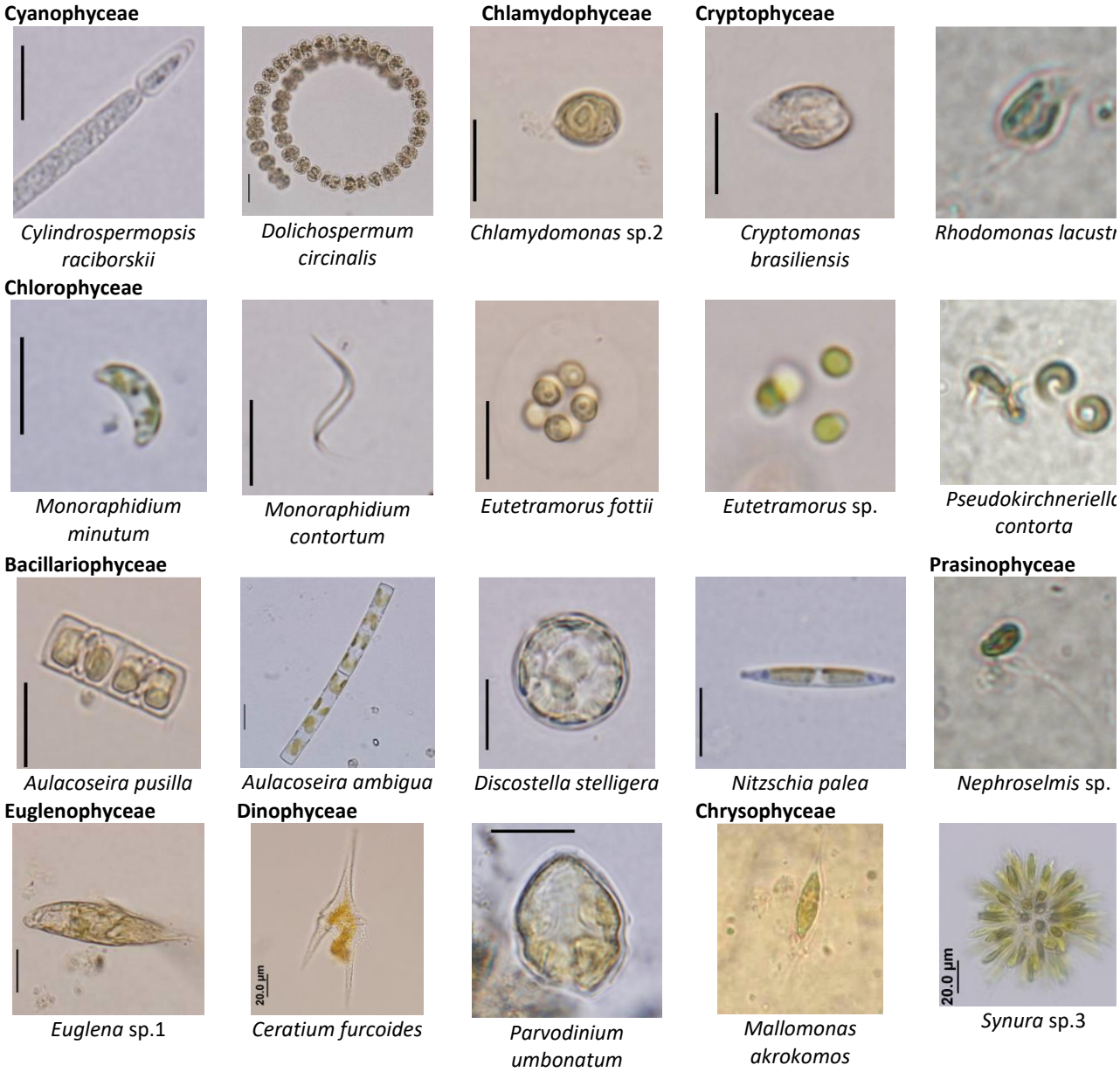


Figura 113- Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi, na região de Terras Indígenas.

As classes que apresentaram maior riqueza foram Bacillariophyceae (43%), Chlorophyceae (25%) e Cyanophyceae (8%) (Figura 114), assim como registrado em campanhas anteriores.

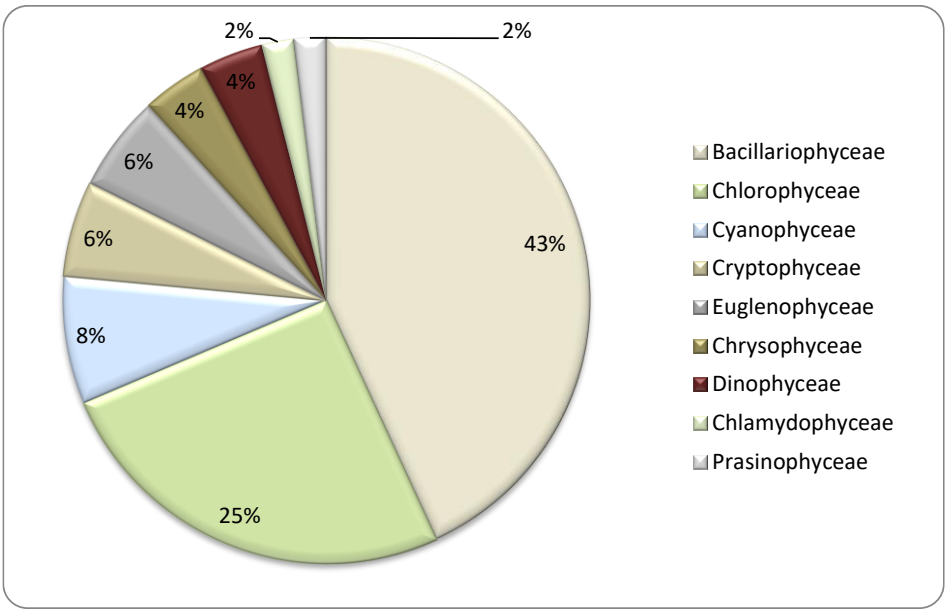


Figura 114- Riqueza percentual de táxons por classes nos pontos de Terras Indígenas.

Em médias, as três estações amostradas apresentaram composição e número de espécies semelhantes (TI 1 - 26 táxons, TI 2 - 30 táxons e TI 3 - 26 táxons), havendo maior representatividade de diatomáceas, clorofíceas unicelulares e cenobiais, e cianobactérias (Figura 115).

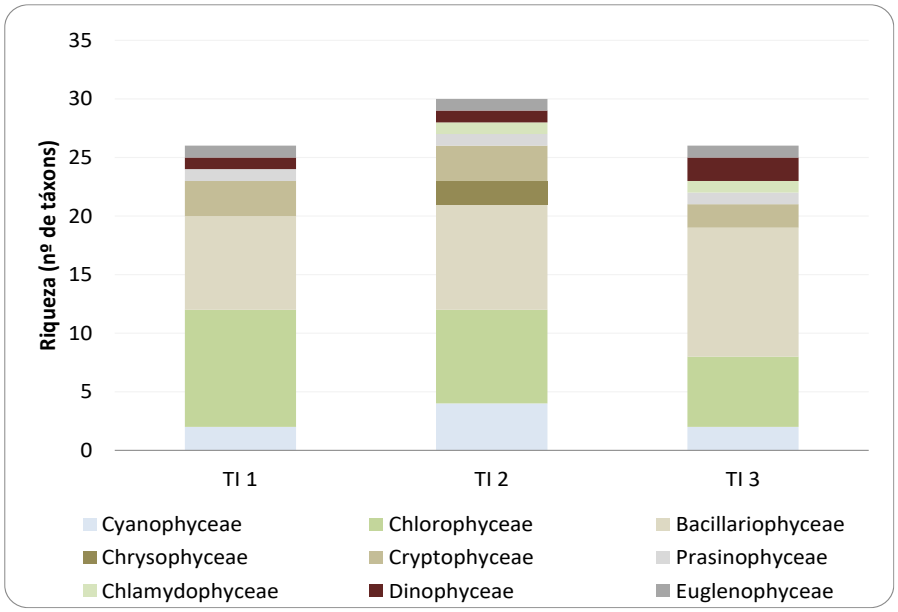


Figura 115 - Riqueza de táxons por classes em cada estação de coleta analisada em Terras Indígenas.

Considerando a média das classes algais nos pontos de coleta, nota-se que as Cyanophyceae predominaram em quase todos os meses amostrados (Figura 116), exceto novembro/15. Neste

período, a algas verdes (Chlorophyceae), diatomáceas e fitoflagelados representaram importante parcela da comunidade fitoplanctônica.

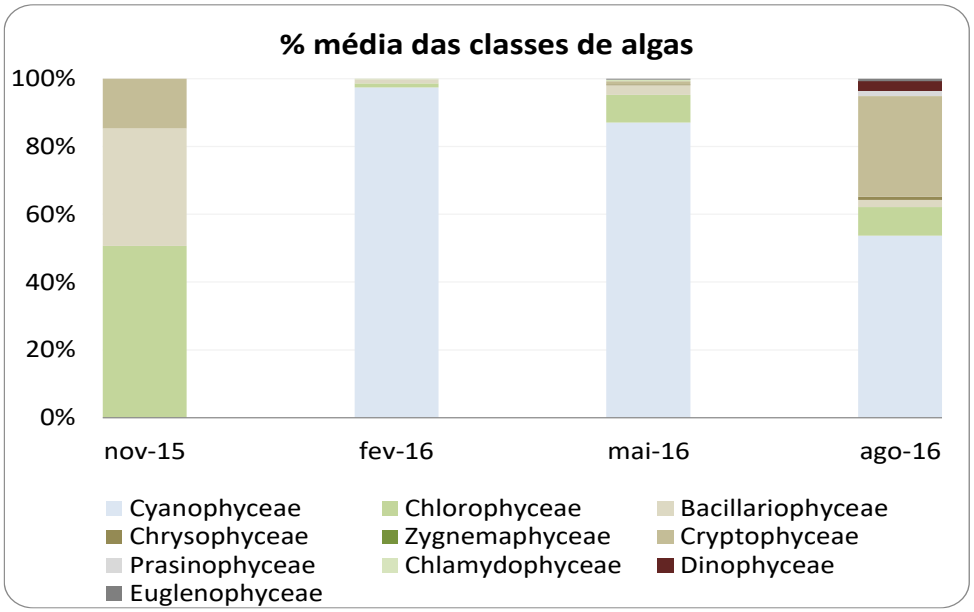


Figura 116- Contribuição percentual temporal da densidade celular média mensal das principais classes de algas no período entre novembro/15 e agosto/16.

De maneira geral, os valores de densidade fitoplanctônica e clorofila-a foram relativamente baixos em todos os meses amostrados (<8.000 cél.mL^{-1} e 4,8 µg.L^{-1}, respectivamente) (Figura 117) e apresentaram correlação positiva elevada (r= 0,77). Densidades celulares mais elevadas foram registradas em fevereiro/16 devido ao predomínio da cianobactéria filamentosa *Cylindrospermopsis raciborskii*, a qual correspondeu até 82,6% do total de células contadas.

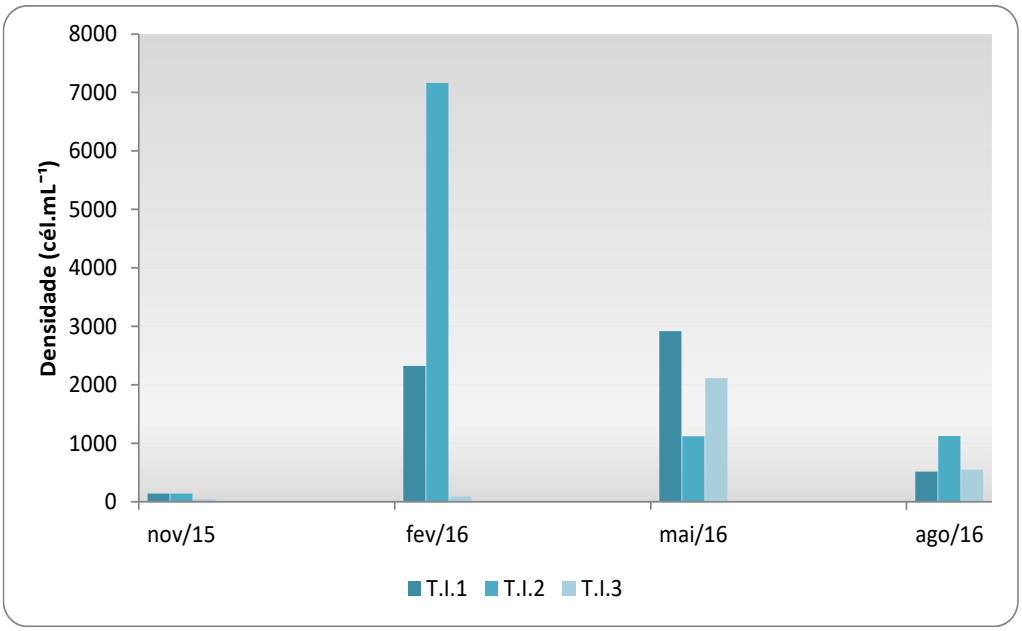


Figura 117 - Variação temporal das densidades celulares mensais do fitoplâncton em Terras Indígenas.

A cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* ocorreu nas amostras, mas em densidades baixas (<6.000 cél.mL^{-1}). Além desta espécie, outras cianobactérias potencialmente tóxicas foram constatadas no período amostral (*Dolichospermum circinalis* e *Microcystis aeroginosa*), mas o número de células registrado foi inferior a 3.000 cél.mL^{-1}. Representantes destes gêneros são mencionados na literatura como sendo potenciais produtores de hepatotoxinas (microcistinas, cilindrospermopsinas) e/ou neurotoxinas (anatoxinas, saxitoxinas) (CETESB, 2013; Chorus & Bartram, 1999; Panosso et al., 2007; Tedesco & Clercin, 2011).

4.3.1 Diagnóstico integrado com os resultados apresentados no relatório anterior

Houve semelhanças nos resultados obtidos nas análises quali/quantitativas do fitoplâncton de Terras Indígenas das campanhas de novembro/15 a agosto/16 com as de setembro/14 a agosto/15. As três estações amostradas vem apresentando composição e número de espécies semelhantes, com maior representatividade de diatomáceas, clorofíceas e cianobactérias.

4.4 Comunidade Zooplanctônica

4.4.1 Composição e Abundância de Rotíferos

Nos pontos de coleta localizados no trecho do rio Tibagi das Terras Indígenas, a comunidade zooplanctônica foi representada por 24 táxons. Desse total, 11 pertencem aos rotíferos, 8 aos cladóceros e 5 aos copépodes adultos (Tabela 50 e Tabela 51).

Dados registrados para a frequência de táxons de rotíferos nos pontos de coleta localizados no trecho do rio Tibagi nas Terras Indígenas, mostraram que as Famílias Synchaetidae (2 táxons) e Lecanidae (2 táxons) foram as mais representativas no período monitorado (Figura 118).

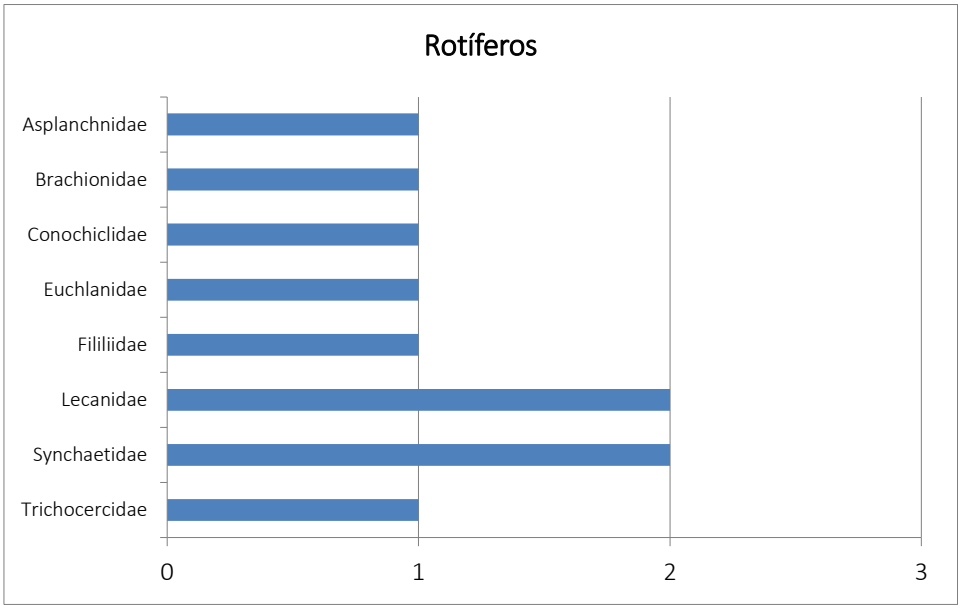


Figura 118- Número de táxons por Família de rotíferos identificados nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

Os táxons com maior frequência de ocorrência nas amostras foram *Polyarthra vulgaris* (50%), *Conochilus unicornis* (42%), *Asplachna sieboldi* (33%) e a Ordem Bdelloidea (50%) (Tabela 50). *P. vulgaris*, *C. unicornis* e a ordem Bdelloidea também foram dominantes nas amostras coletadas no mesmo período no reservatório da UHE de Mauá. Comparando os dados com ciclo 2014-2015, apenas *A. sieboldi* ocorreu com frequência nesse monitoramento.

Tabela 50 - Lista de táxons e frequência de ocorrência de rotíferos amostrados nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

ROTIFERA	Freq. (%)	ROTIFERA	Freq. (%)

Asplanchnidae		**Lecanidae**	
Asplanchna sieboldi	33	*Lecane elsa*	8
Brachionidae		*Lecane pyriformis*	8
Keratella americana	8	**Synchaetidae**	
Conochilidae		*Polyarthra vulgaris*	50
Conochilus unicornis	42	*Synchaeta longipes*	25
Euchlanidae		**Trichocercidae**	
Euchlanis dilatata	8	*Trichocerca similis grandis*	25
Filiniidae		**Ordem Bdelloidea**	50
Filinia longiseta	8		

A riqueza de táxons de rotíferos foi maior no ponto TI 3, nos meses de maio/16 e agosto/2016 (4 táxons). Para a equitabilidade (E), os pontos TI 2 e TI 3 apresentaram maiores médias, mostrando que nesses pontos a riqueza e abundância foram mais uniformes, principalmente nas amostras do mês de novembro/15. A diversidade (H') registrou as maiores médias nos pontos TI 2 e TI 3, nos meses de novembro/15 e maio/16. Entre os pontos de amostragem, foi observado para esses atributos da comunidade, um gradiente longitudinal crescente no sentido à foz do rio, com a maior média registrada no ponto TI 3 (Figura 119 a, b, c).

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

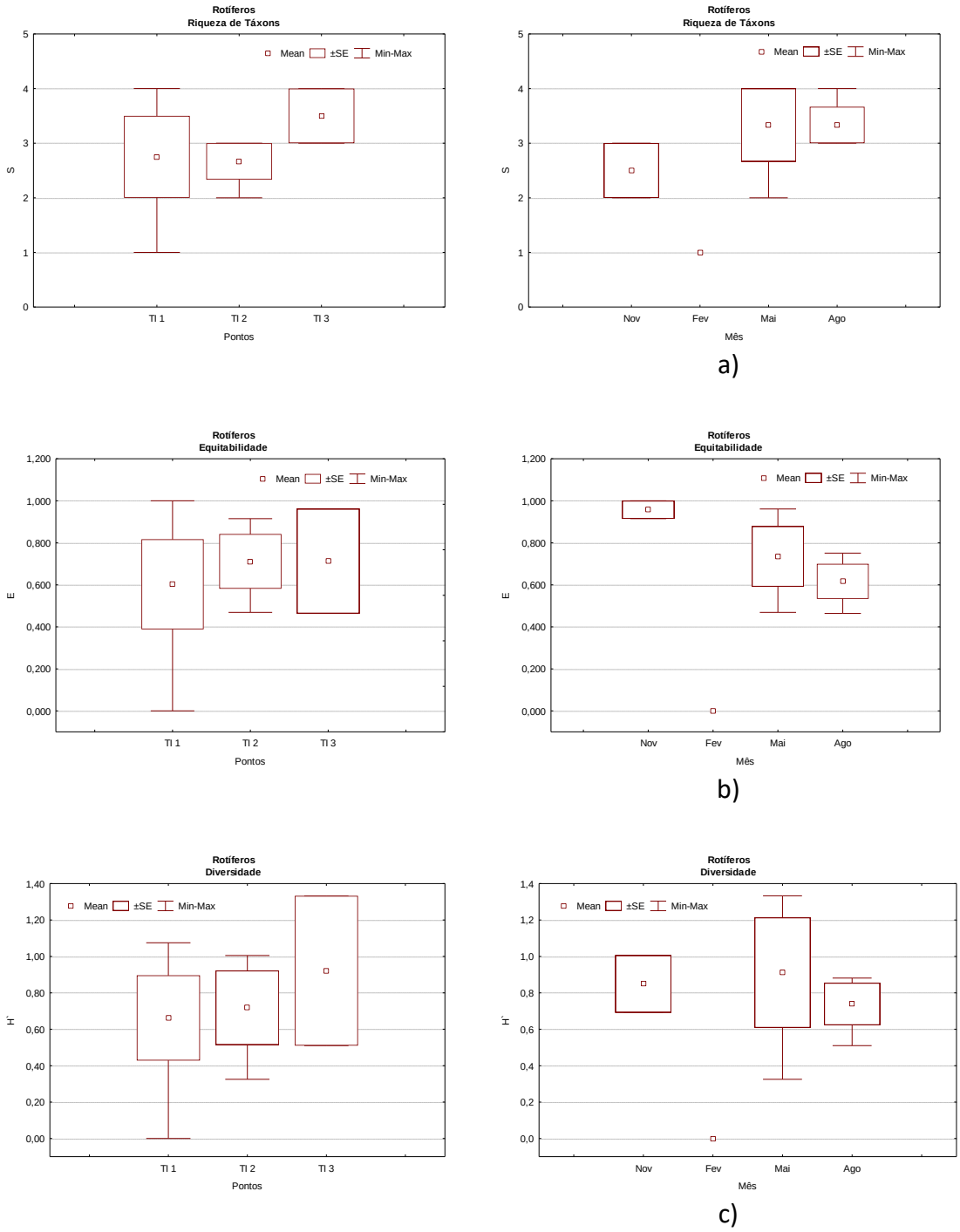


Figura 119 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidades de rotíferos nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

Os dados obtidos para a dinâmica espacial e temporal das abundâncias de rotíferos mostraram que os maiores valores ocorreram no ponto TI 1, com dominância de *Asplanchna sielboldi* (32.044

org./m^3), no mês de agosto/16. As menores densidades foram registradas no ponto TI 3, no mês de fevereiro/16, onde nenhum organismo foi registrado (Figura 120).

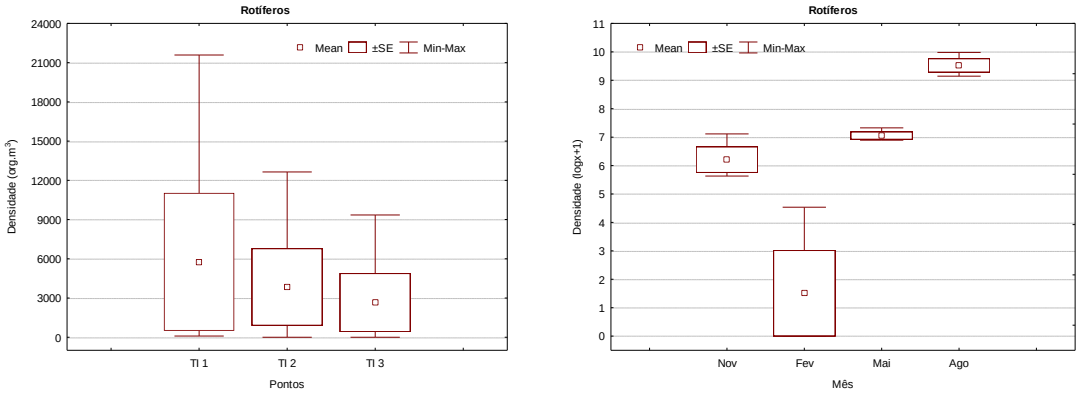


Figura 120 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de rotíferos nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

4.4.2 Composição e Abundância de Microcrustáceos

Foram identificados 8 táxons de cladóceros, distribuídos em 4 Famílias. Daphniidae foi a Família dominante, representada por quatro táxons, seguida por Sididae com dois táxons. Para os copépodes foram registradas as Famílias Cyclopidae (3 táxons) e Diaptomidae (2 táxons) (Figura 121).

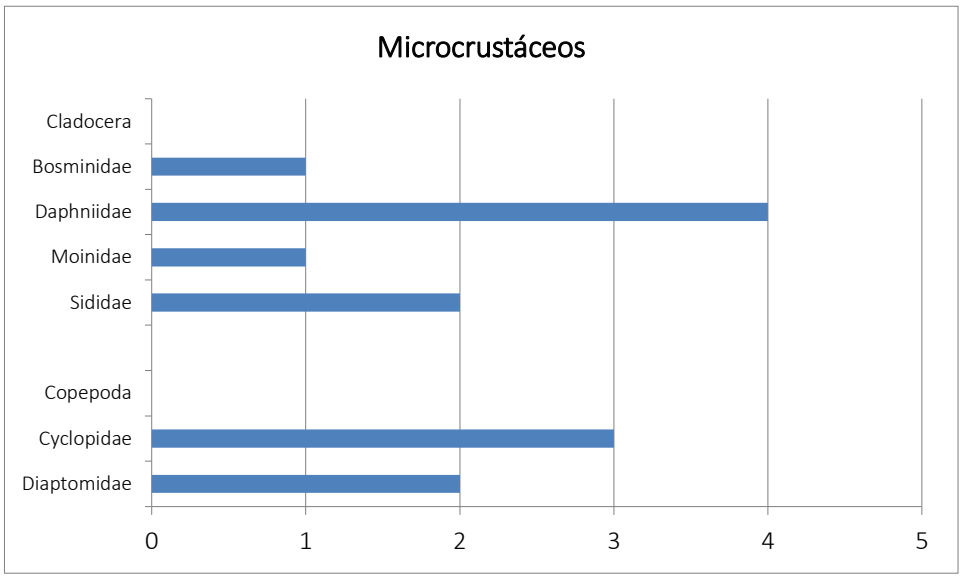


Figura 121 Número de táxons por Família de microcrustáceos identificados nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

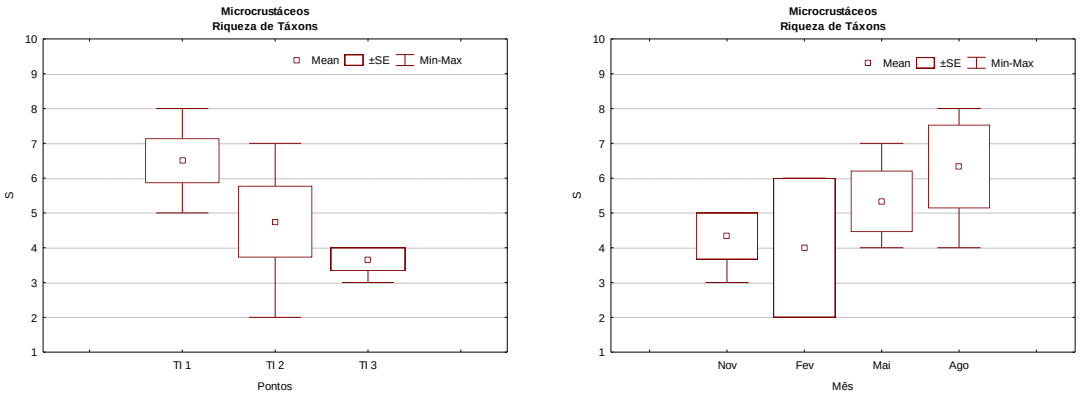
Os táxons mais frequentes entre os cladóceros foram *Ceriodaphnia cornuta* (58%), *Bosmina hagmanni* (50%) e *C. Silvestrii* (50%). Os náuplios (83%) e copepoditos (67%) de Cyclopoida também foram os mais representativos no trecho do rio monitorado. Entre as formas adultas de copépodos, os Calanoida *Notodiaptomus deitersi* (67%) e *N. amazonicus* (42%) ocorreram com maior frequência (Tabela 51).

Tabela 51 - Lista de táxons e frequência de ocorrência de microcrustáceos amostrados nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

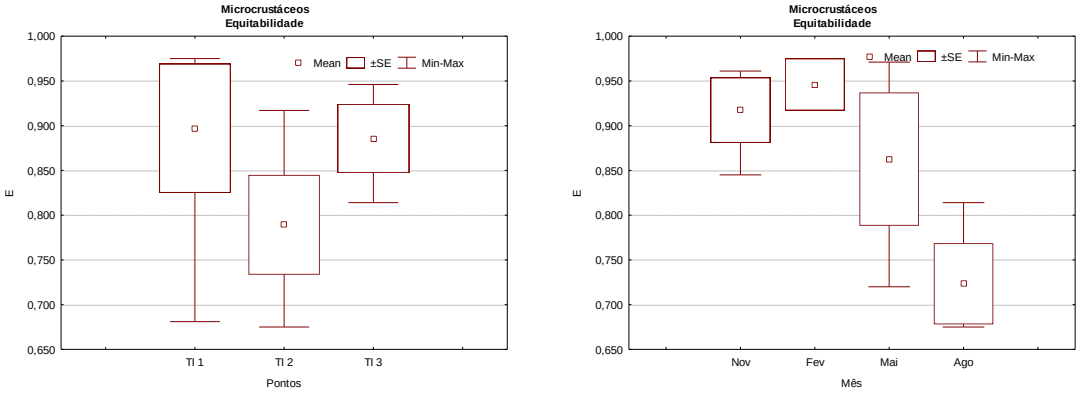
CLADOCERA	Freq. (%)
Bosminidae	
Bosmina hagmanni	50
Daphniidae	
Ceriodaphnia cornuta	58
Ceriodaphnia silvestrii	50
Daphnia gessneri	33
Daphnia parvula	17
Moinidae	
Moina minuta	25
Sididae	
Diaphanossoma brevirreme	33
Diaphanossoma spinulosum	33
COPEPODA	
Cyclopidae	
Metacyclops sp.	17
Thermocyclops decipiens	8
Thermocyclops minutus	25

CLADOCERA	Freq. (%)
Diaptomidae	
Notodiaptomus amazonicus	42
Notodiaptomus deitersi	67
Náuplio	
Calanoida	58
Cyclopoida	83
Copepodito	
Calanoida	58
Cyclopoida	67
Harpacticoida	8

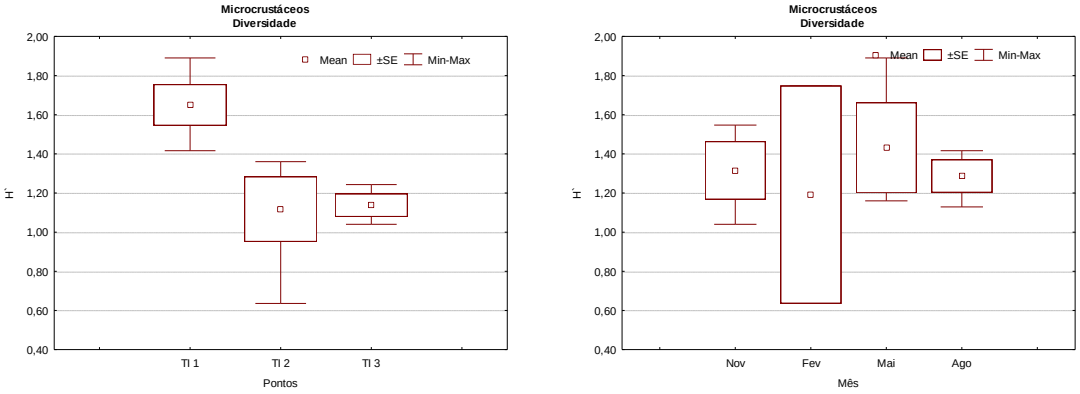
O maior número de táxons de microcrustáceos ocorreu no ponto TI 1 (8 táxons), no mês de agosto/16, e o menor no ponto TI 2 (2 táxons) no mês de fevereiro/16, (Figura 122 a). Para a equitabilidade (E), os maiores valores foram registrados nos pontos TI 1 e TI 3, nos meses de novembro/15 e fevereiro/16. O menor valor para esse atributo da comunidade, foi observado no ponto TI 2, no mês de agosto/16 (Figura 122 b). Os maiores índices de diversidade (H') para os microcrustáceos foram observados no ponto TI 1, no mês de agosto/16, e os menores no ponto TI 3, no mês fevereiro/16 (Figura 122 c).



a)



b)



c)

Figura 122 - Variabilidade espacial e temporal dos índices de diversidades de microcrustáceos nos pontos de coleta das Terras Indígenas.

Os valores obtidos para as densidades de microcrustáceos seguiram o mesmo padrão apresentado para a riqueza e diversidade (H'), com maiores médias no ponto TI 1 e menores no ponto

TI 3. A maior densidade de cladóceros foram registradas no ponto TI 1, nos mês de agosto/16, sendo *Bosmina hagmanni* (11.705 org./m^3) o táxon mais abundante. Entre os copépodos, os náuplios (6.861 org./m^3) e copepoditos (3.853 org./m^3) de Cyclopoida contribuíram para os picos de abundância entre os pontos e meses de amostragem (Figura 123).

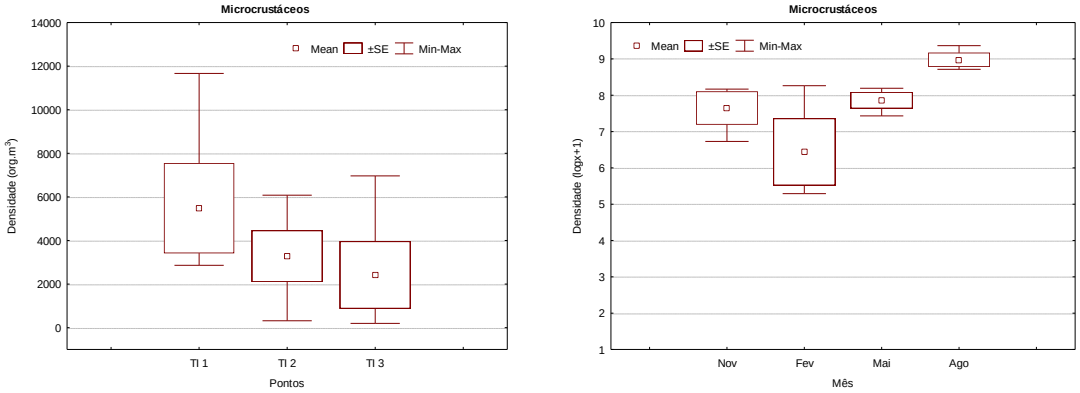
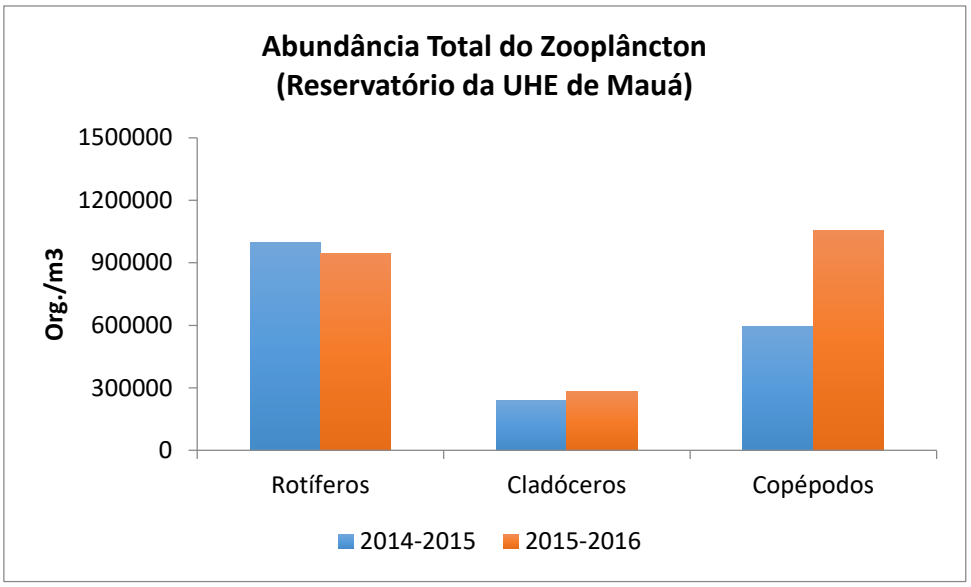


Figura 123 - Variabilidade espacial e temporal das densidades (org./m^3) de microcrustáceos nos pontos de coleta localizados nas Terras Indígenas.

4.4.3 Comparações entre as áreas monitoradas

Comparando as duas áreas e os ciclos monitorados, o zooplâncton amostrado na zonas lacustre, intermediária do reservatório e a jusante da barragem da UHE de Mauá, registraram maiores densidades em relação aos pontos localizados à montante da barragem (E1, E2 e, E3) e nas Terras Indígenas (T1, T2 e T3). No ciclo 2015-2016 as densidades dos microcrustáceos foram maiores que as do ciclo 2014-2015, principalmente para os copépodos que registraram os maiores picos de abundância, em relação aos períodos monitorados e ao zooplâncton. A riqueza de táxons seguiu o mesmo padrão de distribuição espacial registrado para a densidade nas duas áreas estudadas. Os microcrustáceos foram favorecidos com a formação do reservatório e também se tornaram mais representativos nos pontos localizados nas Terras Indígenas (Figura 124).



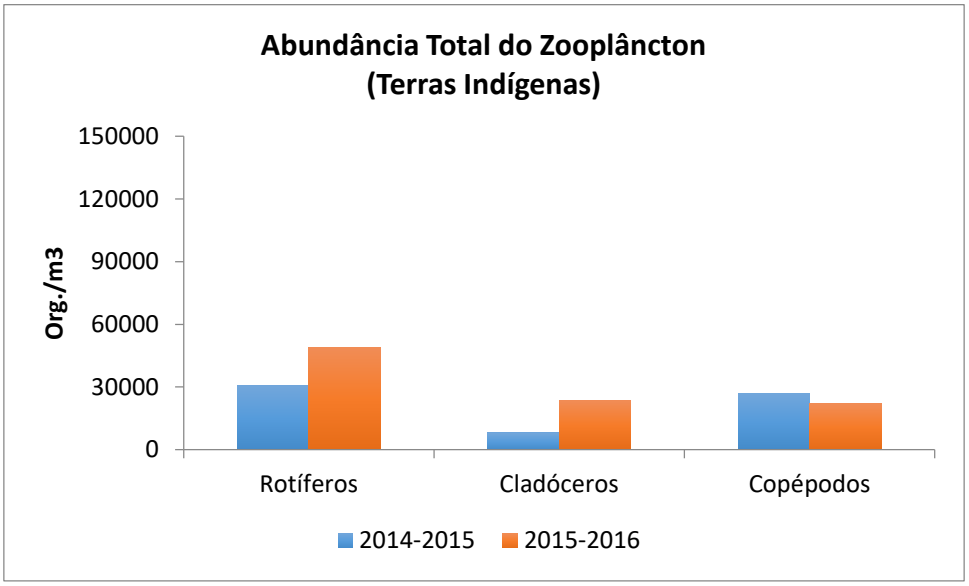


Figura 124 - Comparações entre as abundâncias (total de org./m^3) do zooplâncton amostrado no reservatório da UHE de Mauá e nas Terras Indígenas.

Com relação a frequência de ocorrência de táxons nas amostras, os copépodos foi o único grupo que registrou uma alteração na composição de táxons entre as áreas monitoradas. Para esse grupo, *Thermocyclops decipiens* e *Thermocyclops minutus* dominaram no reservatório e *Notodiaptomus deitersi* e *N. amazonicus* nas Terras Indígenas. Rotíferos e cladóceros não registraram diferenças para a frequência de táxons no reservatório e no trecho do rio Tibagi nas Terras Indígenas.

Com relação às densidades no reservatório da UHE de Mauá, os maiores picos de rotíferos foram registrados nos pontos E4, E6 e E10, localizados no corpo central do reservatório. *Conochilus unicornis*, *Polyarthra vulgaris* e *Asplanchana sieboldi* registraram as maiores densidades no ciclo 2015-2016, e *Conochilus coenobasis* e *Kellicottia bostoniensis* no ciclo 2014-2015. Os cladóceros *Bosmina hagmanni* e *Ceriodaphnia cornuta* dominaram nas amostras do ciclo 2015-2016 e *Daphnia parvula* e *Bosmina hagmanni* nas amostras coletadas no ciclo de 2014-2015. Entre os copépodes, *Thermocyclops decipiens* e *T. minutus* mantiveram-se dominantes dos dois ciclos monitorados. Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença entre as densidades nos pontos e nos ciclos de 2014-15 e 2015-2016 (Figura 125).

As menores densidades ocorreram nos pontos localizados mais a montante da barragem (E1, E2 e E3). Nesses pontos as densidades registradas no ciclo 2014-2015 foram maiores das registradas no ciclo 2015-2016 (Figura 125). Entre os meses de coleta, as densidades não diferiram entre os dois últimos ciclos. Os náuplios e copepoditos de Cyclopoida continuaram registrando os maiores picos de abundância.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

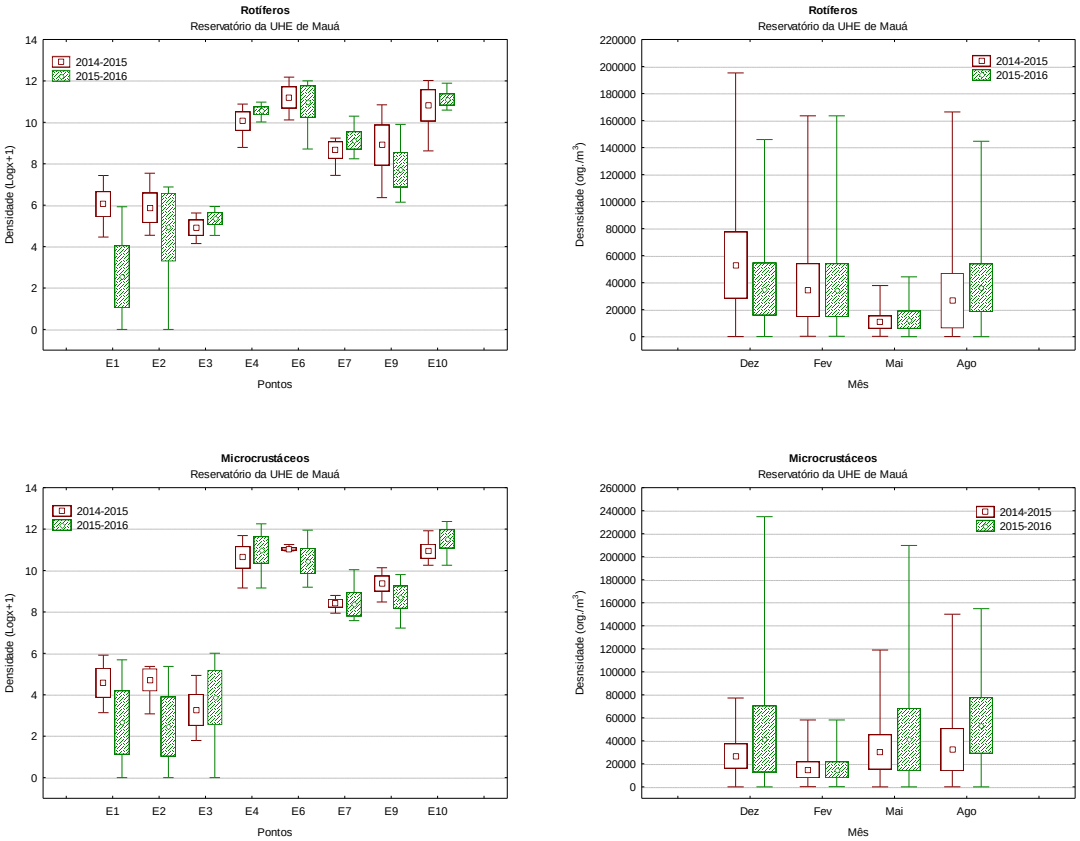
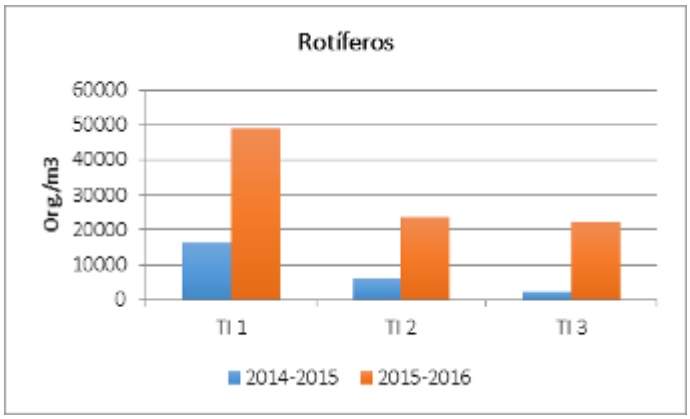
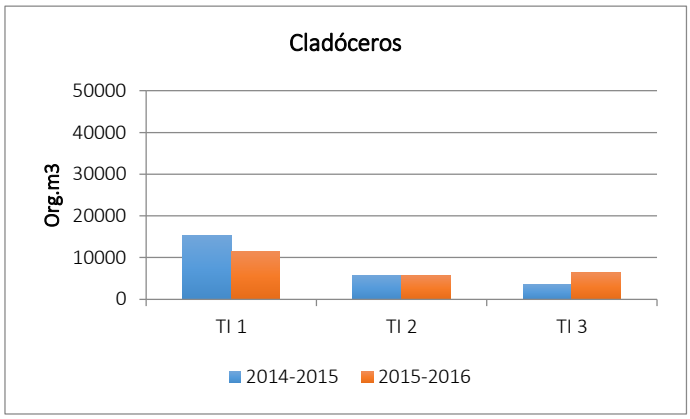


Figura 125 - Comparações das densidades do zooplâncton no reservatório da UHE de Mauá.

Nas Terras Indígenas, as densidades de rotíferos foram superiores as registradas no ciclo 2014-2015, com maiores densidades registradas para *Synchaeta longipes* e *Synchaeta* sp.. Para o ciclo 2015-2016, *Asplanchana sieboldi* foi o táxon mais abundante nos pontos de coleta do trecho do rio Tibagi, localizados nas Terras Indígenas. Nos dois últimos ciclos monitorados, as menores densidades ocorreram no ponto TI 3. Entre os microcrustáceos, os náuplios e copepoditos de Cyclopoida e o cladócero *Bosmina hagmanni* permaneceram como os táxons mais frequentes e abundantes durante em todos os períodos monitorados (Figura 126).





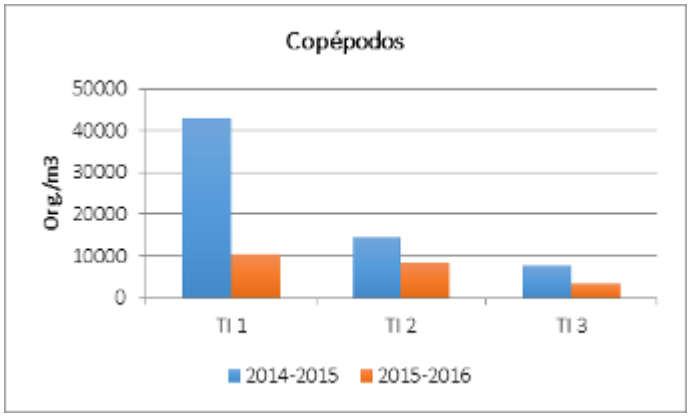


Figura 126 - Comparações das densidades do zooplâncton nas Terras Indígenas

4.5 Macroinvertrados Bentônicos

4.5.1 Descrição das estações de amostragem com base no estudo de macroinvertebrados bentônicos

4.5.1.1 Estação – TI1 - Terras Indígenas Mococa

A estação localiza-se a jusante das Terras Indígenas Mococa em uma margem de deposição do rio.

As margens possuem mata ciliar com árvores de aproximadamente 15 m de altura. O leito do rio é rochoso e com forte vazão durante todo o período de coletas (Figura 127). Não foram observadas alterações nas margens durante o período do monitoramento trimestral.

Figura 127 - Fotos da Estação de coletas nas Terras Indígenas Mococa (TI1) localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante agosto 2016. Fotos de Roger Dalcin.

4.5.1.2 Estação – TI2 - Terras Indígenas Apucaraninha

A TI2 está localizada as margens das Terras Indígenas Apucaraninha. O local apresenta uma área de mata ciliar bem preservada.

O rio apresenta fortes corredeiras caracterizando o local como lótico. O fundo é rochoso com algumas porções marginais de areia grossa (Figura 128).

Figura 128 - Fotos da Estação de coletas nas Terras Indígenas Apucaraninha localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, durante 2015/2016. Fotos de Roger Dalcin.

4.5.1.3 Estação – TI3 - Terras Indígenas Barão de Antonina

A estação (TI3) está localizada na margem oposta das Terras Indígenas Barão de Antonina.

Nesta localidade a mata ciliar foi suprimida e as margens estão cobertas exclusivamente por gramíneas. A profundidade variou de 1 a 3 m dependendo do regime de chuvas (Figura 129).

O fundo na região marginal é composto de areia grossa e leito do rio, rochoso. As coletas foram realizadas com um puçá para explorar melhor todo o ambiente.

Durante os trimestres a profundidade no local variou muito. Nos períodos de maior vazão a água cobriu os barrancos em mais de 3 m.

Novembro 2015

Agosto 2016

Agosto 2016

Figura 129 - Fotos da Estação TI3, nas Terras Indígenas Barão de Antonina localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá. Fotos de Rosemary A. Brogim, Roger Dalcin e Pedro C. Pinheiro. Ciclo 2015-2016 na UHE Mauá, Telêmaco Borba, PR.

4.5.2 Resultados e Discussão das estações das Terras Indígenas

Neste estudo foi realizado o diagnóstico dos macroinvertebrados aquáticos nas regiões das Terras Indígenas de Mococa (TI1), Apucaraninha (TI2) e Barão de Antonina (TI3). No período estudado, foram realizadas coletas trimestrais entre novembro/15 e agosto/16. Nas três estações foram coletadas 60 amostras. O total de animais identificados foi de 634 distribuídos em 35 táxons.

Na Tabela 52 são listados os táxons registrados. A maioria dos táxons corresponde a famílias e gêneros de insetos aquáticos das ordens Ephemeroptera com 5 táxons, Diptera com 8 táxons, Coleoptera e Hemiptera com 4 táxons cada um. Além dos insetos foram coletados Turbellaria, Oligochaeta e Aranae com 1 táxon cada um e Mollusca com 5 táxons. Os insetos aquáticos também

foram predominantes com relação ao número de indivíduos atingindo 96 % (610 animais) do total da amostra.

Dos táxons capturados 4 ainda não tinham sido coletados neste trecho do rio (Tabela 52).

Tabela 52 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos registrados no trecho do rio Tibagi das Terras Indígenas Mococa (TI1), Apucaraninha (TI2) e Barão de Antonina (TI3) (Paraná) de setembro de 2015 a agosto de 2016. Os táxons em destaque ainda não tinham sido amostrados para estas localidades.

	Família	*Táxon*		*Família*	*Táxon*
Turbellaria			Hemiptera	Gerridae	*Brachymetra sp.*
Oligochaeta					*Eobates sp.*
Bivalvia	Corbiculidae	*Corbicula fluminea*			*Rheumobates sp.*
	Pisidiidae	*Pisidium sp.*		Notonectiidae	*Notonecta sp.*
Gastropoda	Thiaridae	*Aylacostoma sp.*	Coleoptera	Elmidae	*Heterelmis sp.*
	Lymnaeidae	*Lymnaea sp.*			*Hexanchorus sp.*
	Ampularridae	*Pomacea sp.*			*Macrelmis sp.*
Insecta					*Phanocerus sp.*
Diptera	Ceratopogonidae	*Ceratopogonidae*	Lepidoptera	Pyralidae	*Lepidoptera*
	Culicidae	Culicidae	Odonata	Coenagrionidae	*Acanthagrion sp.*
	Chironomidae	Chironominae		Gomphidae	*Phyllocycla sp.*
		Orthocladiinae		Libellulidae	*Macrothemis sp.*
		Tanypodinae	Trichoptera	Hydropsychidae	*Smicridea sp.*
	Simulidae	*Simulium sp.*		Philopotamidae	*Chimarra sp.*
	Tipulidae	Tipulidae	Araneae		Araneae
	Empididae	Empididae			
Ephemeroptera	Baetidae	*Camelobaetidius sp.*			
		Cloeodes sp.			
	Leptophlebiidae	*Hagenulopsis sp.*			
		Traveryphes sp.			
		Tricorythopsis sp.			

4.5.2.1 Estação Terra Indígena de Mococa – TI1

Na TI1 foram coletados 280 exemplares dispostos em 17 táxons, sendo que 76% do total dos táxons foram de insetos (13 táxons).

O número médio de táxons na estação TI1 não ultrapassou 4,4 ± 1,9 táxons/0,026 m^2 registrado em agosto/16. Os períodos com menor número de táxons foram novembro/15 e maio/16, com 0,6 ± 0,9 e 1,8 ± 0,8 táxons/0,026 m^2 respectivamente (Figura 130 A).

Os valores médios do número de táxons registrados em todas as estações durante o período do monitoramento foram inferiores ao apresentado por Jorcin & Nogueira (2008) com mais de 15 táxons coletados em uma estação situada na foz do rio Tibagi.

De maneira geral os períodos amostrados ocorreram em dias que antecederam períodos chuvosos, o que dificulta a permanência dos animais no ambiente. Os macroinvertebrados embora possuam estruturas morfológicas e comportamentais para se fixarem no ambiente muitas vezes são vencidos pela força da vazão em períodos chuvosos.

A deriva de macroinvertebrados é um componente da ecologia de rios que se refere ao transporte passivo de organismos rio abaixo (Allan, 1995). Embora seja considerado um mecanismo comportamental de muitos insetos aquáticos, outros grupos, como, por exemplo, insetos adultos das áreas adjacentes, podem ser transportados pela correnteza. Nas regiões tropicais a deriva de invertebrados aquáticos ocorre ao longo de todo ano com ausência de sazonalidade (Ramirez & Pringle, 1998) ou com pequenas flutuações em regiões com períodos climáticos bem definidos (Turcotte & Harper, 1982). Por outro lado, chuvas intensas e/ou com elevada frequência podem aumentar a deriva dos macroinvertebrados (Allan, 1995).

As chuvas tendem a carrear muitas larvas e ninfas e podem dificultar a emergência, o voo e a reprodução de muitas espécies (Paprock, 1997; Kikuchi & Uieda, 1998).

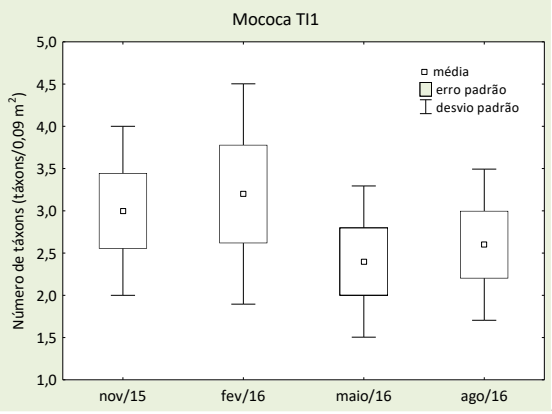
Os táxons registrados nesta estação foram Platyhelminthes, Oligochaeta, *C. fluminae*, os dípteros Chironominae, Empididae, Tanypodinae e *Simulium* sp., os efemerópteros *Camelobaetidius* sp. e *Cloeodes* sp., os hemípteros *Eobates* sp. e *Brachymetra* sp., Lepidoptera, os odonatos *Macrothemis* sp. e *Phyllocycla* sp., o tricóptero *Smicridae* sp. e Araneae.

Os grupos mais frequentes e abundantes foram os dípteros, e tricópteros (Figura 131 A e Figura B).

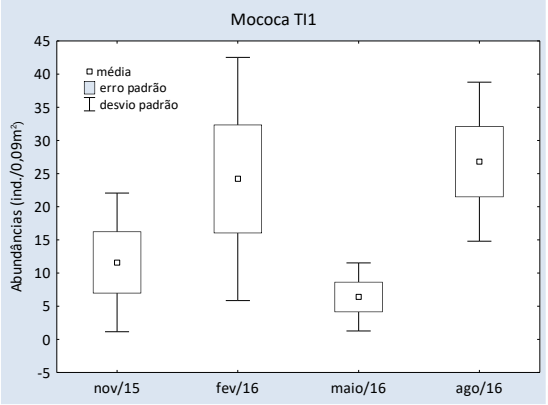
As abundâncias médias foram baixas na maioria dos meses não ultrapassando 26,8 ± 12,0 ind./0,026 m^2, registrado em fevereiro/16 (Figura 130 B). Os táxons mais abundantes foram Chironominae (70%) e *Notonecta* sp. (15%) que representaram 85% da amostra.

A menor diversidade foi registrada em agosto/16 (0,62) e a maior em novembro/15 (2,24) (Figura 130 C).

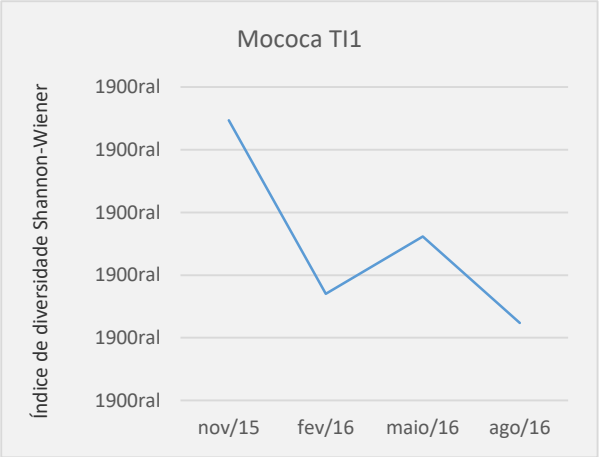
Comparando com o Ciclo 2014/2015, tanto o número de táxons como as abundâncias médias foram menores neste ciclo.



A.

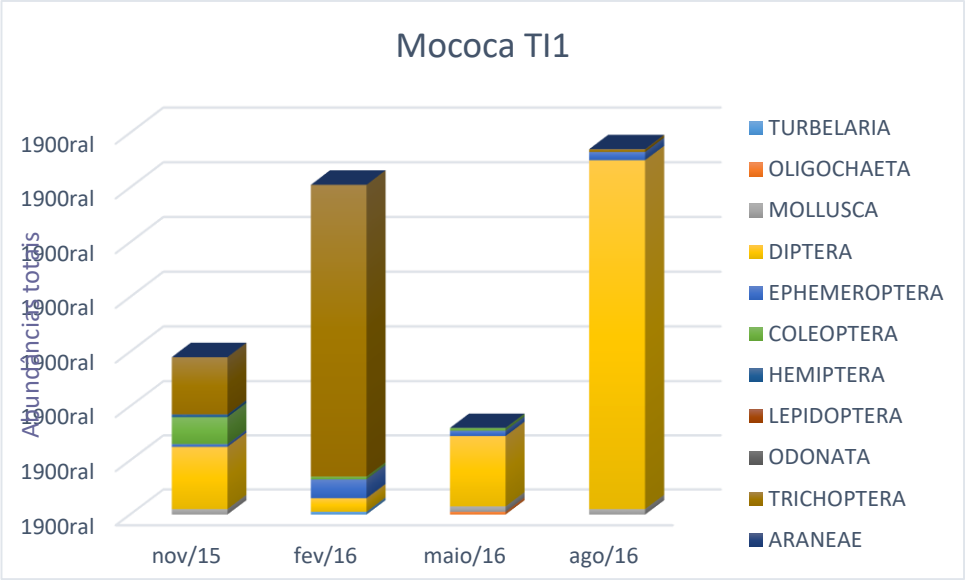


B.

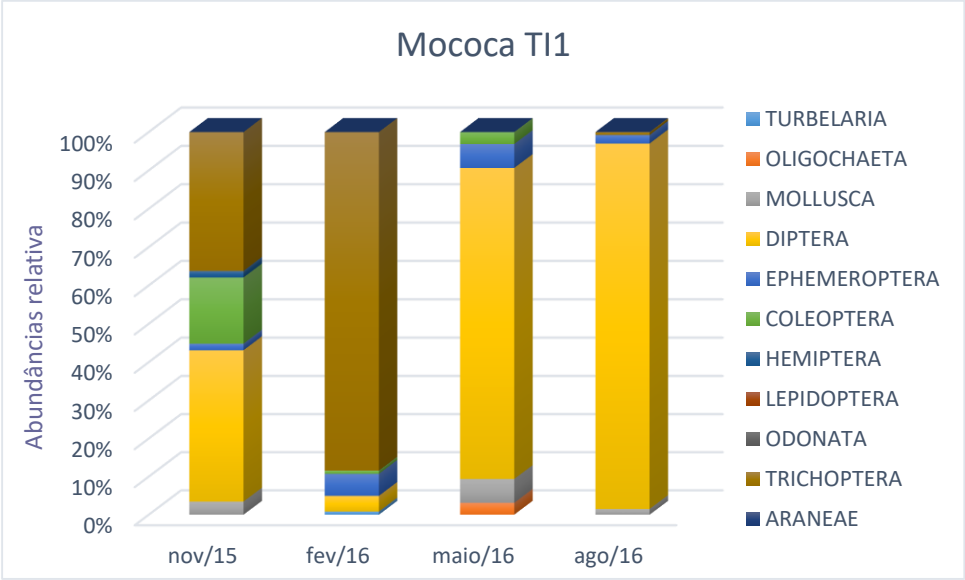


C.

Figura 130 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão do A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação TI1 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Mococa, Ortigueira, PR.



A.



B.

Figura 131 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação TI1 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Mococa, Ortigueira, PR.

4.5.2.2 Estação Terra Indígena de Apucaraninha – TI2

O número médio de táxons foi baixo em todos os meses de coletas. Os valores variaram de 2,8 ± 0,8 a 3,6 ± 1,9 táxons/0,026 m^2 (Figura 132 A).

Embora o local possua mata ciliar bem preservada, que poderia suprir o ambiente de matéria orgânica, as fortes correntezas transportam rapidamente os detritos para outras áreas tornando o ambiente pobre em alimento justificando o baixo número de táxons.

Na estação TI2 foram capturados 22 táxons: Oligochaeta, *Aylacostoma* sp., *Lymnaea* sp., Ceratopogonidae, Chironominae, Orthocladiinae, Tanypodinae, Culicidae, *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Traveryphes* sp., *Tricorythopsis* sp., *Heterelmis* sp., *Hexanchorus* sp., *Macrelmis* sp., *Notonecta* sp., *Rheumobates* sp., Lepidoptera, *Acanthagrion* sp., *Chimarra* sp., *Smicridea* sp. e Aranae.

A abundância média foi muito baixa não ultrapassando 24,2 ± 18,3 ind./0,026 m^2 (Figura 132 B).

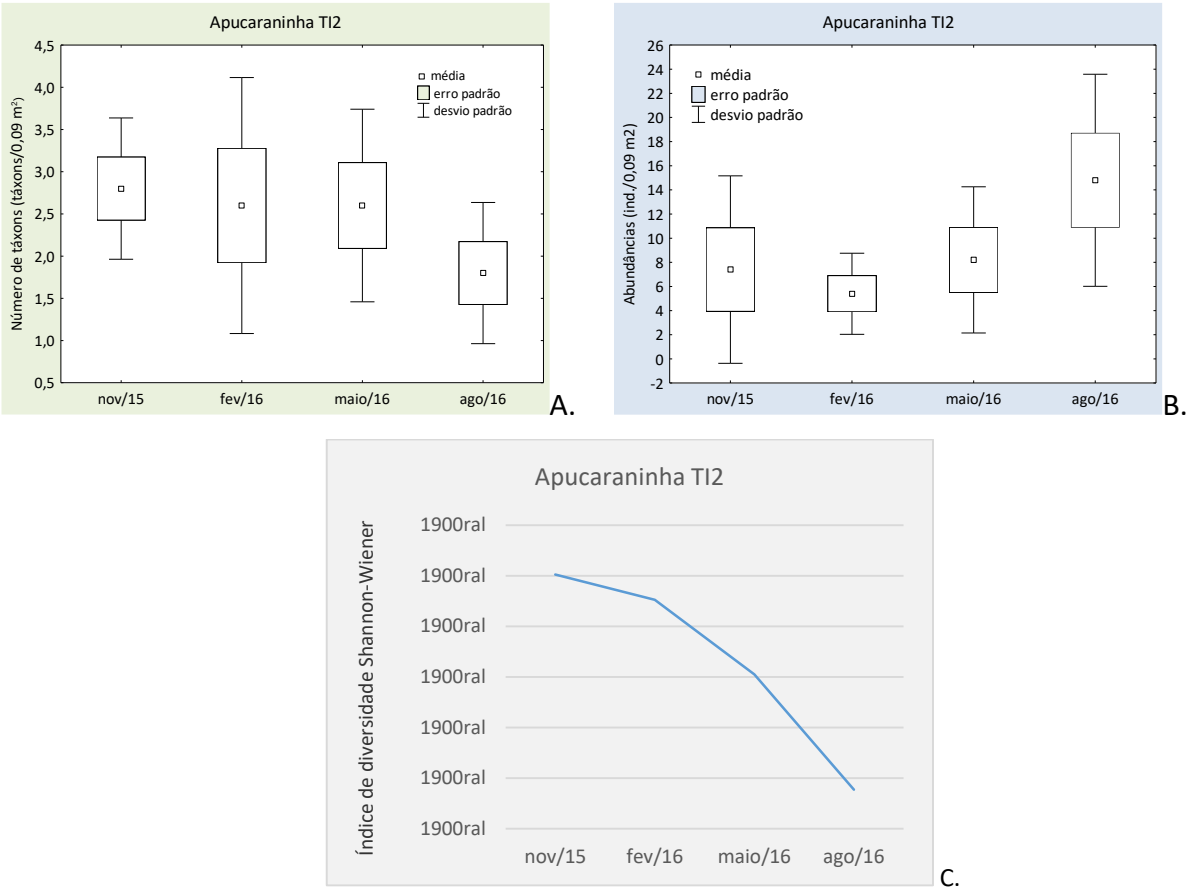


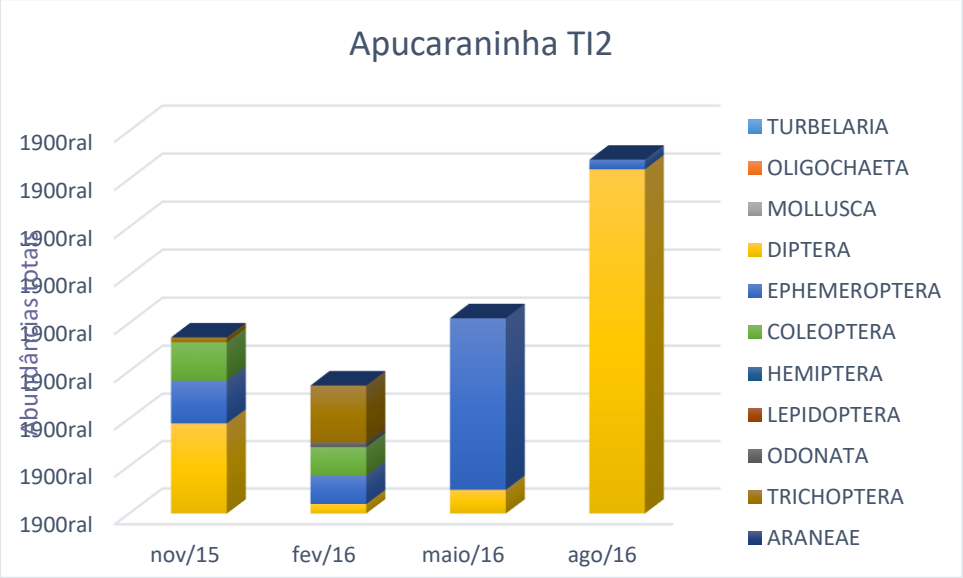
Figura 132 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação Apucaraninha TI2 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Apucaraninha, Londrina, PR.

Coleópteros, efemerópteros e dípteros foram as ordens mais frequentes e abundantes. Além destes, em fevereiro/16, tricópteros também foram expressivos (Figura 133 A e Figura 32 B).

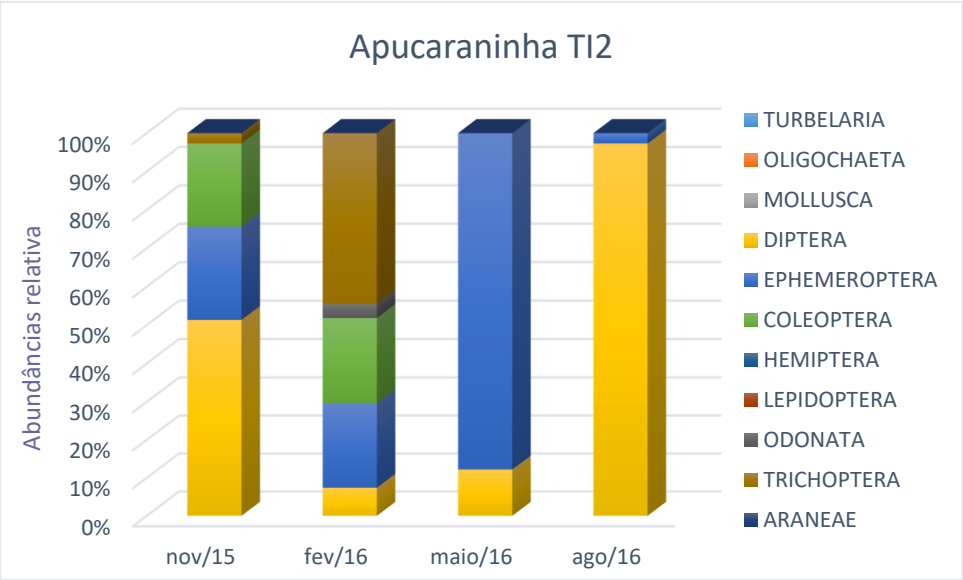
Apenas 238 animais foram capturados nesta estação, sendo 96% de insetos. Destes Chironominae e *Smicridea* sp. representaram 69% do total da amostra os demais táxons estiveram presentes em baixas abundâncias.

O índice de diversidade variou de 0,38 a 2,51. O maior valor ocorreu em novembro/15 devido ao aumento do número de táxons de dípteros, efemerópteros e coleópteros (Figura 132 C).

Neste ciclo as abundâncias e o números de táxons foram inferiores aos registrados no Ciclo 2014/2015.



A.



B.

Figura 133 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação Apucaraninha TI2 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Apucaraninha, Londrina, PR.

4.5.2.3 Estação Terra Indígena Barão de Antonina – TI3

Na estação TI3, o número de táxons variou de 2,4 ± 0,9 táxons/arrasto em maio/16 a 2,6 ± 1,5 táxons/arrasto em novembro/15 (Figura 134 A).

Um total de 20 táxons foram capturados nesta estação: Oligochaeta, *C. fluminea*, *Pisidium* sp., *Pomacea* sp., Chironominae, *Simulium* sp., Tipulidae, *Camelobaetidius* sp., *Cloeodes* sp., *Hagenulopsis* sp., *Traveryphes* sp., *Heterelmis* sp., *Hexanchorus* sp., *Phanocerus* sp., *Brachymetra* sp., *Notonecta* sp., Lepidoptera, *Phyllocycla* sp., *Smicridea* sp. e Araneae.

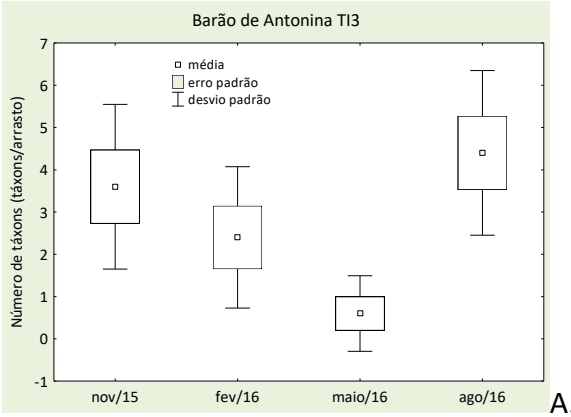
Nesta estação foram coletados 116 exemplares com um total de 93% de insetos. A maioria dos táxons apresentaram-se com baixas abundâncias. Apenas os táxons *Simulium* sp., *Traveryphes* sp., *Camelobaetidius* sp. e *Smicridea* sp. representaram 70% da abundância total da amostra.

As abundâncias médias neste local foram baixas em todos os períodos amostrados. A maior abundância média foi registrada em agosto/16 com 8,2 ± 6,06 ind./arrasto. Os grupos que mais contribuíram neste mês para o aumento das abundâncias foram hemípteros e dípteros (Figura 134 B).

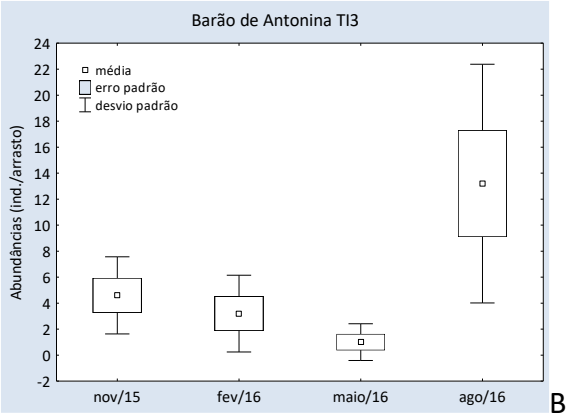
Os grupos mais abundantes e frequentes foram hemípteros, dípteros e moluscos (Figura 135 A e Figura 135 34 B).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener variou de 0,72 em maio/16 a 3,08 em novembro/15 (Figura 134 C).

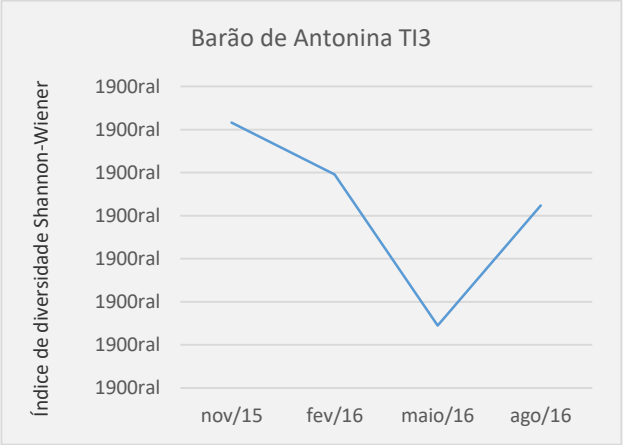
Houve um decréscimo das abundâncias médias e manutenção dos números de táxons nesta estação com relação ao último ano monitorado.



A.

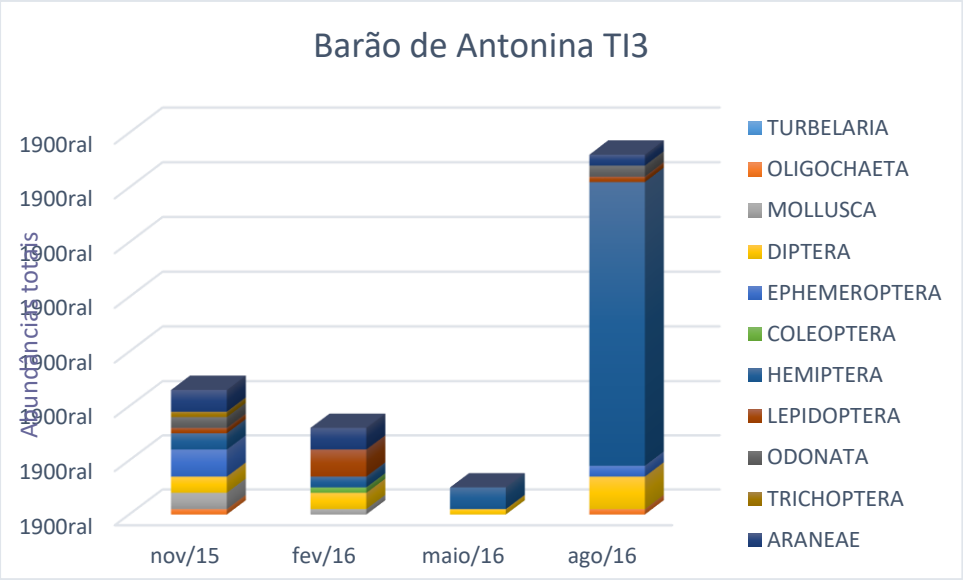


B.

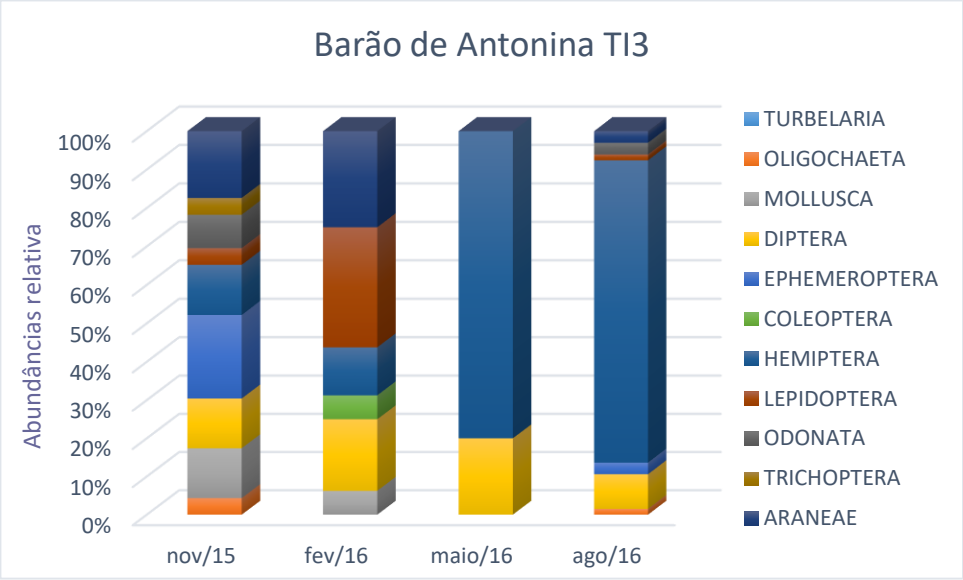


C.

Figura 134 - Gráficos das médias, erros e desvios padrão: A. Número de Taxa e B. Abundância e do C. Índice de Diversidade da Estação Barão de Antonina TI3 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Barão de Antonina, Londrina, PR.



A.



B.

Figura 135 - A. Abundâncias totais e das B. Abundâncias relativas da Estação Barão de Antonina TI3 durante o Ciclo 2015/2016 nas Terras Indígenas da Aldeia Barão de Antonina, Londrina, PR.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente monitoramento destacam-se os seguintes pontos:

UHE Mauá e entorno

QUALIDADE DE ÁGUA

- A avaliação dos dados de qualidade de água nas oito estações de monitoramento nas quatro campanhas trimestrais deste relatório indicou alguns desacordos com a Resolução CONAMA 357/05 com relação às variáveis: fósforo total (estações E1 – em três campanhas, E2 – nas quatro campanhas, E3 – uma campanha e E4 – em três campanhas); coliformes termotolerantes (estações E1 – nas quatro campanhas, E2 – nas quatro campanhas, E3 – em três campanhas e E7 - – em duas campanhas); oxigênio dissolvido (Estações E7 e E10, em uma campanha cada); clorofila-a (E6 e E10, em uma campanha cada).
- Espacialmente, assim como em ciclos anteriores de monitoramento, observa-se qualidade de água mais degradada nas estações a montante do reservatório (E1, E2, E3), sendo que esta exerce influência na qualidade de água do lago. A variável fósforo total, por exemplo, que tem papel preponderante no processo de eutrofização, apresentou valores mais elevados, de modo geral, a montante do reservatório.
- Temporalmente, maior número de desacordos foram registrados no mês de fevereiro/16, período de temperaturas mais elevadas e de maior pluviosidade.
- Boas concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas nas estações de amostragem, durante os eventos de coleta. Desacordos foram registrados nas estações de jusante, E7 e E10, no mês de maio/16. No caso da estação de jusante (E7), conforme citado anteriormente, estas situações podem estar relacionadas à altura da tomada de água na barragem, uma vez que nestes meses foi realizado registro de anóxia na estação de reservatório (E6). Ressalta-se, no entanto, que em ambos os casos os valores estiveram próximos ao limite mínimo legislado (5,0 $mg.L^{-1}$).

- A avaliação do pH demonstrou que esta variável se caracterizou águas neutras na maior parte do período monitorado. No entanto, nas estações de reservatório, águas tendendo à alcalinidade foram registradas, possivelmente em função da atividade fotossintética dos produtores primários, porém ainda dentro do limite máximo legislado.
- De acordo com o IQA (Índice de Qualidade de Água), aplicado às estações de rio, as águas da região do empreendimento, a montante e a jusante do mesmo, podem ser classificadas como de qualidade de boa a ótima, segundo critérios da CETESB, desde que não apresentem níveis quaisquer de toxicidade. Somente no mês de fevereiro/16, a estação E3, rio Imbauzinho, foi classificada com águas de qualidade regular.
- Quanto ao IQAR (Índice de Qualidade de Água de Reservatórios), o reservatório de Mauá foi classificado como corpo de água de Classe III. De acordo com IAP (2009), reservatórios de Classe III são classificados como moderadamente degradados. Esta também foi a classificação das estações de reservatório no ciclo anterior de monitoramento.
- Para Índice de Estado Trófico, o trecho de rio compreendido entre as estações de montante e jusante, incluindo o reservatório apresentou valor médio correspondente à categoria mesotrófica.
- Como característica observada em ciclos anteriores, os perfis de oxigênio dissolvido e temperatura indicaram estratificação térmica e química do reservatório de Mauá, em especial nos meses de verão, geralmente apresentando anóxia de fundo.
- No tocante aos perfis de pH, observa-se uma tendência a águas neutras. No entanto, as camadas superiores, em geral em meses mais quentes, apresentaram valores mais elevados de pH, possivelmente correlatos à atividade fotossintética da zona eufótica.
- Com relação aos perfis de condutividade, nas estações E4 e E6, o perfil foi mais homogêneo, com elevação de condutividade na região do hipolímnio em fevereiro/16 (E4), e maio/16 (E6). Na estação E10, observa-se uma tendência à elevação da condutividade em porções mais profundas do reservatório, em meses mais quentes. Esta situação pode estar relacionada à solubilização de íons, em especial durante estratificações.

- Quanto ao perfil do potencial de redução do meio, em especial na estação E10, verifica-se uma variação maior nos valores também nos meses de temperaturas mais elevadas, e uma tendência a um perfil mais homogêneo nos meses de temperaturas mais baixas, também relacionados ao comportamento do oxigênio dissolvido na água. Nas estações E4 e E6, a maior variação no perfil ORP no hipolímnio ocorreu nos meses em que houve alteração de condutividade (fevereiro/16: E4; maio/16: E6).
- Conforme citado no relatório do ciclo anterior, foi registrada relação entre os perfis de ORP, condutividade e oxigênio, uma vez que quando foi registrada anóxia de fundo, o hipolímnio caracterizou-se por ser mais redutor, propiciando, desta forma, maior dissolução dos compostos químicos, o que explicaria a elevação da condutividade.
- Os resultados dos Índices de Estabilidade da Água, de modo geral, indicaram águas com tendências corrosivas. Para os Índices de Langelier e Ryznar, estes resultados indicam águas com tendência à dissolução do $CaCO_3$. Para o Índice de Larson-Skold, relacionado com a corrosão/incrustação do aço, concentrações mais elevadas de cloretos e sulfatos aumentam a tendência de corrosão da água.

SEDIMENTOS

- Quanto ao monitoramento de sedimentos na região de Mauá, com exceção da variável cobre, que apresentou concentração acima do Nível 1, porém abaixo do Nível 2 nas estações E4 e E10 na campanha de fevereiro/16, não foram observados desacordos com a Resolução CONAMA 454/12. Não foram observados desacordos nas amostras coletadas na região das Terras Indígenas.
- Em relação ao CQS, tanto nas estações da UHE Mauá quanto nas Terras Indígenas, as variáveis analisadas que foram quantificadas foram classificadas todas as variáveis foram classificadas como “boa” e “ótima”. A maior parte das variáveis não foram quantificadas, devido à sua concentração ser inferior ao limite de detecção do método de análise utilizado em cada caso.

COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

- Os valores de densidade celular do fitoplâncton e clorofila-a na área da UHE Mauá foram

relativamente baixos em todas as estações (exceto fevereiro/16) quando comparados a outros ambientes lênticos. Entretanto, a maior abundância de cianobactérias coloniais reflete a maior disponibilidade de nutrientes e certo grau de degradação na qualidade da água.

- Cianobactérias potencialmente tóxicas foram registradas nas estações analisadas. Cylindrospermopsis raciborskii, cianobactéria filamentosa potencialmente neuro e hepatotóxica, ocorreu em floração fevereiro/16, sendo constatada em densidade celular de até 88.500 cél.mL^{-1}. Esta microalga tem sido causadora de florações tóxicas em vários reservatórios brasileiros, causando sérios problemas de saúde pública.
- Nos pontos monitorados, a cianobactéria Cylindrospermopsis raciborskii apresentou ocorrência em períodos inversos ao do dinoflagelado Ceratium furcoides. Salienta-se que esta espécie de dinoflagelado vem sendo registrada em vários reservatórios brasileiros nos últimos cinco anos e sua ecologia ainda não é suficientemente conhecida. É uma espécie altamente competitiva, podendo proliferar em baixos níveis de fósforo devido à sua capacidade de migração por meio de flagelos. Embora Ceratium furcoides não apresente toxicidade, o florescimento desta alga pode alterar o sabor e odor da água, e causar a diminuição do oxigênio dissolvido pela maciça decomposição das células, comprometendo a qualidade da água.

<u>COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA</u>

- Os resultados obtidos para a composição e abundância do zooplâncton no reservatório da UHE de Mauá mostraram que a distribuição espacial dessa comunidade mantém um gradiente longitudinal com maiores densidades nas zonas de transição e lênticas do reservatório. Esse mesmo padrão de distribuição espacial é observado para o zooplâncton em outros reservatórios da região sul e sudeste do Brasil (LOPES et al., 1997; VELHO et al., 2005; PERBICHE-NEVES, 2008).
- A dominância de rotíferos em reservatórios tropicais e subtropicais, independentemente do estado trófico, é previsível e citada por vários autores. Porém, devido ao seu peso e tamanho pequeno, muitas vezes eles pouco contribuem para a biomassa zooplanctônica. Esses organismos mostraram-se mais homogêneos nos meses de inverno e mais

heterogêneos nos meses de verão. Para a riqueza de espécies, os maiores valores ocorreram nos meses do verão. A mesma tendência foi verificada para a diversidade (H'), ressaltando os baixos valores no inverno. No que diz respeito ao esforço amostral, esta riqueza de táxons, pode ser considerada relevante quando comparada aos valores encontrados em outros reservatórios como por exemplo, Jurumirim e Barra Bonita (ambos em São Paulo), com 60 e 57 táxons, respectivamente (ROCHA et al., 1999).

- Os valores registrados de microcrustáceos nesse ciclo, mostram que esses organismos foram favorecidos com a formação do reservatório. Na maioria dos pontos de coletas, os cladóceros e copépodes registraram densidades superiores às registradas para os rotíferos. Os monitoramentos subsequentes poderão corroborar esta tese. Maiores densidades de microcrustáceos também foram registradas nas regiões intermediária e lênticas de 31 reservatórios no estado do Paraná (LANSAC-TÔHA et al., 2005).
- Comparando os dados obtidos nesse ciclo com os do ciclo de 2014-2015, não foi observada variação significativa entre os valores de riqueza (S), equitabilidade (E) e diversidade (H'), e as densidades de rotíferos e cladóceros. Os táxons com maior frequência de ocorrência de cladóceros (Bosmina hagmanni, Ceriodaphnia cornuta, C. reticulata, Daphnia gessneri) na fase reservatório e ciclo 2014-2015, foram frequentes no monitoramento do ciclo 2015-2016. Estes táxons são preferencialmente planctônicos e comumente observados na maioria dos reservatórios da região neotropical (DUMONT, 1994; LANSAC-TÔHA et al., 1999; NOGUEIRA, 2001; PERBICHE-NEVES, 2008).
- O aumento no número de táxons e abundância das formas adultas de copépodes foram evidenciadas no monitoramento do ciclo 2015-2016. Para a densidade, os copépodos registraram o dobro dos valores registradas no ciclo 2014-2015. O desenvolvimento de grandes populações de táxons da Família Diaptomidae ocorreu nos pontos do corpo central do reservatório. A maioria dos táxons de copépodes registrados no reservatório são preferencialmente planctônicos, frequentes nas principais bacias hidrográficas do Brasil (PERBICHE-NEVES, 2008). Os táxons Thermocyclops decipiens e T. minutus, pertencente à Família Cyclopidae, dominantes nas amostras do ciclo 2014-2015, mantiveram-se frequentes no ciclo 2015-2016. Esses táxons possuem ampla distribuição em corpos de águas tropicais (PERBICHE-NEVES, 2008; SERAFIM-JUNIOR et al., 2011).

COMUNIDADE DE MACROINVETEBRADOS BENTÔNICOS

- Durante o Ciclo 2015/2016 a maioria das campanhas foram realizadas após períodos chuvosos, em função disto foram registrados valores semelhantes ou menores do número de táxons e redução das abundâncias médias na maioria das estações de coletas. As exceções foram as estações E7 e E9, nas quais se registraram maiores abundâncias que no ciclo anterior.
- Os organismos com maiores abundâncias pertenciam a grupos tolerantes a ambientes degradados (Chironomidae, Oligochaeta e Baetidae), seguidos pelos demais mais sensíveis e menos abundantes.
- Houve uma redução nas abundâncias nas estações localizadas no reservatório, contudo os táxons foram os mesmos do ciclo anterior.
- Nas estações E7 e E9, Diptera foi o grupo com maior abundância. Este trecho do rio, que vai da barragem da UHE Mauá passando pela PCH Presidente Vargas até a desembocadura do Ribeirão das Antas, apresenta formação de poças em vários períodos do ano propiciando a reprodução de mosquitos. É de suma importância que seja garantido o volume de água mínimo necessário à conservação do ecossistema fluvial. Somente desta maneira outras espécies poderão se utilizar destas áreas podendo competir e controlar com as populações de mosquitos frequentes nestas localidades. É necessário que os aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos sejam periodicamente monitorados para manutenção do equilíbrio ambiental nestas localidades.

LIMNOPERNA FORTUNEI

- Não foram encontradas evidencias da presença do mexilhão dourado no monitoramento realizado entre novembro de 2015 e agosto de 2016, entretanto resultados positivos anteriores indicam a possibilidade de invasão da espécie futuramente ou mesmo a presença da espécie em locais não amostrados.
- Recomenda-se a continuidade do monitoramento da presença da espécie invasora *L. fortunei* e uma prospecção detalhada da espécie na Usina Hidrelétrica de Mauá através de inspeções durante paradas de máquinas, bem como em seu reservatório, realizando coletas de plâncton em diversos pontos, e inspeções visuais a fim de avaliar a presença de

adultos da espécie na área e constatar se o reservatório encontra-se em algum estágio da invasão.

COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICACS

- A diversidade de plantas aquáticas encontrada foi baixa, sendo na maioria formada por plantas emergentes, que estão em fase de estabelecimento nas margens do reservatório.
- Foi observada a ocorrência de espécies com alto potencial de crescimento excessivo (*Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes, Azola* sp*, Salvinia auriculata* e *Lemna minor*) nas estações de monitoramento do reservatório. Apesar dos bancos com associações de macrófitas serem pequenos, estes bancos podem se instalar facilmente nas áreas protegidas. Adicionalmente, a vegetação arbórea morta e o lixo flutuante propiciam a retenção e posterior crescimento desses bancos de macrófitas. Portanto, como já mencionado em outros relatórios, o monitoramento contínuo deve ser mantido, pois há possibilidade de um crescimento excessivo dessas espécies.
- Nova avaliação das estações de monitoramento do reservatório deverá ocorrer no período da próxima primavera, para averiguar se os bancos de macrófitas aumentaram e se há necessidade de remoção dos mesmos.
- Monitoramento da estação M9 (PCH Getúlio Vargas) para a manutenção do fluxo de água, para permitir o crescimento das populações endêmicas de espécies de Podostemaceae.

Terras Indígenas

QUALIDADE DE ÁGUA

- Com relação à avaliação da qualidade de água nas terras indígenas a jusante da UHE Mauá, foram registrados desacordos para as variáveis fósforo total (TI1 – em uma campanha, TI2 – em uma campanha e TI3 – em duas campanhas), turbidez (TI2 – em uma campanha e TI3 – em duas campanhas), e coliformes termotolerantes (TI1, TI2 e TI3, em três campanhas cada), com relação aos limites dispostos na Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2.

- Tais desacordos estiveram relacionados aos meses de novembro/15 e fevereiro/16, períodos de maior pluviosidade. Desta forma, observa-se a possível influência do uso do solo no entorno das estações, visto que há o carreamento de partículas do solo para o corpo hídrico em períodos de maior pluviosidade. Valores elevados de variáveis não legisladas também foram observados, como sólidos totais e nitrogênio total.
- Ressalta-se que, em especial no tocante à variável coliformes termotolerantes, os elevados valores registrados em alguns meses inviabilizam os usos múltiplos da água naquelas estações.
- De acordo com o IQA, as águas do trecho estudados classificaram-se entre regular e ótima, desde que não apresentem quaisquer níveis de toxicidade, de acordo com os critérios da CETESB.
- Com relação ao IET, o valor médio do índice no trecho monitorado classifica as águas do rio Tibagi, como um ambiente mesotrófico.

SEDIMENTO

- Não foram observados desacordos durante o monitoramento aqui relatado. Comparando com monitoramentos anteriores, nas Terras Indígenas, apenas um desacordo foi observado nos monitoramentos anteriores, com a variável chumbo, na estação TI1, na campanha de agosto/15. Todos os pesticidas ficaram abaixo do limite de detecção do método. Quanto a granulometria, a composição granulométrica das três estações apresentou a areia como elemento predominante, na maioria das campanhas. A predominância de areia e de silte (em menor quantidade), corroboram para a baixa concentração de matéria orgânica e de metais, uma vez que a areia possui baixa capacidade de retenção.

COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

- Os valores de densidade celular do fitoplâncton e clorofila-a dos pontos amostrados em Terras Indígenas foram baixos e apresentaram correlação positiva alta.
- Espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas foram registradas, mas em densidades celulares que não constituem floração.

- A composição de espécies da comunidade fitoplanctônica da UHE Mauá e de Terras Indígenas apresentou-se semelhante, sendo constituída, principalmente, por táxons de algas verdes, diatomáceas e cianobactérias.
- A cianobactéria toxigênica *Cylindrospermopsis raciborskii* e o dinoflagelado *Ceratium furcoides* ocorreram tanto nas estações da UHE Mauá quanto em Terras Indígenas, sendo que a primeira apresentou densidades mais elevadas ao final do verão e a segundo ao final do inverno.

COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

- Apesar dos valores baixos registrados para a densidade de rotíferos, eles foram similares aos registrados no ciclo 2014-2015, e devemos considerar que o esforço amostral foi superior ao do ciclo 2015-2016
- No trecho de rio das Terra Indígenas, as maiores densidades ocorreram nos pontos localizados próximos da barragem da UHE de Mauá. Esses dados indicam a contribuição do zooplâncton do reservatório a jusante da barragem. Nesse ciclo de 2015-2016, as densidades foram superiores ao ciclo 2014-2015, mas com baixa riqueza de táxons.
- Os rotíferos e as formas jovens de copépodes foram mais persistentes do que os cladóceros, no sentido à foz do rio Tibagi. Os rotíferos apresentaram maior densidade no TI 1, e maior riqueza no ponto TI 3, localizado a 40 Km a jusante barragem da UHE de Mauá. Essa riqueza pode estar associada à contribuição de táxons de outros sistemas, além do reservatório. Bosmina hagmanni tem sido o táxon mais frequente entre os cladóceros nas fases de rio e reservatório, e ciclos monitorados, desenvolvendo grandes populações principalmente no reservatório da UHE de Mauá. Esse táxon apresenta ampla distribuição geográfica e dominam as zonas limnéticas de reservatórios localizados em diferentes regiões do Brasil (Perbiche-Neves, 2008). Os valores registrados para as densidades de Notodiaptomus spp. no ciclo 2015-2016 no trecho do rio Tibagi das Terras Indígenas, pode ser atribuído a deriva desses organismos do reservatório para o ponto TI 1, que está localizado mais próximo da barragem, e onde esse gênero foi abundante. Os dados obtidos para a variabilidade espacial confirmam a contribuição do zooplâncton do reservatório a jusante, porém a comunidade zooplanctônica a partir do ponto TI 2,

apresenta táxons que persistem e/ou conseguem desenvolver grandes populações em ambientes lóticos.

COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

- Nas três estações localizadas nas Terras Indígenas a jusante da UHE Mauá, as abundâncias e os números de táxons foram menores do que no Ciclo de 2014/2015.
- As abundâncias médias foram mais baixas quando comparadas às estações mais a montante do rio.
- Foram registrados 4 táxons que ainda não tinham sido coletados no trecho das terras indígenas.
- A comunidade dos macroinvertebrados aquáticos do rio Tibagi pode ser considerada rica por apresentar representantes dos distintos grupos zoológicos, inclusive de tricópteros, efemerópteros, odonatos e plecópteros, que são considerados indicadores de ambiente com boa qualidade de água.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20ed. Washington. 1998.

BARBOSA P. M., BRITO; S.; RIETZLER, A.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Diversidade do Zooplâncton de Minas Gerais. Ciência Hoje. Vol. 38, nº 227. 67-60. 2006.

BIANCHINI JR., I. et al. Monitoramento das Macrófitas Aquáticas do Reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Estado de Tocantins, Brasil). Augmdomus, v. 2, n. 016, p. 38–48, 2010.

BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. Amostragem em Limnologia. Rima, São Carlos. 371 pp. 2004.

BICUDO, C.E.M., RAMÍREZ, J.J.R., TUCCI, A. & BICUDO, D.C. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das Garças, São Paulo. In: R. Henry (ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, funções e aspectos sociais. Fundibio, Botucatu, pp. 449-508. 1999.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. & MOLICA, R. Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de Cylindrospermopsis raciborskii no Brasil. Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, 30:82-90. 2003.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudo dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. Oecologia Australis, v. 12, n. 01, p. 7–19, 2008.

BOEGER, W. A; PIE, M. R; FALLEIROS, R. M; OSTRENSKY, A; DARRIGRAN, G; MANSUR, M. C. D; BELZ, C. E. Testing a molecular protocol to monitor the presence of golden mussel larvae (Limnoperna fortunei) in plankton samples, Journal of Plankton Research, v. 29, p. 1015/11-1019, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 344 de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. – Diário Oficial da União nº 87, de 07/05/2004, pág. 56-57. 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. – Diário Oficial da União nº 216, de 08/11/2012, pág. 66. 2012.

BURONE, L.; MUNIZ, P.; PIRES-VANIN, A. M. S.; RODRIGUES, M. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 75, n. 1, p. 77-90, 2003.

BUSTAMANTE-GIL, C.; RESTREPO, J.J.R.; BOLTOVSKOY, A. & VALLEJO, A. Spatial and temporal change characterization of Ceratium furcoides (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. Acta Limnologica Brasiliensia 24(2): 207-219. 2012.

CARVALHO, F. T. et al. Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. Planta Daninha, v. 23, n. 2, p. 359–362, 2005.

CAVALCANTE, P.K., ZANOTELLI, J.C., MÜLLER, C.C., SCHERER, K.D., FRIZZO, J.K., LUDWIG, T.A.V. & CARDOSO, L.S. First record of expansive Ceratium Schrank, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. CheckList, 9(4): 862–866. 2013.

CAVENAGHI, A. L. *et al*. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. Planta Daninha, v. 21, n. spe, p. 43–52, 2003.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canada, 2001.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CQS – Critério de Avaliação de Sedimento. (on-line). Disponível em: http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/indices-de-qualidade-das-aguas/ (Acesso em 04 de novembro de 2015).

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2012. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rio e reservatório do estado de São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, SP. 113 pp.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. Carvalho, M.C., Agujaro, L.F., Pires, D.A. & Picoli, C. (Org.). São Paulo: CETESB; 2013.

CHORUS, I. & BARTRAM, J. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water – A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon: London and New York.

COOK, C. D. K.; RUTISHAUSER, R. Podostemaceae. The Families and Genera of Vascular Plants 9, Flowering Plants, Eudicots, v. 125, n. 1822, p. 304–344, 2007.

CORTEZ, M.P.T. Aspectos ecológicos e sua relação com o polimorfismo genético e a taxonomia convencional de cianobactérias da represa Billings. Dissertação, Universidade de São Paulo. 2013.

CUMMINS, K. W.; KLUG, M. J. Feeding ecology on stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematic, 10: 147-172. 1979.

CUMMINS, K.W. Invertebrates. In: PETTS, G. & CALOW, P. (Eds.) River biota: diversity e dynamics. New York. Blackwell Science. 75-91. 1996.

DOMÍNGUEZ, E.; MOLINERI, C.; PESCADOR, M. L.; HUBBARD, M. D. & NIETO, C. Ephemeroptera of South America. In: ADIS, J.; ARIAS, J. R.; RUEDA-DELGADO, G. & WANTZEN, K. M. eds. Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA). Sofia-Moscow,Pensoft. v.2, 644p. 2006.

DORGELO, J.; DONK, E. & BIERBRAUWER, I. G. The late winter/spring Bloom and sucession of diatoms during four years in Lake Maarsseven (The Netherlands). Verh. Internat. Verein. Limnol. 21:938-947. 1981.

DUMONT, H.J. On the diversity of the Cladocera in the tropics. Hydrobiologia, 272: 27-38. 1994.

EMBRAPA – AGEITEC Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: (http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html). Acesso em 09.11.2015

FERNANDES, L.F.; LAGOS, P.D.; WOSIAK, A.C.; PACHECO, C.V.; DOMINGUES, L.; ALVES, L.Z. & COQUEMALA, V. Comunidades Fitoplanctônicas em Ambientes Lênticos. In: Andreoli, C.V.; Carneiro, C. (eds). Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: Editora Gráfica Capital Ltda, pp. 303-366. 2005.

FLOTEMERSCH, J.E.; BLOCKSOM, K.; HUTCHENS JR, J.J. & AUTREY, B.. Development of a standardized large river bioassessment protocol (LR-BP) for macroinvertebrate assemblages. River Res. Applic., Berlin, 22(7): 775-790. 2006.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. Avaliação da composição de sedimentos da Bacia do Rio Barigüi. Química Nova, Aceito, 2007.

FUJITA, Y. et al. As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. Perspectivas na Limnologia do Brasil., p. 15, 1999.

FURTADO, A. L. dos S.; PETRUCIO, M. M.; Concentração de nitrogênio e fósforo na coluna d'água da Lagoa Imboassica. Em: ESTEVES, F. A., Ecologia das Lagoas Costerias do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ), 1998.

HENRY, R. Ecologia dos Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais. Botucatu: FUNDIBI, FAPESP. 799p. 1999.

JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b and c in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen 167:191-194. 1975.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. Química Nova, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

JORCIN, A. & NOGUEIRA, M.G. Macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (sudeste, Brasil). Brazilian Journal of Biology, São Carlos, v.68, n.4(sup0). 2008.

KENNEDY, R.H. Reservoir design and operation: limnological implications and management opportunities. In: TUNDISI, J.G. & STRASKRABA, M. (Ed.). Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology, p. 1-28. 1999.

KIKUCHI, R.M. & UIEDA. V.S., Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. p. 157-173. In: Ecologia de Insetos Aquáticos. Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho. E. (eds). Series Oecologia Brasiliensis, vol. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 1998.

KLING, H.J. Cylindrospermopsis raciborskii (Nostocales, Cyanobacteria): A brief historic overview and recent discovery in the Assiniboine River (Canada). Fottea 9(1): 45–47. 2009.

KRIVTSOV, V.; BELLINGER, E. G. & SIGEE, D. C. Changes in the elemental composition of Asterionella Formosa during the diatom spring bloom. Journal of Plankton Research 22(1):169-184. 2000.

KUHLMANN, M.L. *et al.* Aplicação da tríade na avaliação da qualidade de sedimentos em redes de monitoramento. São Paulo: CETESB, 2007.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Relatório Técnico nº 10 do Programa de Observação das Condições Hidrossedimentológicas, como parte do Projeto Básico Ambiental da UHE Mauá. 2009.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial – UHE Mauá. Volume I – Diagnóstico. 2014.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial e subterrânea na região do empreendimento UHE Mauá: Relatório Final Fase reservatório, 2013.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial na região do empreendimento UHE Mauá e Terras Indígenas de Mococa, Apucaraninha e Barão de Antonina - Relatório Ano 1, 2015.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Projeto Básico Ambiental - PBA UHE Mauá, rio Tibagi. Disponível em http://www.usinamaua.com.br/upload/tiny_mce/arquivos/meio_ambiente/PBA/PBA.pdf. Acesso em 13 de outubro de 2015. 2009

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade de água superficial e subterrânea na região do empreendimento UHE Mauá – Fase Rio. Disponível em

http://consorciocruzeirodosul.com.br/upload/tiny_mce/arquivos/meio_ambiente/Qualidade_da_agua/Relatorio_FINAL_Fase_rio_-_UHE_Maua.pdf . Acesso em 13 de outubro de 2015. 2011.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento.. Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade de água superficial e subterrânea na região do empreendimento UHE Mauá – Fase Reservatório. Relatório Técnico. Curitiba: LACTEC. 255p. 2013.

LIMA, M. C.; GIACOMELLI, M. B. O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F. D.; BARRERA, P. B. Especiação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. Química Nova, v. 24, n. 6, p. 734-742, 2001.

LOPES, R.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; VALE, R. & SERAFIM JR., M. Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Ed.). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, p. 39-60. 1997.

LUND, J.W.G., KIPLING, C. & LECREN, E.D. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia. 11, p.143-170. 1958.

MACHADO, L. P.; GARÇÃO, H. F.; FONTANA, G. H. Diagnóstico da proliferação e do nível de infestação de macrófitas aquáticas na lagoa Maringá, município de serra (ES – Brasil). Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, p. 1–3, 2007.

MADUREIRA, L. A. S.; MATER, L.; ALEXANDRE, M. R.; HANSEL. Assessment of lipid compounds and phosphorus in mangrove sediments of Santa Catarina Island, SC, Brazil. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 15, n. 5, p. 725-734, 2004.

MARTINS, D. et al. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Planta Daninha, v. 26, n. 1, p. 17–32, 2008.

MARTINS, R. F.; Avaliação da presença de metais e de biomarcadores fecais em sedimentos do rio Barigui na região metropolitana de Curitiba – PR. Dissertação de mestrado em engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - UFPR, 2008.

MATSUMURA-TUNDISI, T. & SILVA, W. M. Crustáceos copépodes planctônicos. In: ISMAEL ISMAEL, D.; VALENTI, W. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. (Eds.) Biodiversidade do Estado de São Paulo 4: Invertebrados de água doce. São Paulo: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, 1999. p.91-100.

MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J.G. LUZIA, A.P. & DEGANI, R.M. Occurrence of Ceratium furcoides (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 70(3): 825–829. 2010.

MOREIRA, R. C. A.; BOAVENTURA, G. R. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos do Lago Paranoá – DF. Química Nova, v. 26, n. 6, p. 812-820, 2003.

NOGRADY, T.; WALLACE, R.L. & SHELL, T.W. Rotifera. v. 1: Biology, ecology and systematics The Hague: The Netherlands: SPB Academic, 141p. (Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world; v. 4). 1993.

NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartimentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema river), São Paulo, Brazil. Hydrobiologia 455:1-18. 2001.

OLIVEIRA-NETO A. L. & MORENO. H. Rotíferos. In: JOLY C. A. & BICUDO, C. E. M. (org.) Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. São Paulo: FAPESP, v. 4, 1999. p. 39-52.

OLRIK, K. Phytoplankton ecology. Denmark: DEPA. 183p. 1994.

PAGGI, J.C. & JOSÉ DE PAGGI, S. Zooplâncton de ambientes lóticos e lênticos do rio Paraná médio. Acta Limnol. Bras., 3: 685-719. 1990.

PALMER, M.C. Algae and Water Pollution. The identification, Significance, and Control of Algae in Water Supplies and Polluted Water. Castle House Publ. Ltd., England. 1980. 123p.

PANOSSO, R., COSTA, I.A.S., SOUZA, N.R., ATTAYDE, J.L., CUNHA, S.R.S. & GOMES, F.C.F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do nilo (Oreochromis niloticus). Oecologia brasiliensis 11 (3): 433-449. 2007.

PAPROCK, H. 1997. Aspectos da ecologia de comunidades de insetos aquáticos em dois riachos de primeira ordem na Serra do Cipó, Minas Gerais. Dissertação de Tese. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto. 48pp.

PERBICHE-NEVES, G. Efeitos do tempo de residência, morfometria e estado trófico sobre as assembléias de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) dos reservatórios de Chavantes e Salto Grande (rio Paranapanema, SP/PR). Dissertação de Mestrado, Gilmar Perbiche Neves. – Botucatu, 2008.

PESTANA, D.; OSTRENSKY, A.; TSCHÁ, M. K.; BOEGER, W.A. Prospecção do molusco invasor Limnoperna fortunei (Dunker, 1857) nos principais corpos hídricos do estado do Paraná, Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia, v. 50, p. 553-559, 2010.

PIELOU, E.C. The interpretation of ecological data. New York: John Wiley, 263p. 1984.

POTT, V. J.; POTT, A. Distribuição de macrófitas aquáticas no Pantanal. III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Os desafios do novo milênio, p. 1–26, 2000.

RAMIREZ, A & PRINGLE, C.M. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. Hydrobiologia, 386:19-26. 1998.

RESH, V. H. & JACKSON, J. K., Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), pp. 195-233, New York: Chapman & Hall. 1993.

ROCHA, O. & GÜNTZEL, A. M. Crustáceos branquiópodos. In: ISMAEL, D.; VALENTI, W. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. (Eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados de Água doce. São Paulo: FAPESP, v. 4, 1999. p. 107-120.

ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. (Eds.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Champman & Hall. 1-9. 1993.

ROSS, J. 1979. Prácticas de Ecología. Barcelona: Ed. Omega, 181p.

SERAFIM JÚNIOR, M. *et al.* Zooplâncton. In: CUNHA, C. L. N. et al. Eutrofização em Reservatórios: Gestão Preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR. Curitiba: UFPR, cap. 14, p. 307-322. 2011.

SERAFIM-JUNIOR, M. Efeitos do Represamento em um Trecho do Médio Rio Iguaçu sobre a Estrutura e Dinâmica da Comunidade Zooplanctônica. Tese de Doutorado. Moacyr Serafim Junior. Maringa. 2002.

SILVA, F.L.; MOREIRA, D.C.; BOCHINI, D. C. & RUIZ, S. S. Hábitos alimentares de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) do córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil. Biotemas, 21 (2): 155-159. 2008.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. Reservoir Ecosystem Functioning: Theory and Applications. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (Ed.). Theorethical Reservoir Ecology and its Applications, Holanda: Backhuys, p. 565-597. 1999.

TEDESCO, L.P. & CLERCIN, N. Algal ecology, taste and odor, and microcystin occurrence in Patoka Lake, Southern Indiana. Center for Earth and Environmental Science. [http://plrws.net/storage/Patoka_Lake_2011_Final_Report.pdf]. 2011.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. Planta Daninha, v. 20, n. spe, p. 21–33, 2002.ALLAN, J. D, 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. London: Chapman & Hall. 388 pp.

THORNTON, K. W. Perspectives on reservoir limnology. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Ed.). Reservoir Limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons, p. 1-13. 1990.

TOKESHI, M. Production ecology. In: Armitage, P. D.; Cranston, P. S. & Pinder, L. C. V. (eds). The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London, UK, p.269-296. 1995.

TUNDISI, J.G. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. Rev. Bras. Biol., 50(4): 937-955. 1990.

TURCOTTE P, HARPER, P.P. The macro-invertebrate fauna of a small Andean stream. Freshwater Biology, 12: 411–419. 1982.

UHELINGER V. Étude statisque des méthodes de dénobrement planctonique. Journal of Archaeological Science, 17:121–123. 1964.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. Int. Verein. Limnol., v.9. p.1-38. 1958.

VAN den BRINK. F.W.B.; VAN KATWIJK, M.M. & VAN der VELDE, G. Impact of hidrology and phyto- and zooplankton community composition in floodplain lakes along the Lower Rhine and Meuse. J. Plankton. Res., 16 (4) :351-373. 1994.

VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F.A. & BONECKER, C.C. Distribuição Longitudinal da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (eds.). Biocenoses em Reservatórios: Padrões Espaciais e Temporais. São Carlos: Rima, pp. 129-136. 2005.

WARD, J.V. & STANFORD, J.A. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D. & BARTELL, S.M. (Ed.). Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor: Ann Arbor Science, p. 29-42. 1983.

WARD, J.V. Downstream fate of zooplankton from a hypolimnial release mountain reservoir. Verh. Internat. Verein. Limnol., 19:1798-1804. 1975.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. Limnological analysis. 2ed. Berlin: Spriger-Verlag. 1991.

WETZEL, R. G. Limnology. 2º ed. United State of America – Philadelphia: Saunders College Publishing, 1983, 860 p.

WIEDNER, C., RÜCKER, J., FASTNER, J., CHORUS, I. & NIXDORF, B. 2008. Seasonal dynamics of cylindrospermopsin and cyanobacteria in two german lakes. Toxicon, 52: 677-686.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Nixdorf%20B%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18725243

WISNIEWSKA, M., KRUPA, D., PAWLIK-SKOWRONSKA & KORNILOW, R. 2007. Development of toxic Planktothrix agardhii (Gom.) Ang. et Kom. and potentially toxic algae in the hypertrophic Lake Syczynskie (Eastern Poland). Oceanological and Hydrobiological Studies, 36: 173-179.

ANEXO 1 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS

UHE MAUÁ - Estação: Telemaco Borba
Código ANA: 2450064
Alturas Pluviométricas Diárias (mm)

Dia	2015			2016						
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1	9,6	0,2	4,6	0,2	0,0	0,2	1,4	11,2	0,0	0,0
2	0,6	31,6	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0
3	35,6	3,6	0,6	33,8	4,4	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0
4	16,8	0,2	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0
5	7,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
6	10,8	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
8	4,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0
9	0,0	3,0	25,4	0,8	33,8	0,0	0,0	26,2	0,0	0,0
10	0,0	7,4	52,4	16,0	11,4	13,0	0,0	5,0	3,6	0,0
11	18,8	13,0	4,0	0,2	0,0	8,8	1,6	0,0	0,2	1,2
12	0,4	2,4	0,6	0,0	0,0	0,0	6,2	0,2	0,0	11,4
13	2,6	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	0,2	8,4
14	3,8	1,4	2,6	0,6	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0
15	3,8	2,6	0,0	27,6	7,8	2,6	0,2	0,2	0,0	0,2
16	10,8	0,0	0,0	0,8	5,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
17	24,2	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	42,2	0,0
18	26,6	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	79,6	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	11,6
20	5,2	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	40,6	0,2
21	0,0	1,6	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4
22	4,2	0,0	0,0	30,2	15,6	0,0	3,4	0,2	0,0	16,4
23	25,0	15,0	0,0	28,2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4
24	17,8	3,6	0,0	3,0	17,2	0,0	43,6	8,6	0,0	61,0
25	0,0	16,8	30,6	21,4	10,8	52,0	11,0	18,0	0,0	3,0
26	0,0	2,2	0,0	7,4	0,2	10,2	17,0	20,2	0,0	0,0
27	12,8	0,0	2,4	19,4	0,0	1,4	0,0	0,0	0,2	0,2
28	18,6	12,8	0,0	22,4	0,0	1,4	0,2	0,2	0,0	0,0
29	0,2	7,0	0,0	0,2	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
30	5,4	5,0	1,4	-	0,0	1,4	2,6	0,0	0,0	0,0
31	0,2	5,2	0,0	-	15,0	-	1,2	-	0,0	0,0
Total	**307,8**	**172,6**	**124,0**	**199,2**	**114,0**	**76,6**	**111,8**	**109,6**	**93,2**	**124,2**
Máx	**79,6**	**31,6**	**52,4**	**33,8**	**33,8**	**52,0**	**43,6**	**26,2**	**42,2**	**61,0**

	Datas de coleta
SD	Sem Dados

UHE MAUÁ - Estação: Barragem PCH Apucaraninha
Código ANA: 2350015
Alturas Pluviométricas Diárias (mm)

Dia	2015			2016						
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1	26,6	0,0	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0
2	0,2	0,0	34,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	8,4	6,2	14,0	49,4	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	18,2	6,2	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
5	3,4	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	0,0	0,0
6	8,8	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	1,6	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	1,2
8	9,4	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	15,6	0,0	0,0	1,6
9	3,4	0,0	30,0	0,0	33,4	0,0	53,8	0,0	0,0	16,8
10	0,0	16,6	84,4	7,2	5,0	1,2	9,4	0,0	0,0	0,0
11	6,2	2,4	22,4	5,6	0,0	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,8	7,4	2,4	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0
13	1,4	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0
14	41,8	3,2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,2	21,8	0,0	0,2	17,0	1,8	0,0	0,0	5,0	10,4
16	34,2	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,2	0,0	35,2	0,0
17	25,6	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
18	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	12,6
19	55,8	7,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2
20	8,2	9,4	0,0	1,6	0,0	0,0	43,8	15,4	0,0	77,2
21	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	20,6	8,2	0,0	1,8
22	0,0	0,0	0,0	39,2	27,8	0,0	20,4	10,4	0,0	0,0
23	37,8	0,8	0,0	19,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	5,2	9,0	0,0	5,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	9,0	0,2	26,8	16,6	6,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	19,2	0,0	7,0	1,8	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	28,2	0,8	29,8	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
28	18,6	43,2	0,0	35,2	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0
29	7,0	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	1,4
30	5,0	2,0	7,8	-	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	20,4
31	0,0	1,0	0,2	-	0,2	-	7,4	-	0,0	1,2
Total	**304,6**	**159,0**	**224,0**	**185,8**	**151,0**	**57,8**	**182,6**	**111,4**	**42,0**	**127,8**
Máx	**55,8**	**39,6**	**84,4**	**49,4**	**34,6**	**30,6**	**53,8**	**35,8**	**35,2**	**77,2**

	Datas de coleta
SD	Sem Dados

UHE MAUÁ - Estação: Barra Ribeirão das Antas
Código ANA: 2450003
Alturas Pluviométricas Diárias (mm)

Dia	2015			2016						
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1	30,2	0,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0
2	0,6	32,6	33,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
3	16,8	7,4	10,6	56,6	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	38,6	16,2	0,0	18,4	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0
5	5,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0
6	3,8	44,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	20,2	2,8	0,0
7	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,2	0,2	0,8
8	8,8	0,0	1,0	0,0	10,8	0,0	20,6	0,0	0,0	1,4
9	0,8	0,0	33,8	0,0	38,2	0,0	59,2	0,0	0,0	21,4
10	0,0	14,8	94,6	21,6	6,0	2,2	14,0	0,0	0,0	0,0
11	15,4	8,2	18,4	21,0	0,2	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,6	8,6	10,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0
13	6,6	34,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,2	0,0
14	35,8	2,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
15	0,2	1,8	0,0	3,4	42,4	1,2	0,0	0,0	2,2	13,0
16	47,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	5,2	0,0	40,2	0,2
17	25,6	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8
18	0,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	2,6	0,0	13,8
19	55,6	14,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,6	0,2	8,8
20	10,2	10,2	0,0	1,6	0,0	0,0	63,6	16,4	0,0	88,0
21	0,0	0,2	0,0	5,4	0,0	0,0	19,8	8,6	0,0	2,8
22	6,4	0,0	0,0	32,4	31,8	0,0	26,2	14,4	0,0	0,0
23	59,4	0,0	0,0	19,8	6,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
24	23,2	26,8	0,0	7,4	16,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
25	10,8	0,2	28,6	10,8	5,2	47,8	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	22,8	4,4	14,0	1,2	14,2	0,2	0,0	0,0	0,0
27	0,0	16,0	2,2	37,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
28	22,6	52,2	0,0	28,6	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0
29	3,8	37,2	0,0	0,2	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	1,4
30	6,0	0,8	5,4	-	0,0	0,0	20,4	0,0	0,0	23,6
31	0,4	3,6	0,2	-	0,8	-	9,6	-	0,0	2,0
Total	**402,2**	**225,4**	**234,2**	**206,8**	**175,6**	**57,4**	**218,2**	**121,4**	**45,8**	**153,0**
Máx	**59,4**	**44,4**	**94,6**	**56,6**	**42,4**	**47,8**	**63,6**	**40,0**	**40,2**	**88,0**

	Datas de coleta
SD	Sem Dados

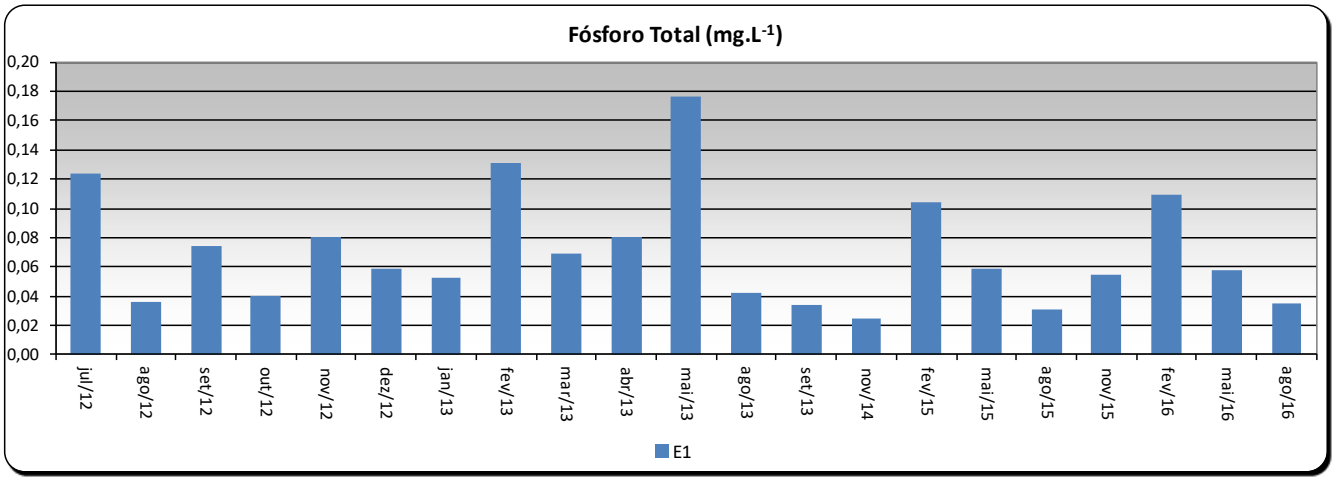
UHE MAUÁ - Estação: Barragem UHE Mauá
Código ANA: 24055071
Alturas Pluviométricas Diárias (mm)

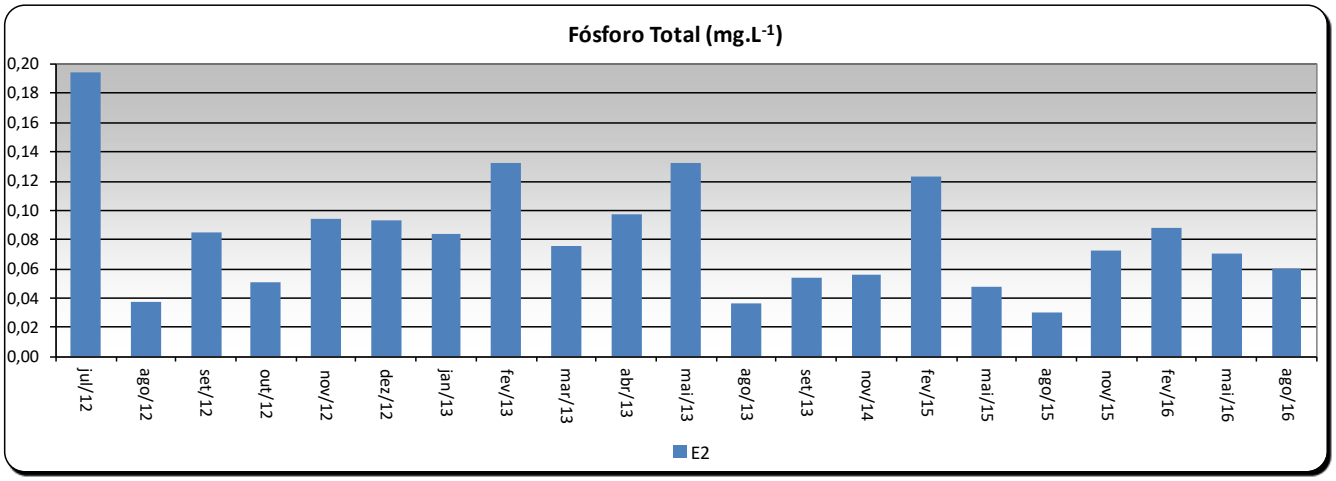
Dia	2015			2016						
	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
1	26,6	0,0	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0
2	0,2	0,0	34,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	8,4	6,2	14,0	49,4	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	18,2	6,2	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
5	3,4	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	0,0	0,0
6	8,8	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	1,6	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	1,2
8	9,4	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	15,6	0,0	0,0	1,6
9	3,4	0,0	30,0	0,0	33,4	0,0	53,8	0,0	0,0	16,8
10	0,0	16,6	84,4	7,2	5,0	1,2	9,4	0,0	0,0	0,0
11	6,2	2,4	22,4	5,6	0,0	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,8	7,4	2,4	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0
13	1,4	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0
14	41,8	3,2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,2	21,8	0,0	0,2	17,0	1,8	0,0	0,0	5,0	10,4
16	34,2	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,2	0,0	35,2	0,0
17	25,6	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
18	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	12,6
19	55,8	7,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2
20	8,2	9,4	0,0	1,6	0,0	0,0	43,8	15,4	0,0	77,2
21	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	20,6	8,2	0,0	1,8
22	0,0	0,0	0,0	39,2	27,8	0,0	20,4	10,4	0,0	0,0
23	37,8	0,8	0,0	19,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	5,2	9,0	0,0	5,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	9,0	0,2	26,8	16,6	6,0	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	19,2	0,0	7,0	1,8	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	28,2	0,8	29,8	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0
28	18,6	43,2	0,0	35,2	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0
29	7,0	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	1,4
30	5,0	2,0	7,8	-	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	20,4
31	0,0	1,0	0,2	-	0,2	-	7,4	-	0,0	1,2
Total	**304,6**	**159,0**	**224,0**	**185,8**	**151,0**	**57,8**	**182,6**	**111,4**	**42,0**	**127,8**
Máx	**55,8**	**39,6**	**84,4**	**49,4**	**34,6**	**30,6**	**53,8**	**35,8**	**35,2**	**77,2**

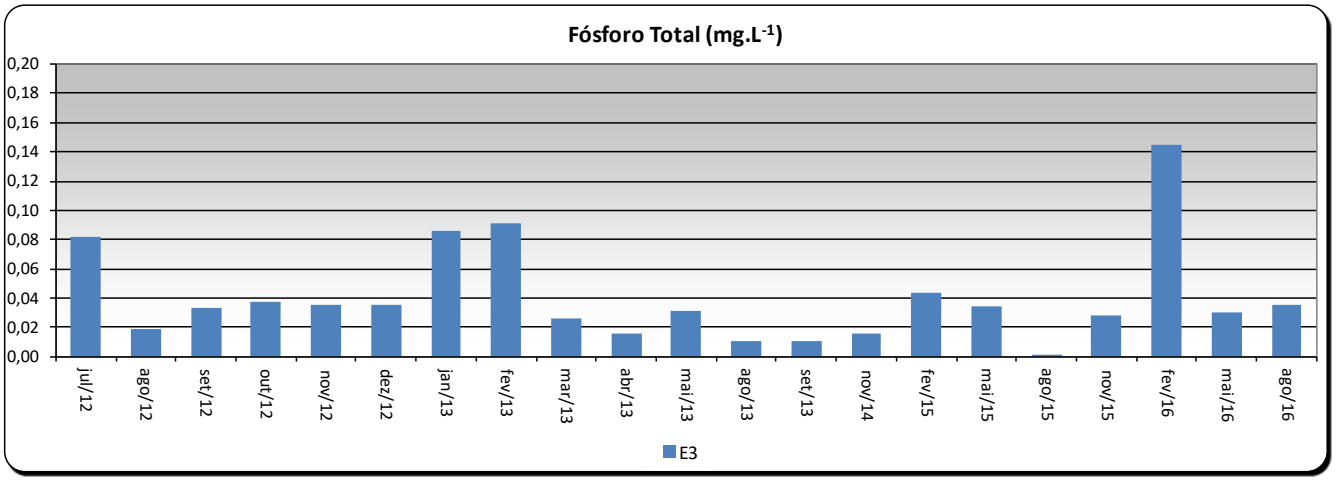
	Datas de coleta
SD	Sem Dados

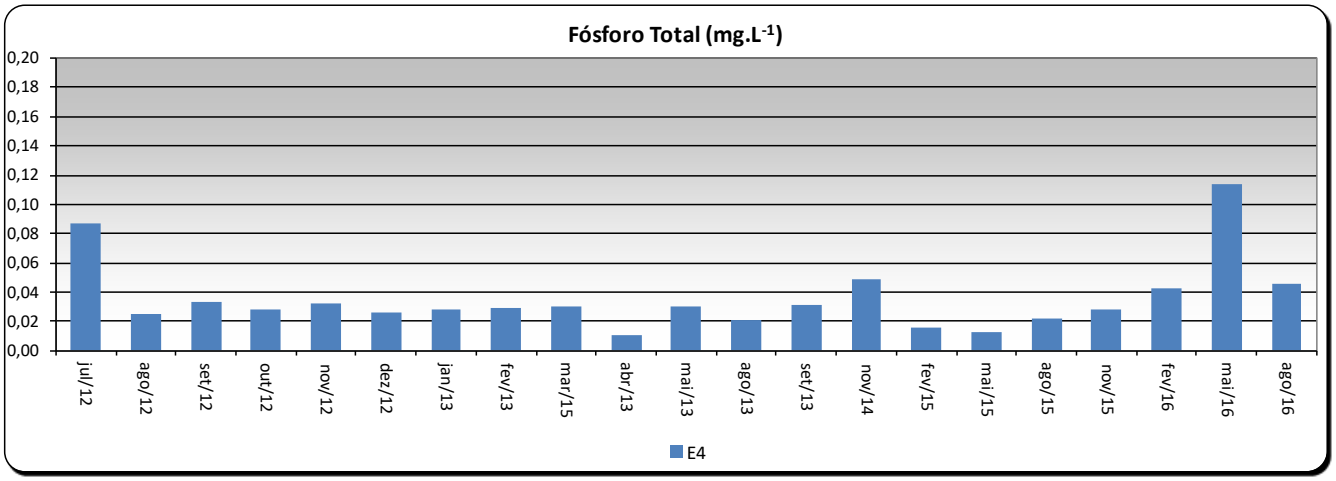
ANEXO 2 – RESULTADOS DE MONITORAMENTOS ANTERIORES - MAUÁ

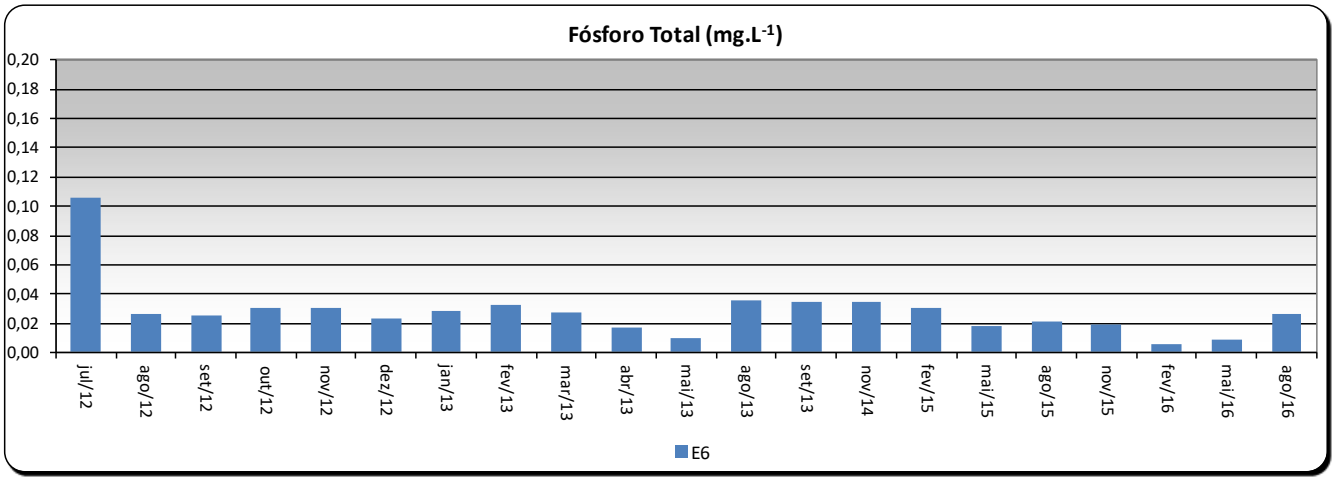
Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

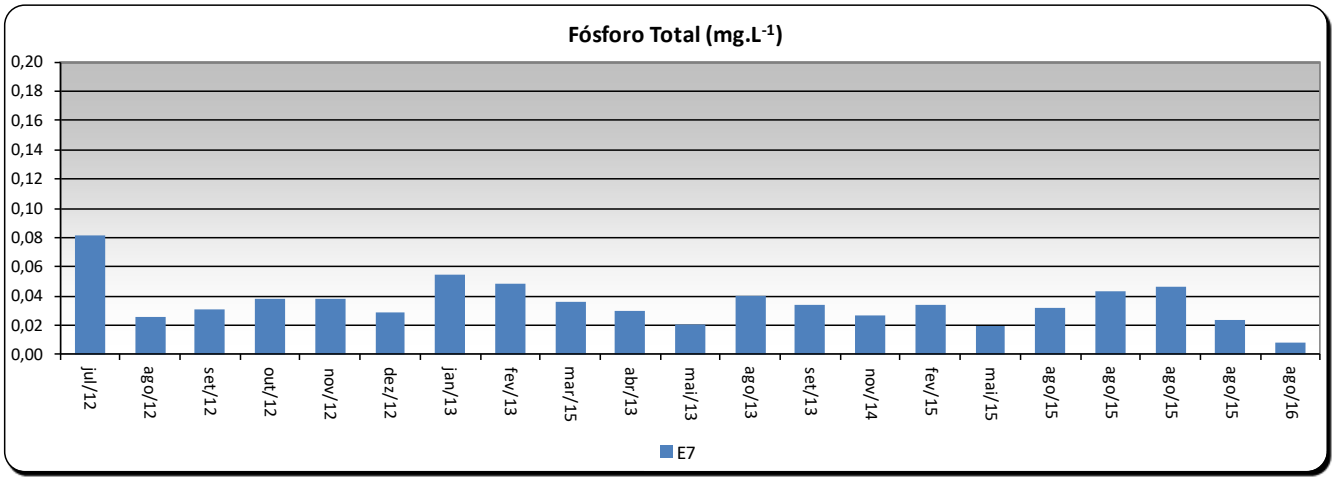

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E1

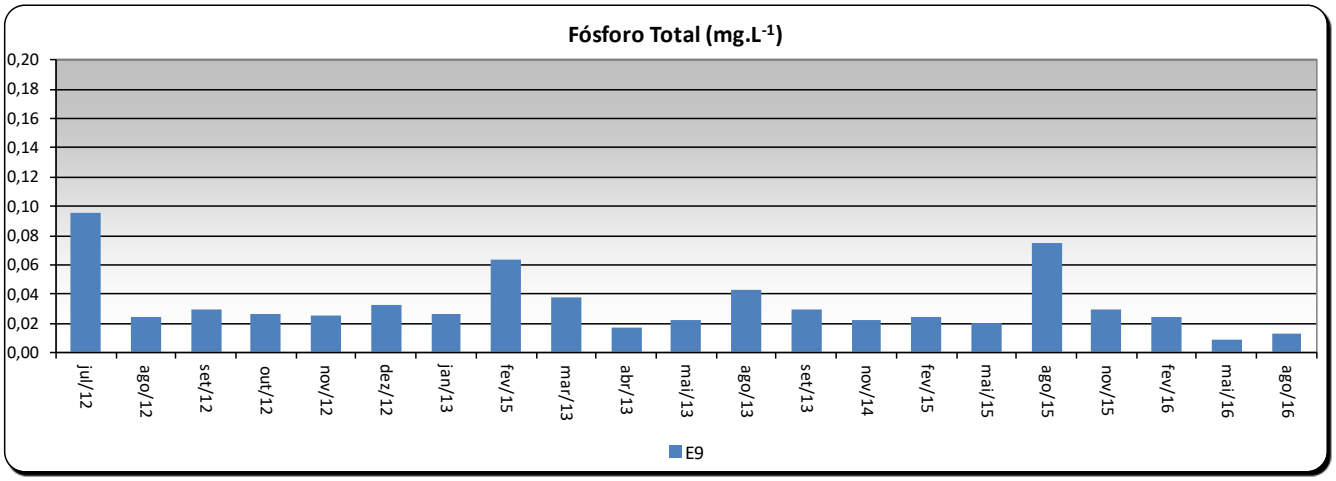

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E2

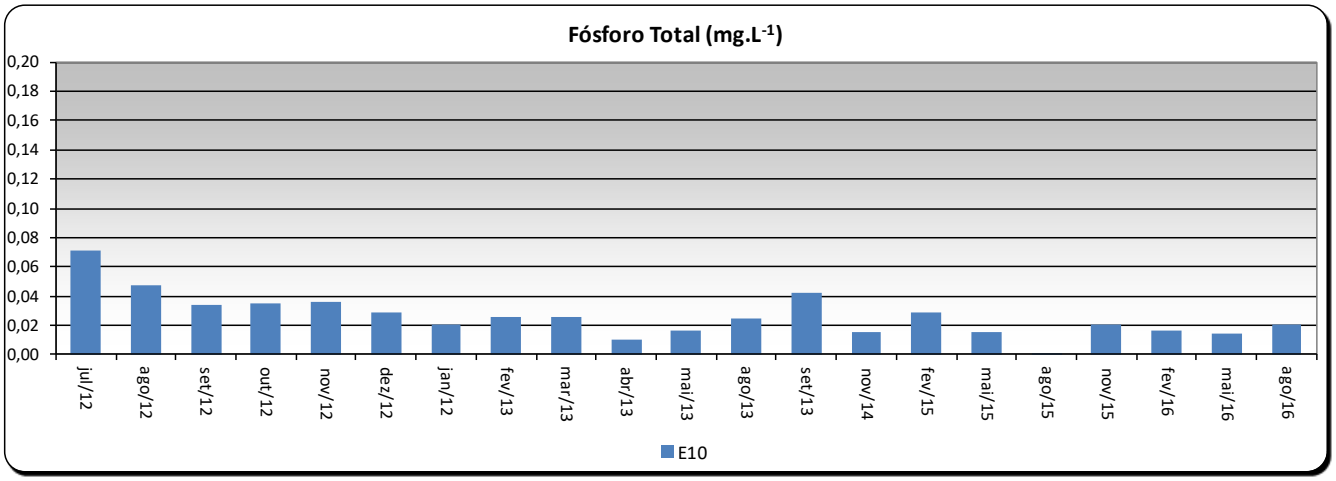

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E3

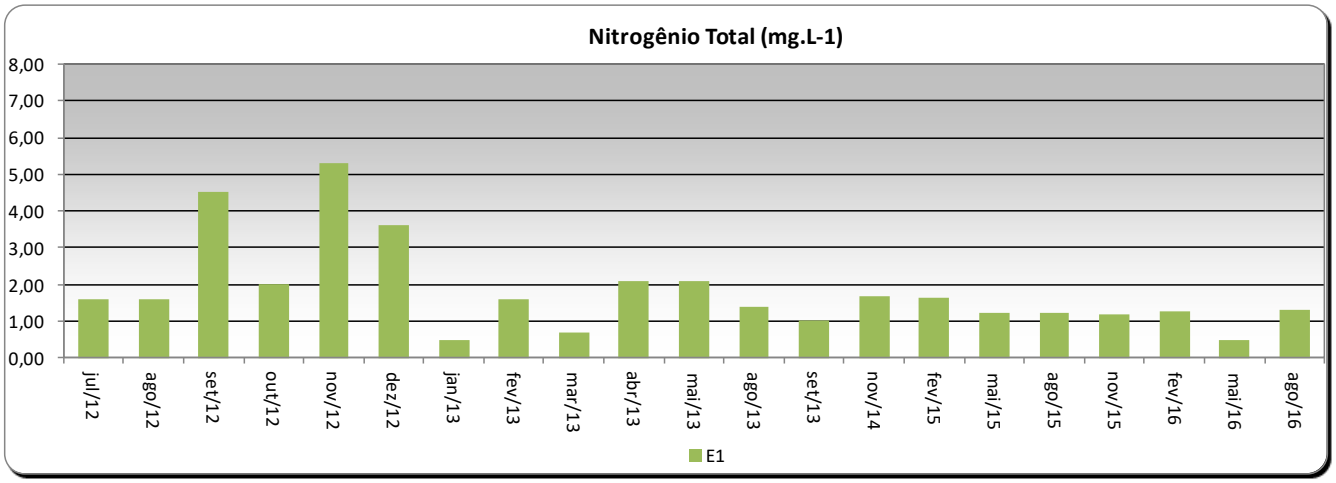

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E4

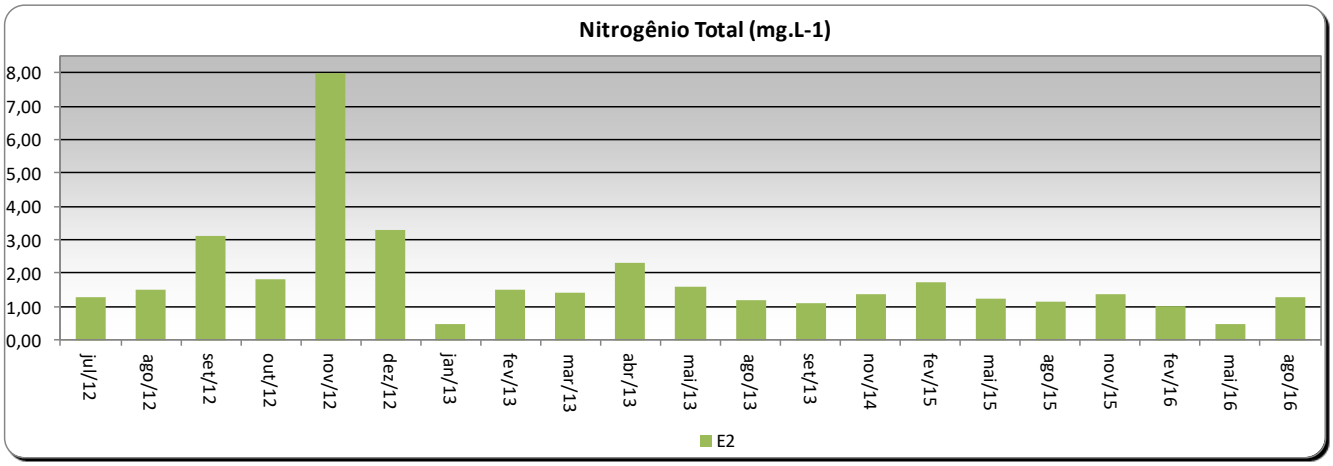

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E6

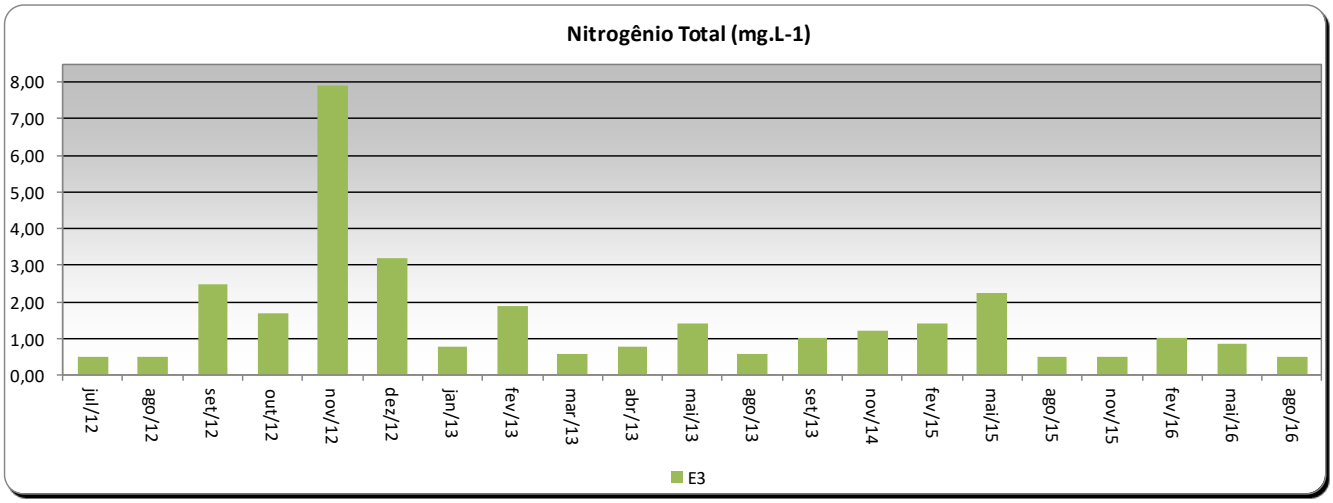

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
ago/15
ago/15
ago/15
ago/16
E7

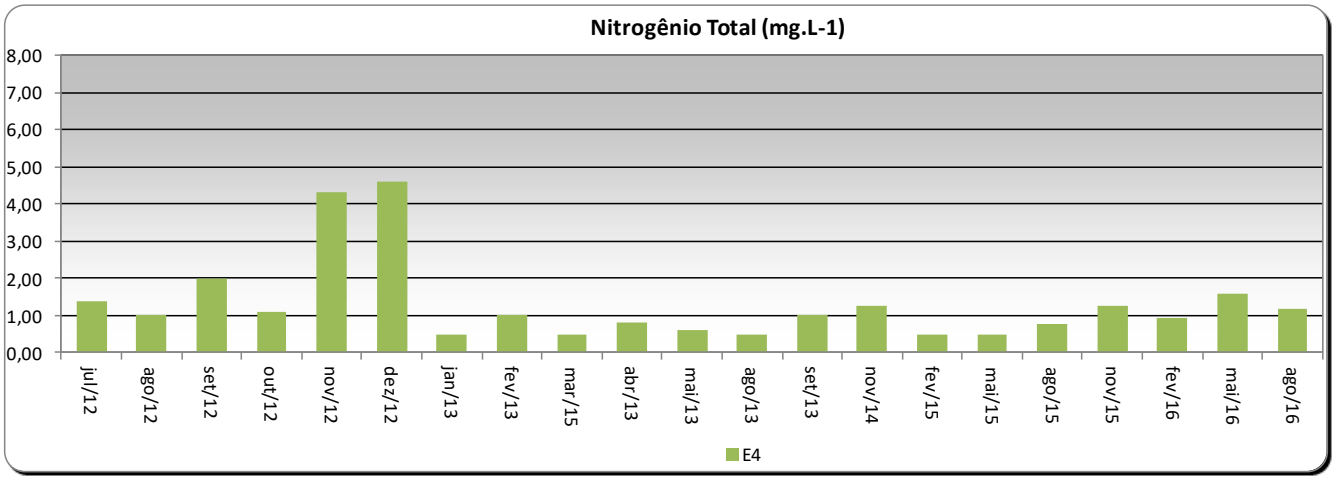

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/15
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E9

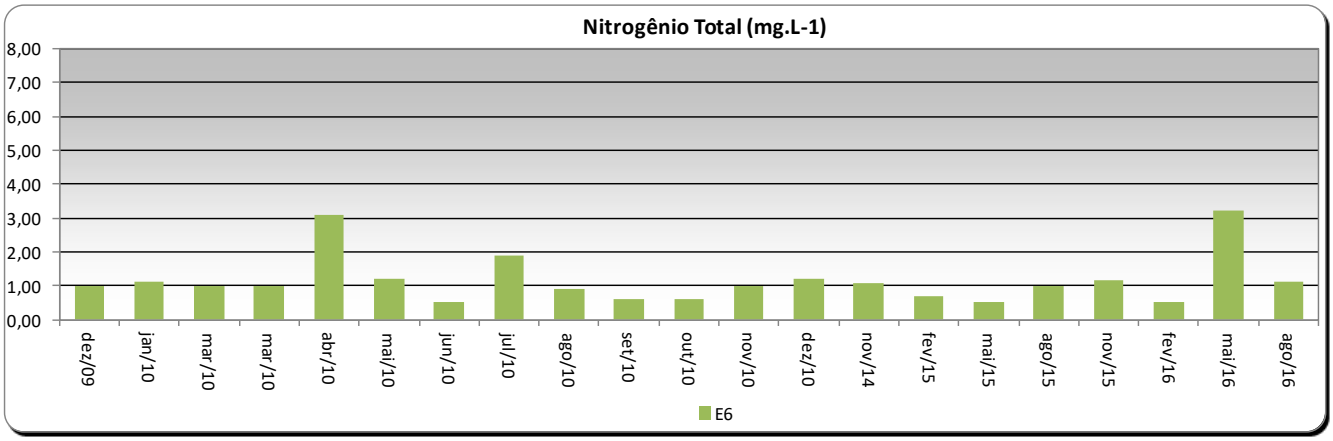

Fósforo Total (mg.L-1)
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/12
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E10

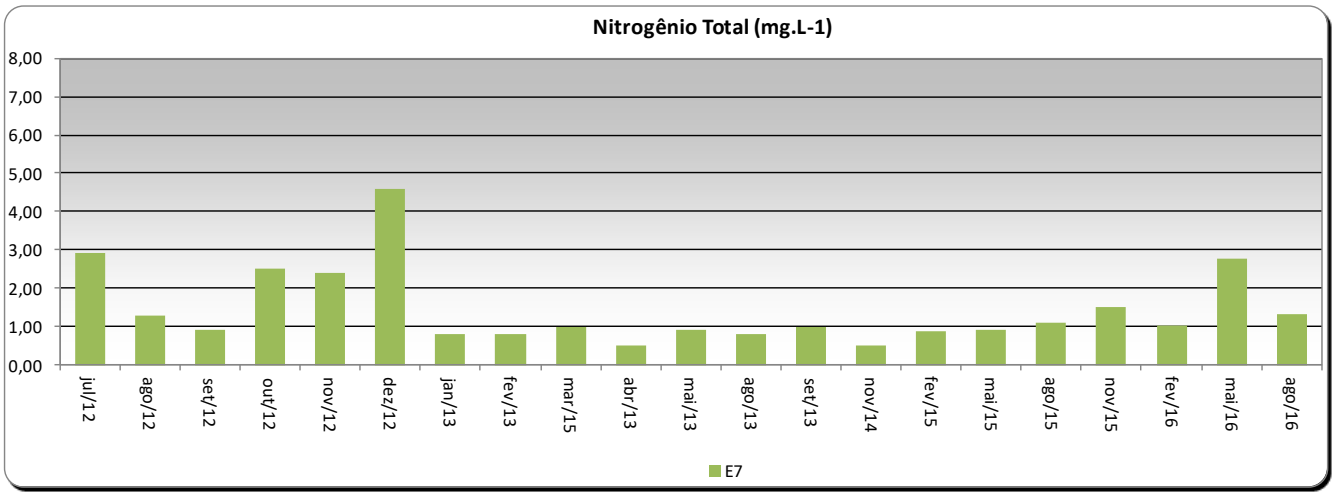

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E1

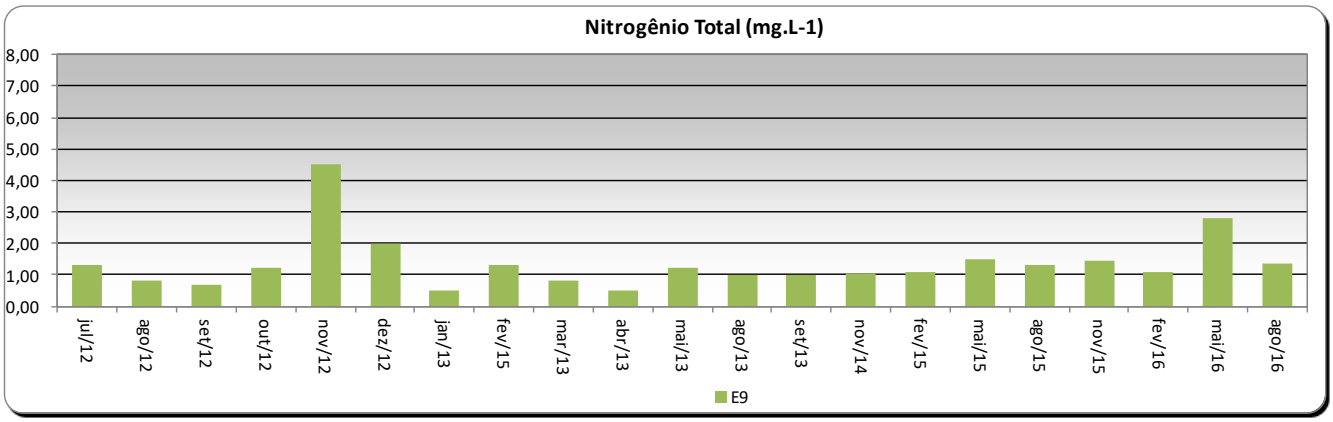

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E2

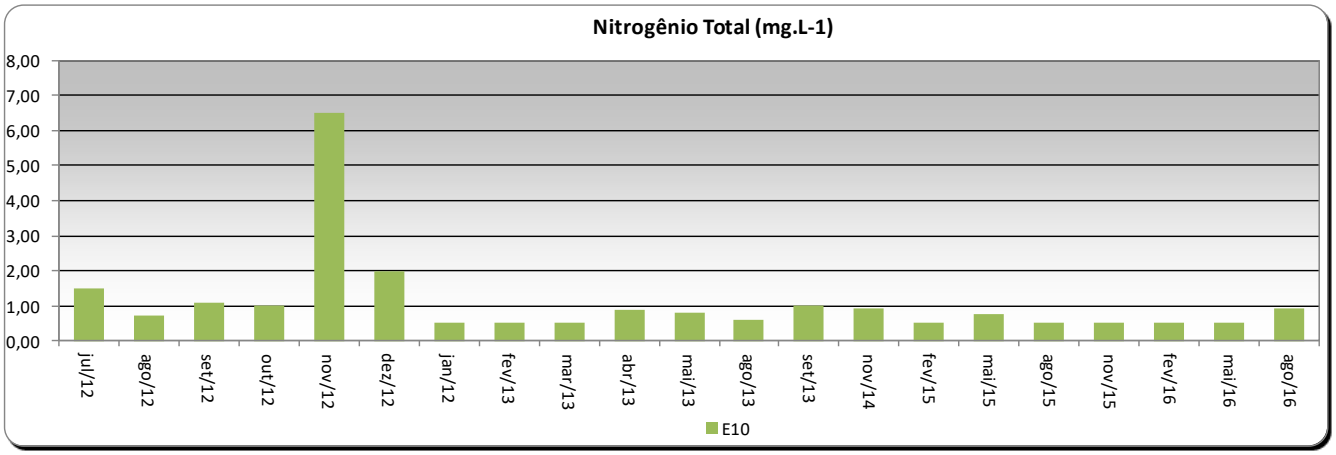

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E3

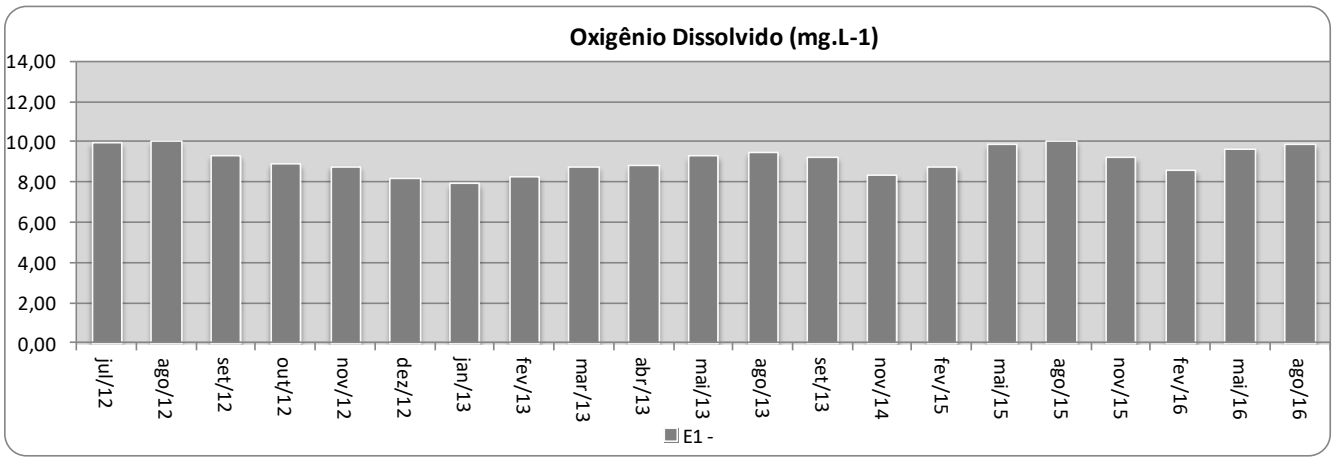

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E4

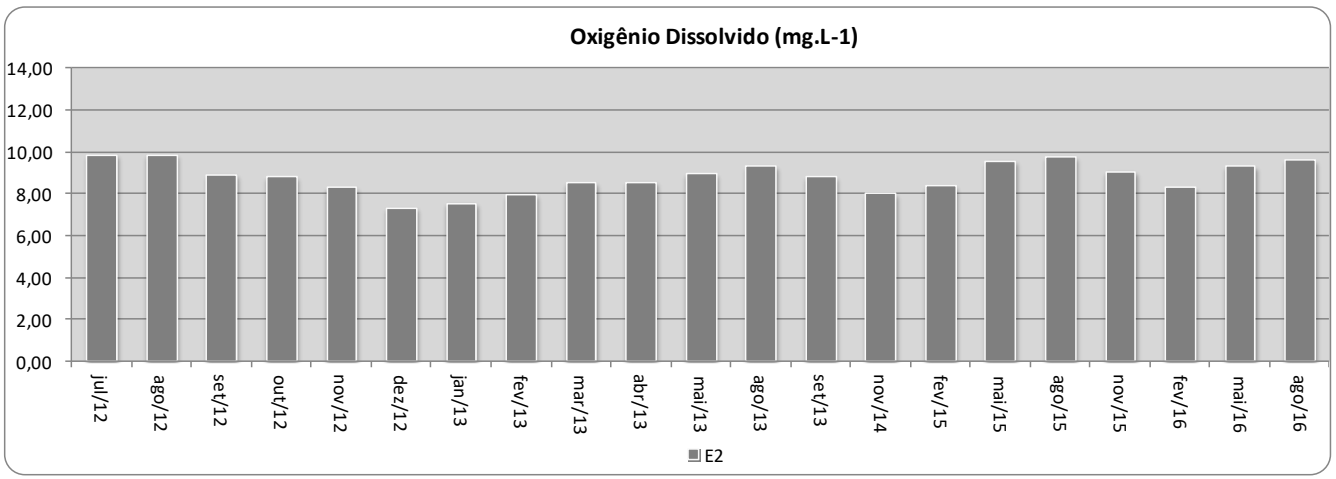

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
dez/09
jan/10
mar/10
mar/10
abr/10
mai/10
jun/10
jul/10
ago/10
set/10
out/10
nov/10
dez/10
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E6

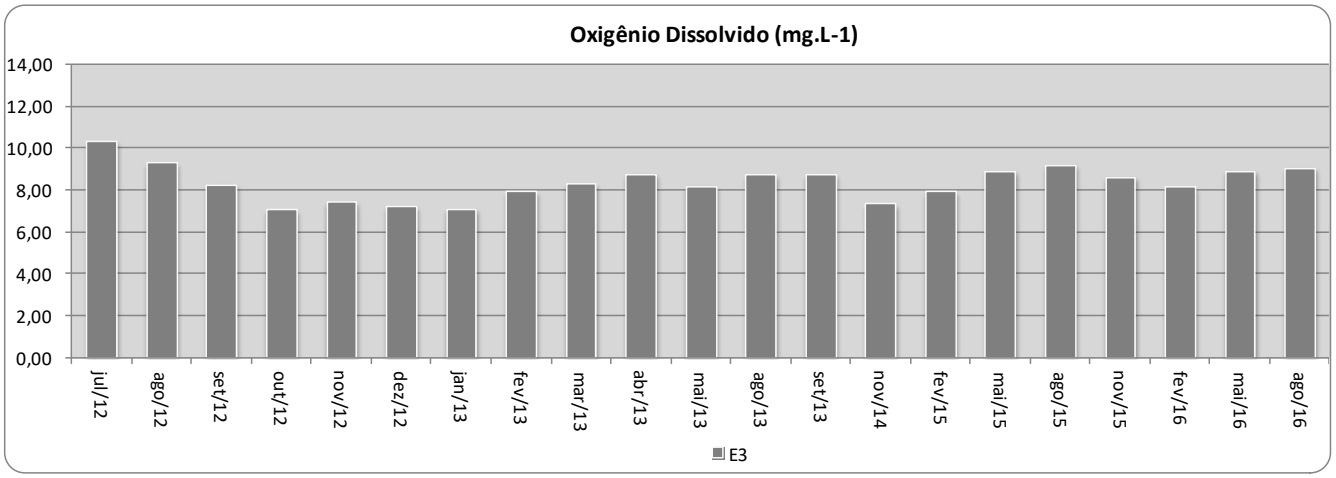

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E7

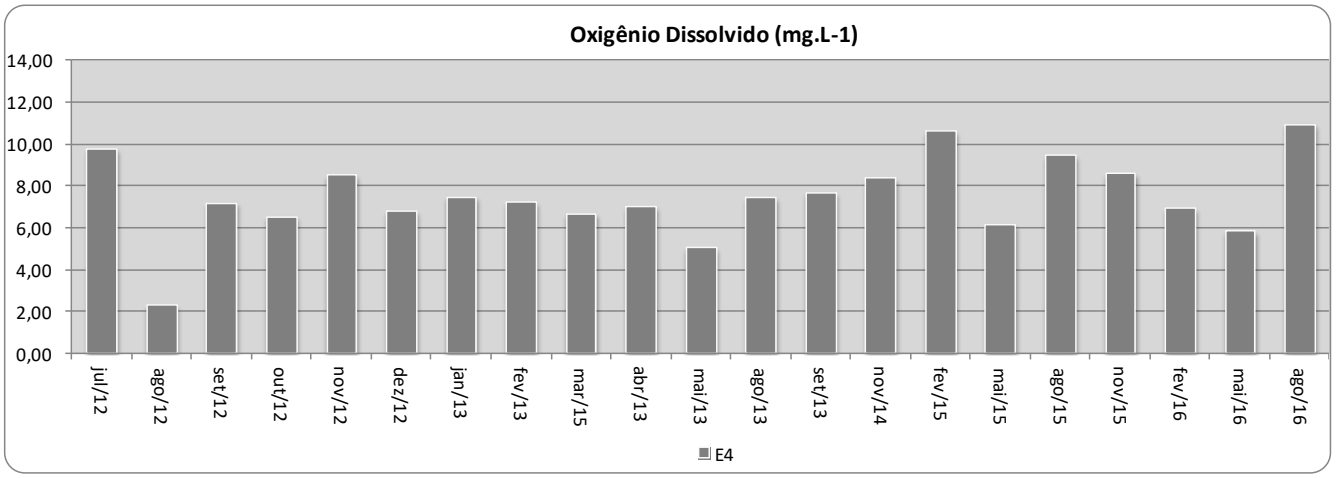

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/15
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E9

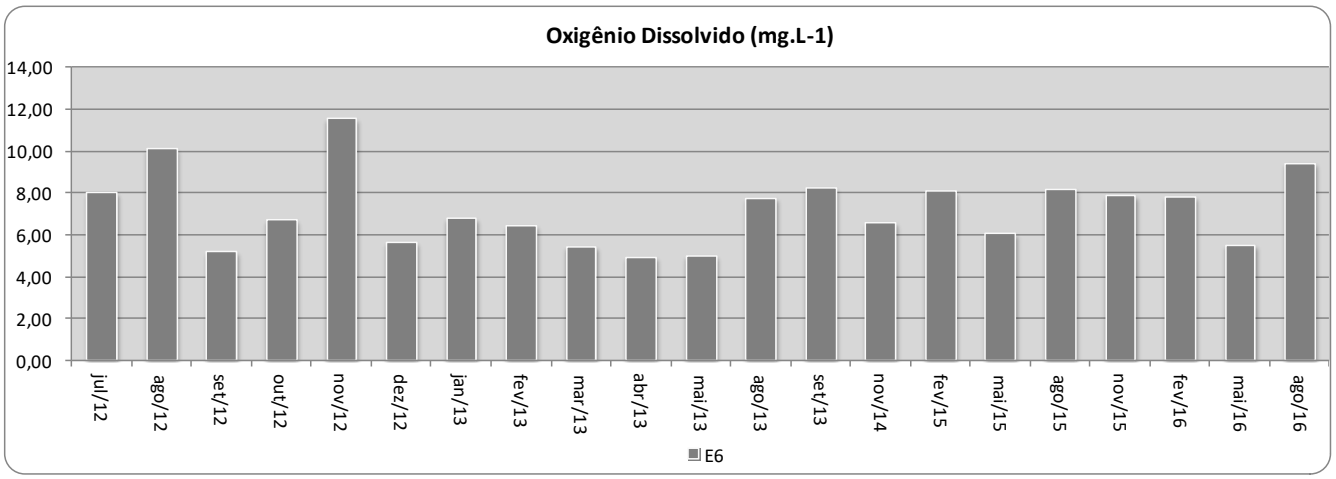

Nitrogênio Total (mg.L-1)
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/12
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E10

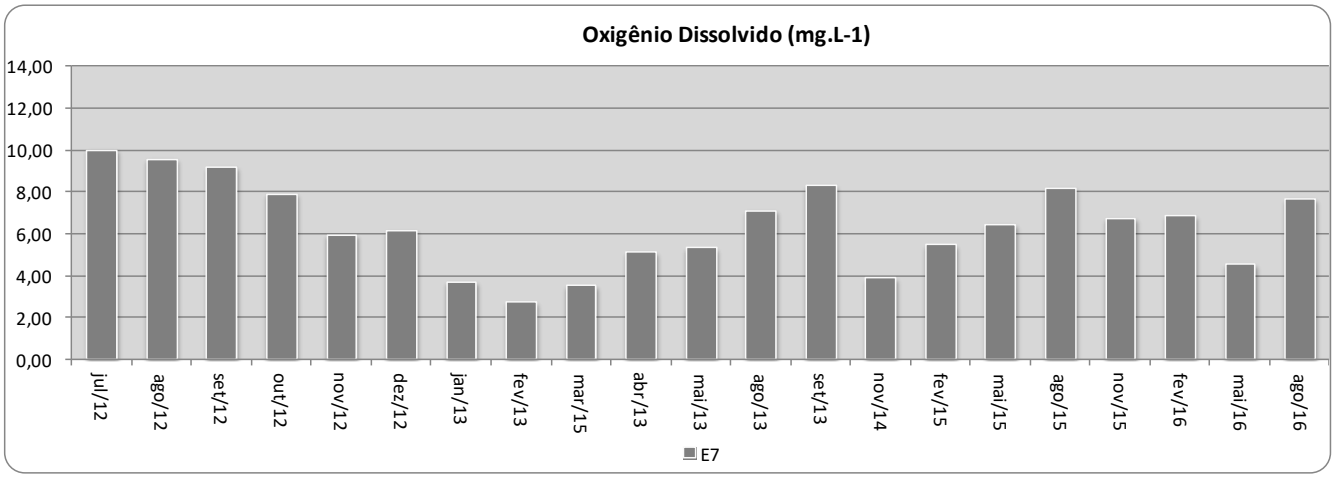

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E1 -

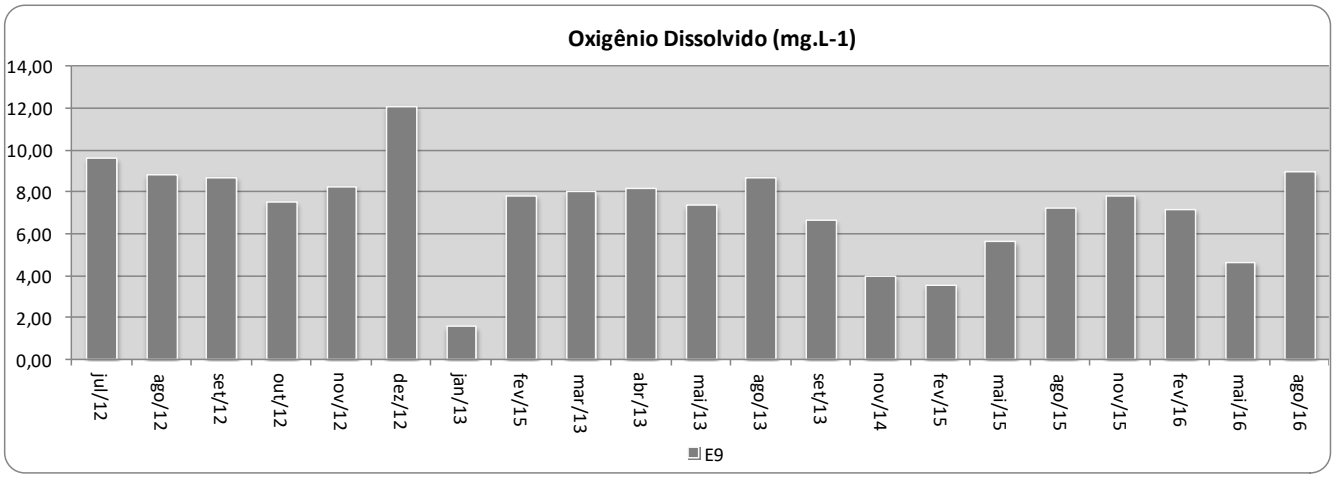

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E2

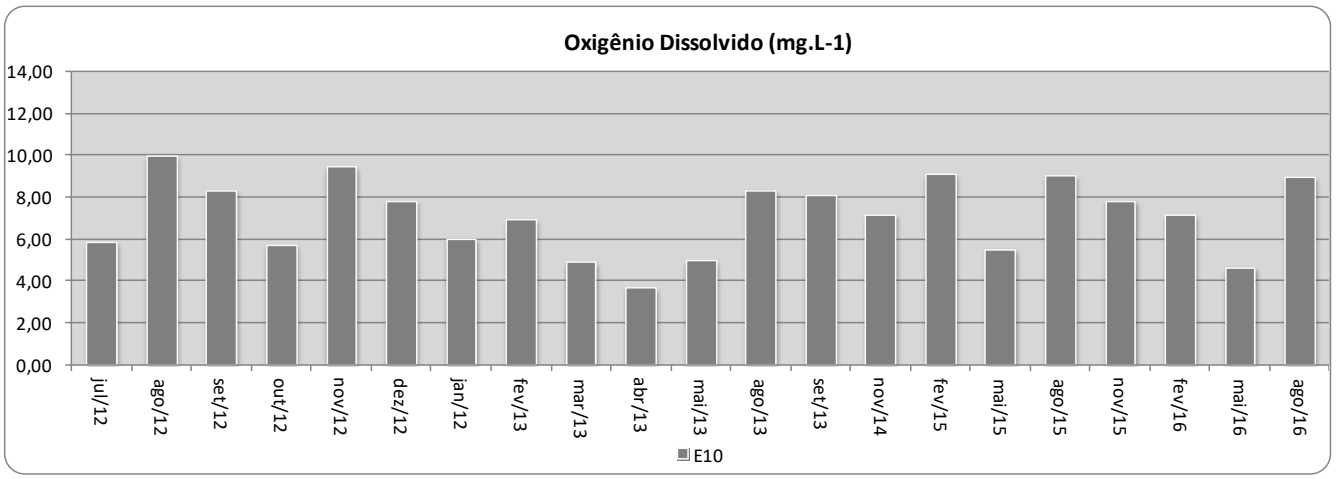

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E3

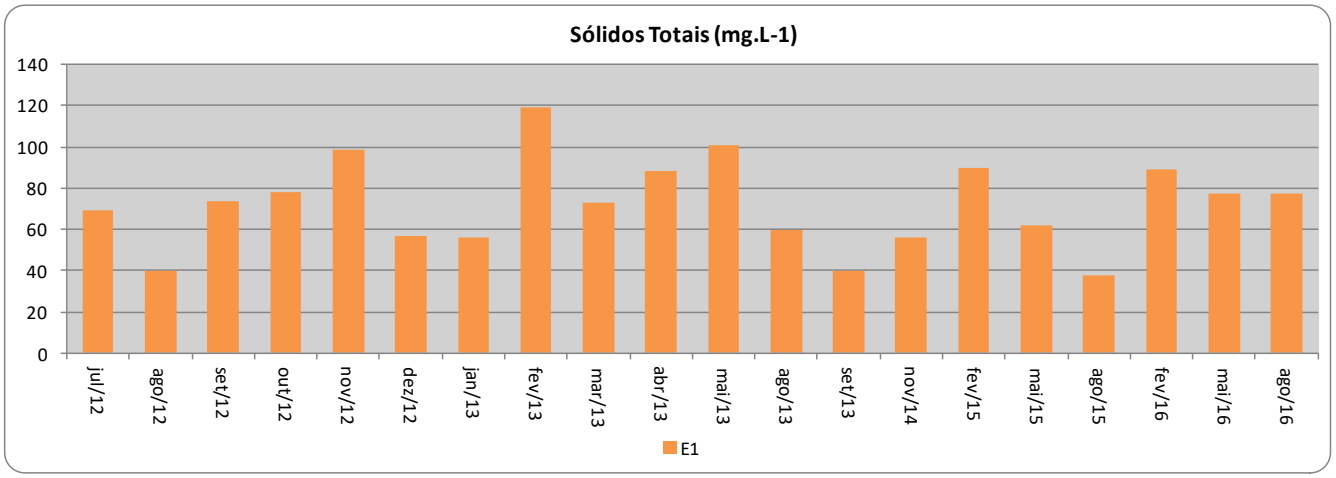

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E4

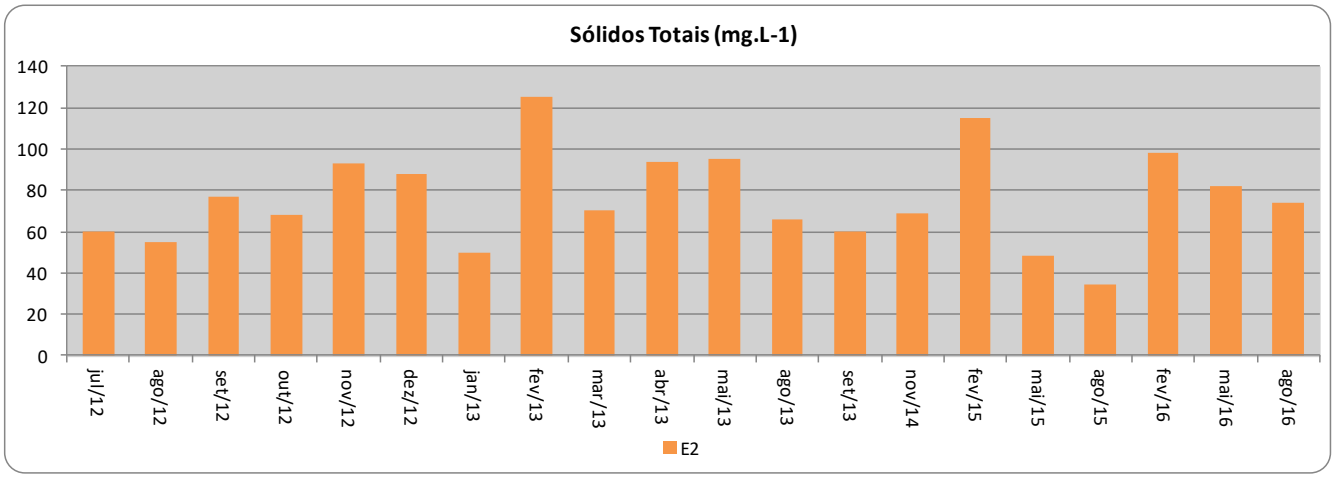

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E6

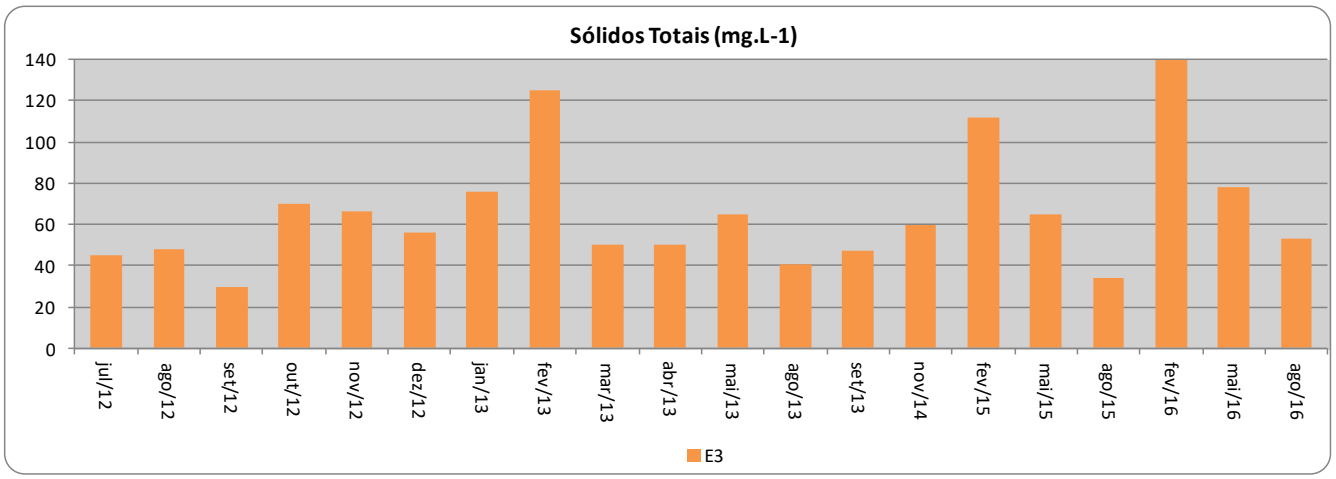

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E7

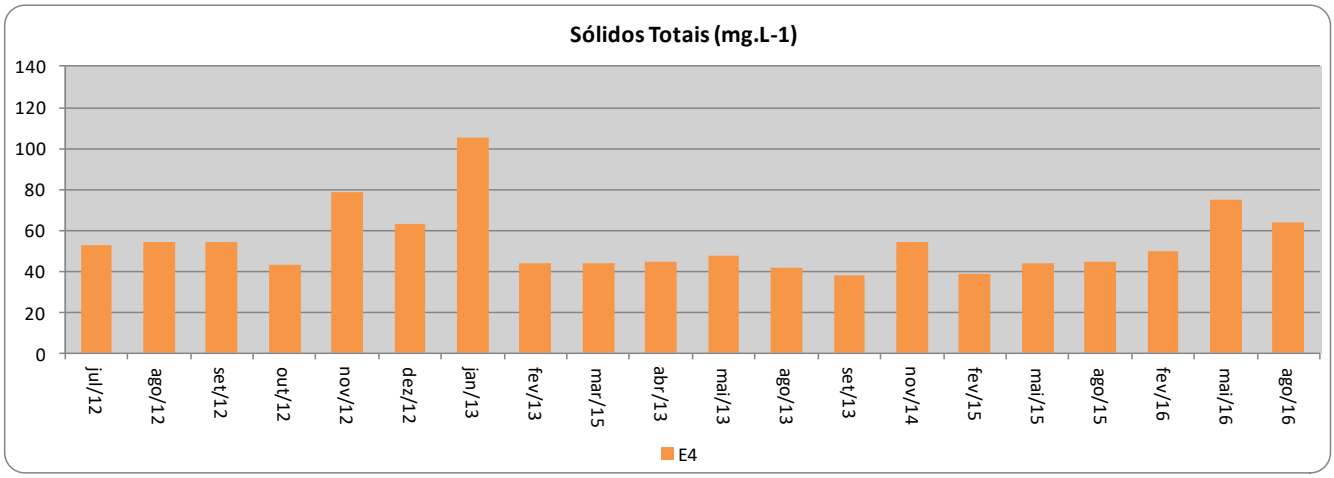

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/15
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E9

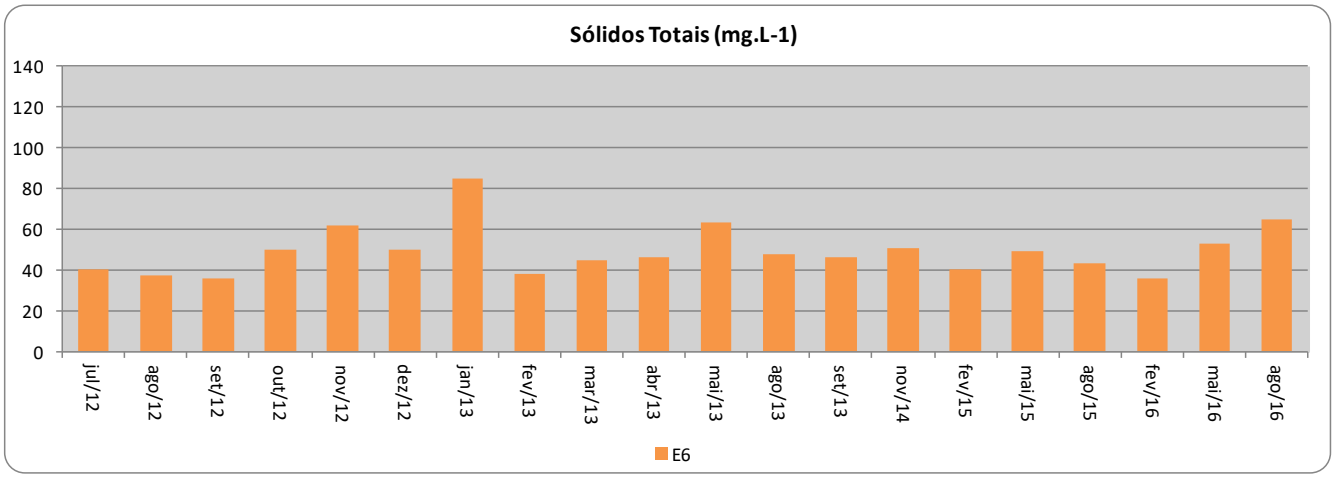

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/12
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E10

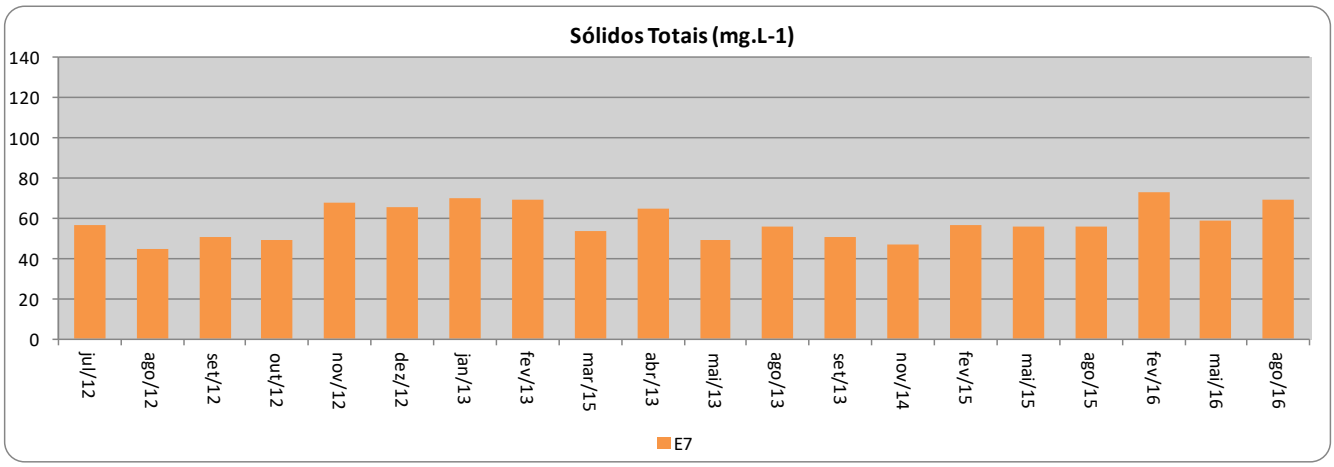

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E1

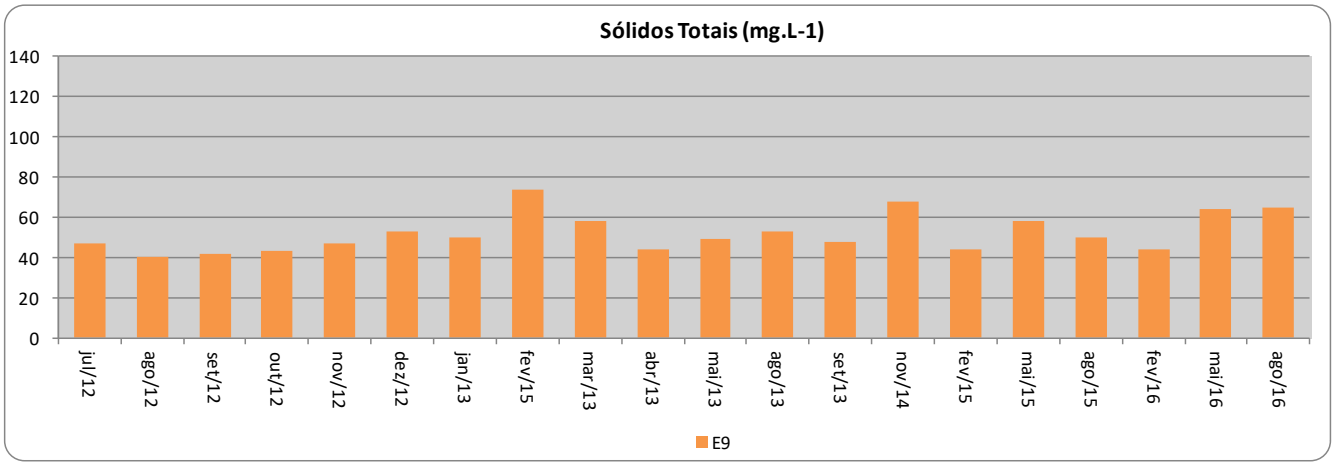

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E2

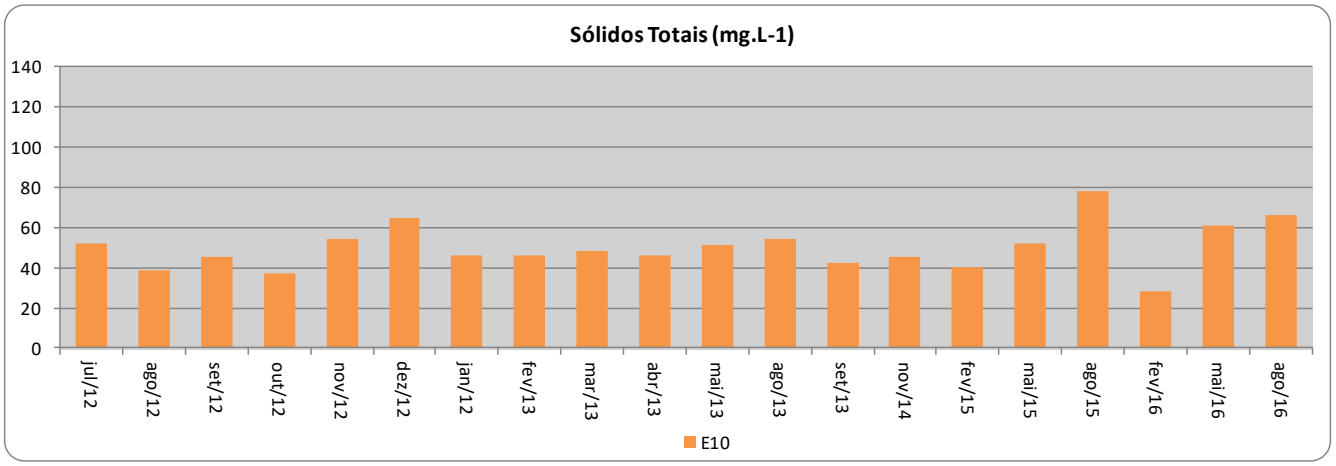

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E3

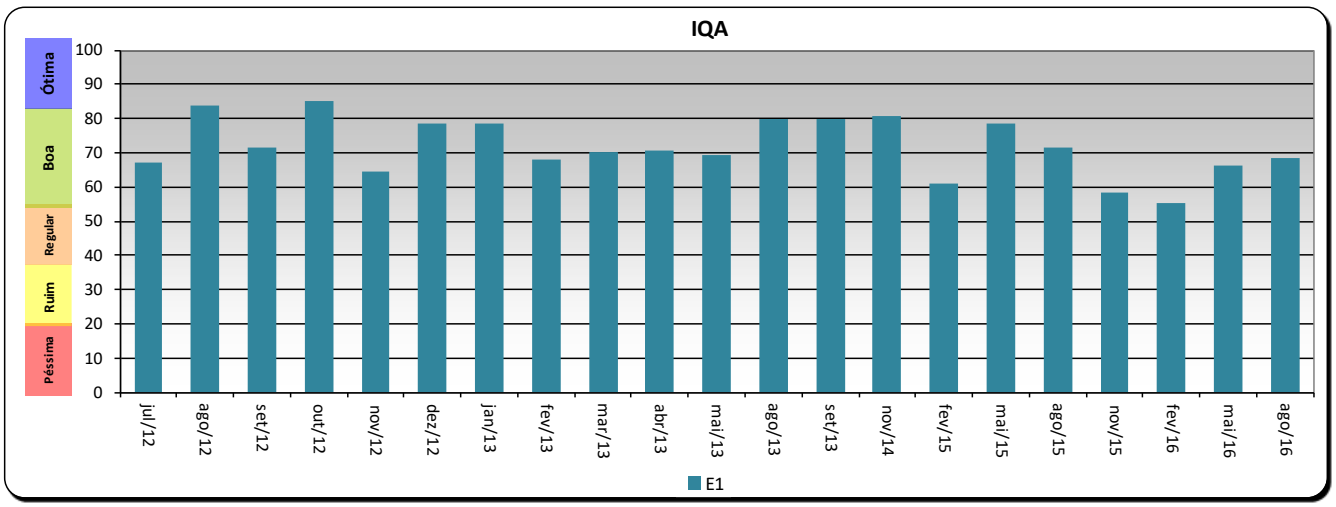

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E4

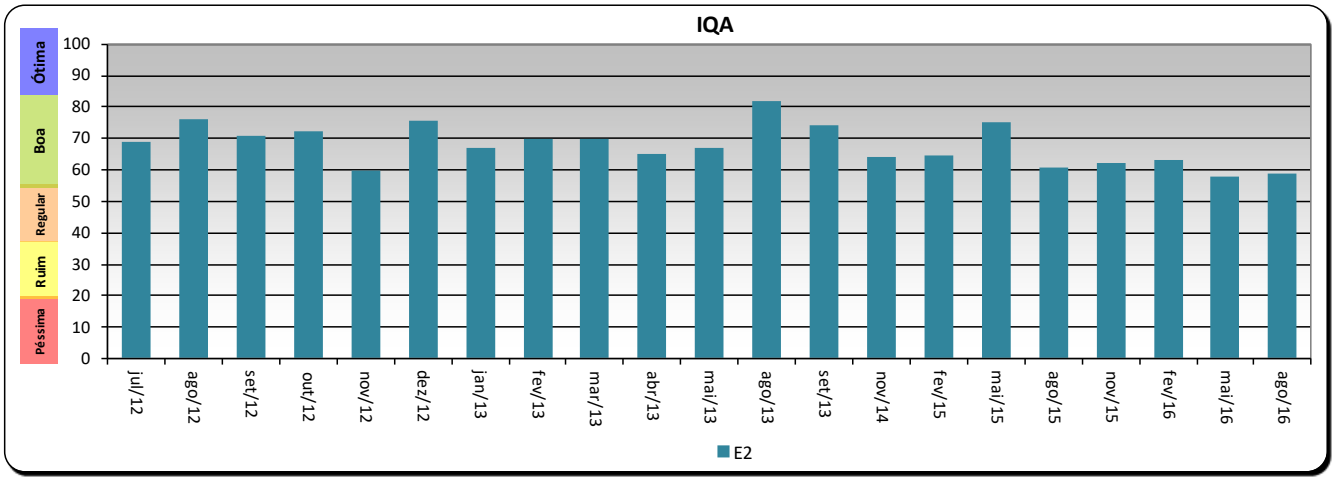

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E6

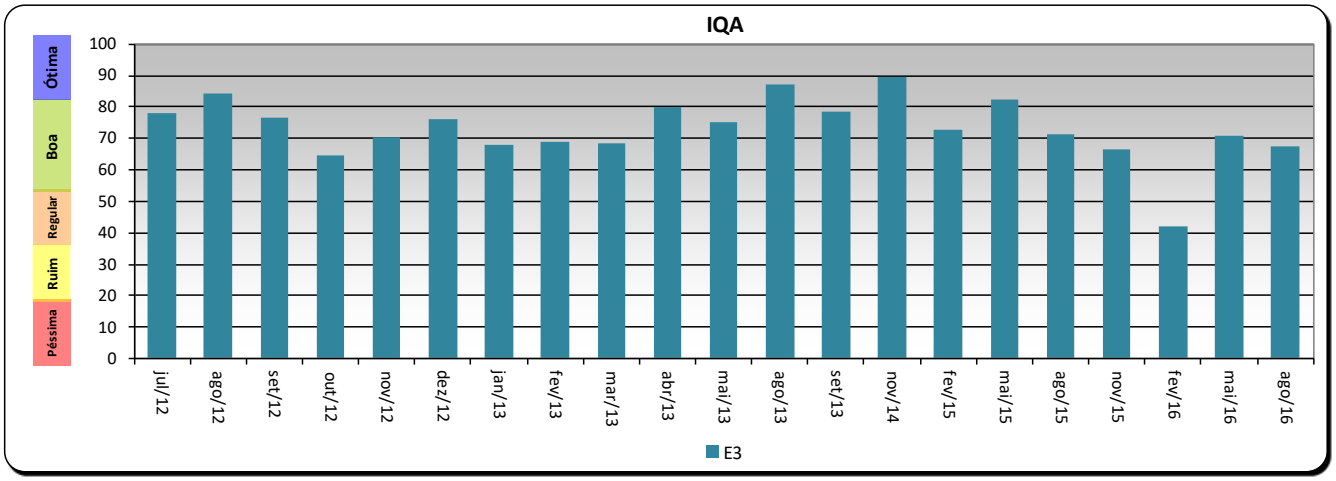

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/15
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E7

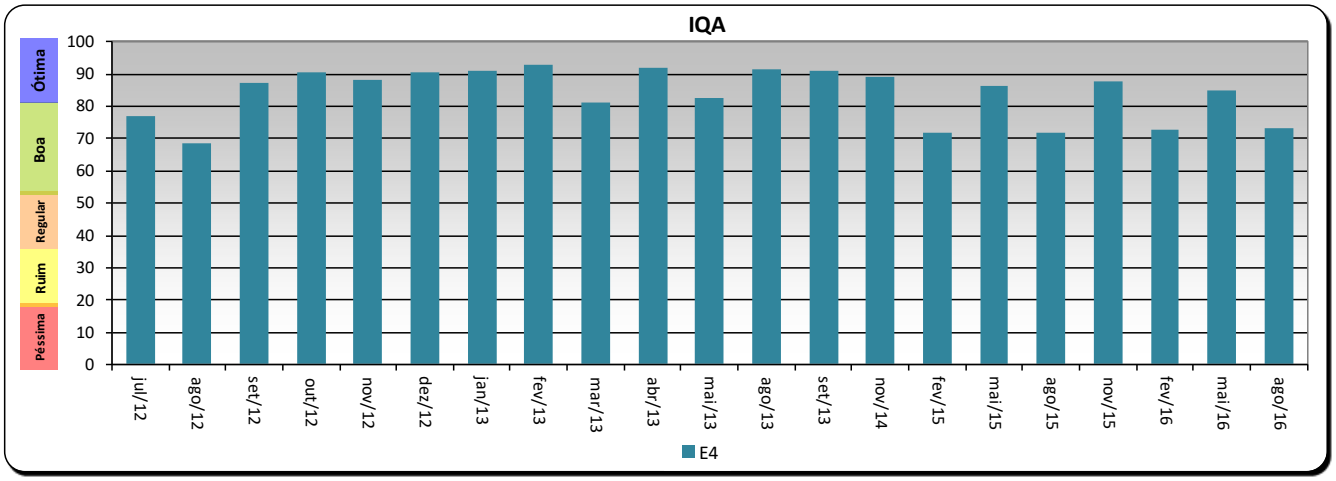

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/15
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E9

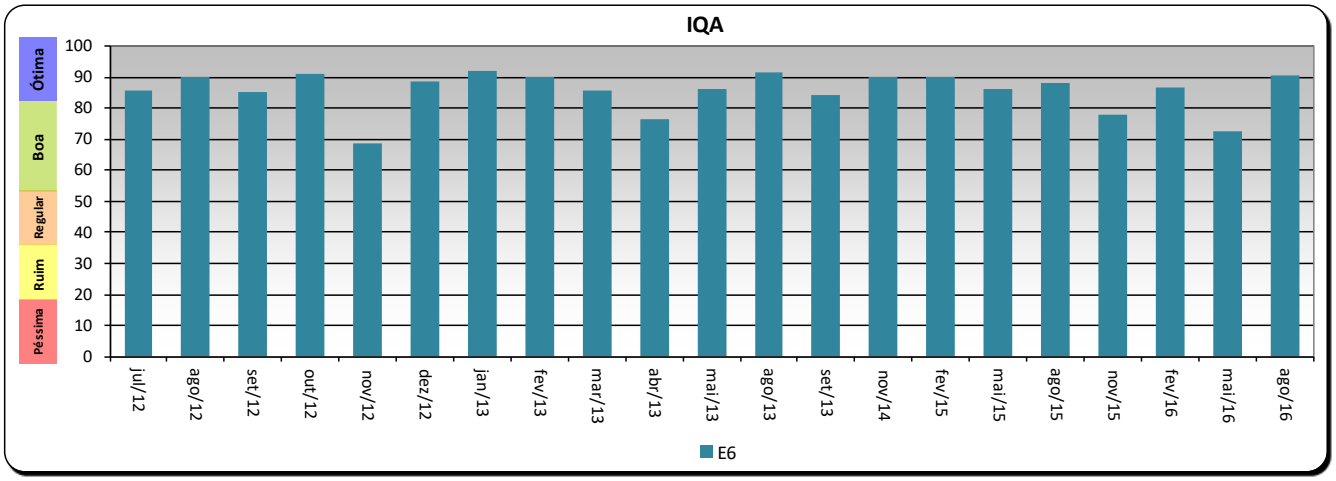

Sólidos Totais (mg.L-1)
140
120
100
80
60
40
20
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/12
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
fev/16
mai/16
ago/16
E10

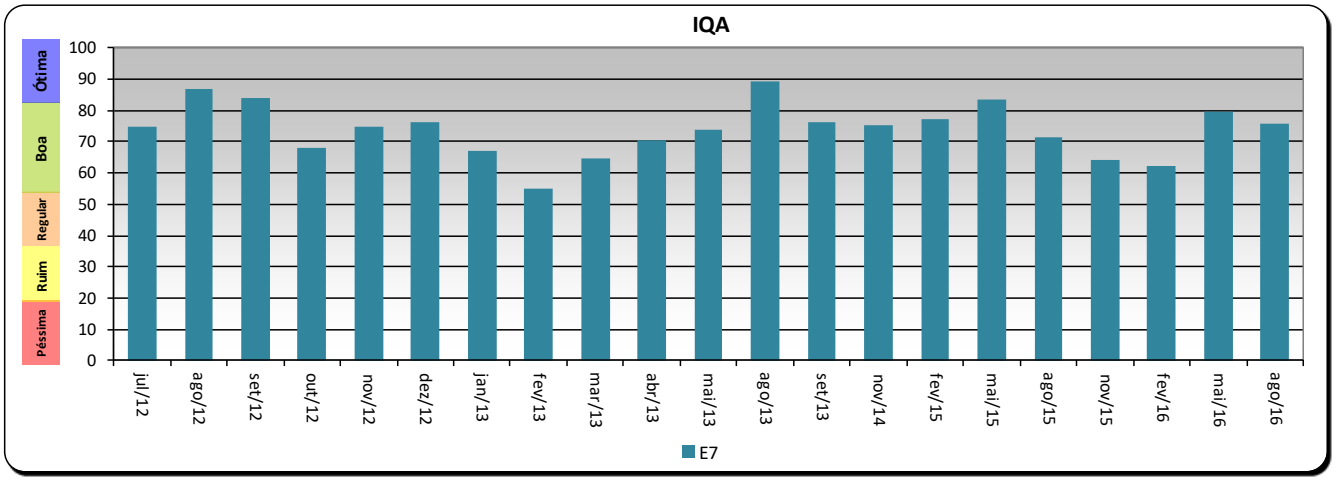

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E1

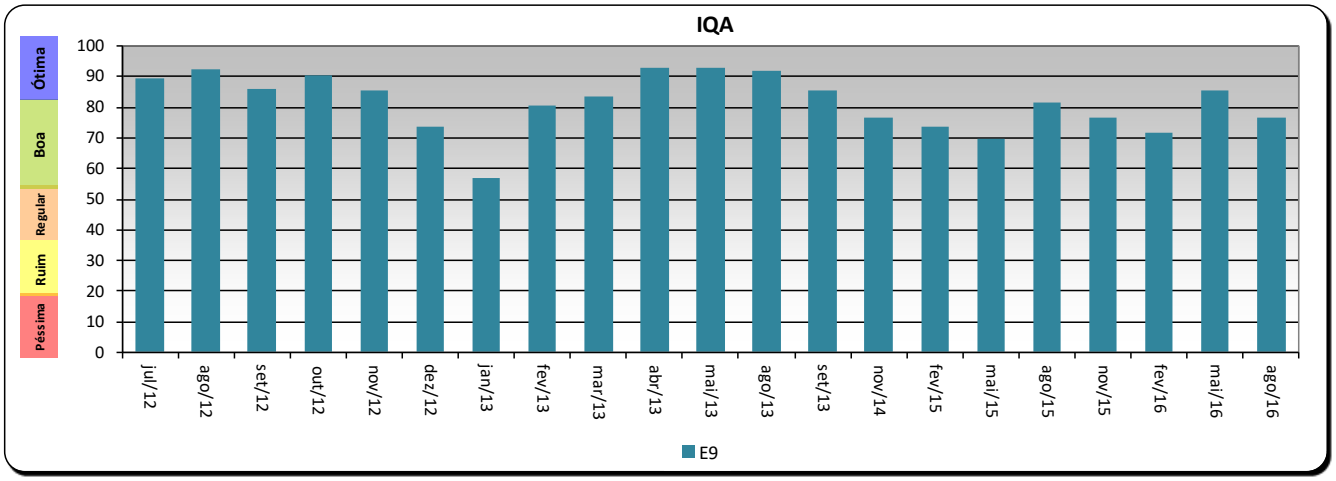

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E2

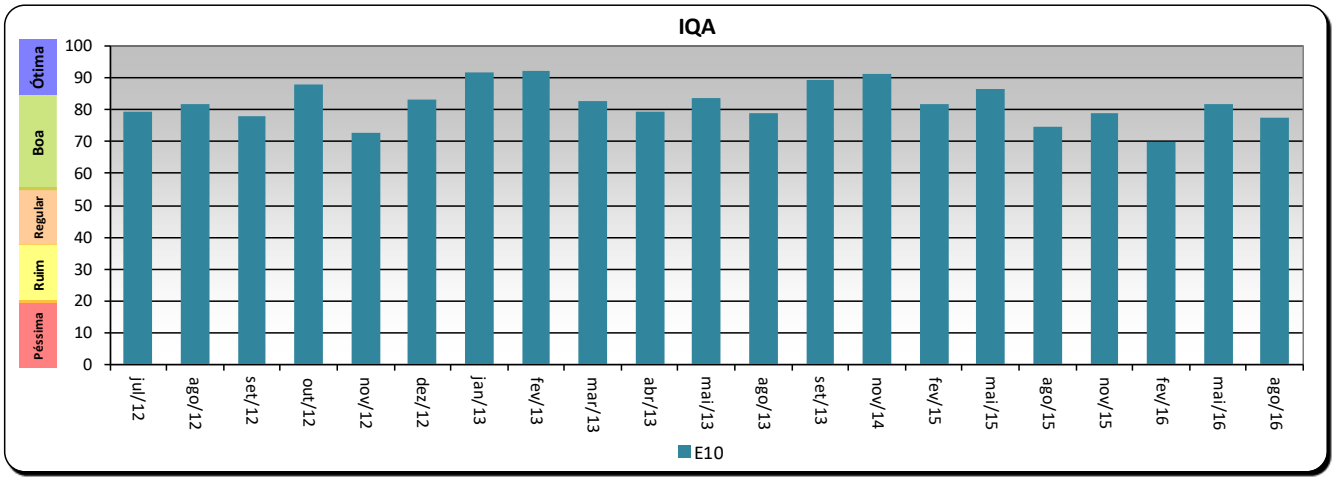

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E3


IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E4


IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E6

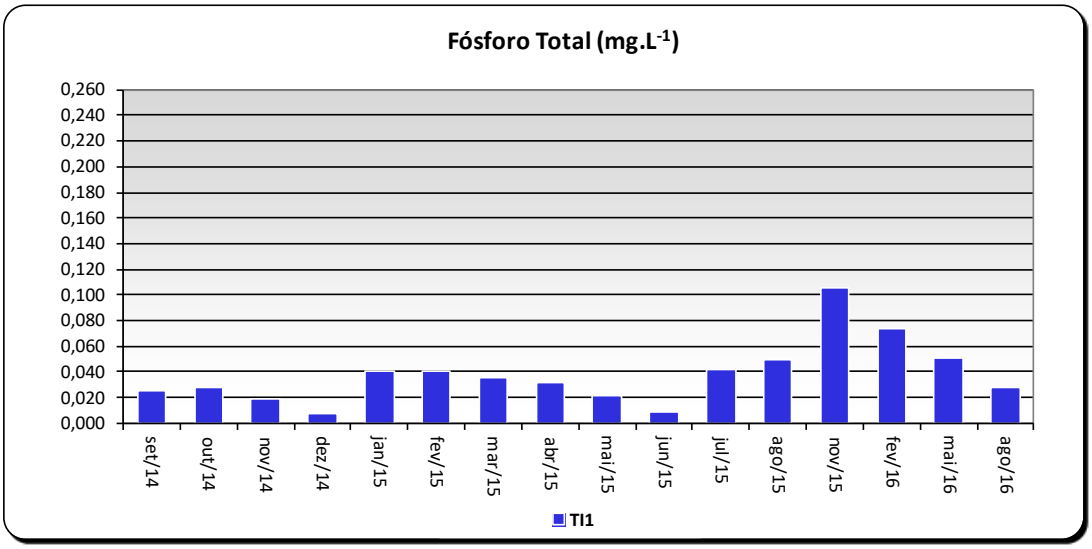

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E7

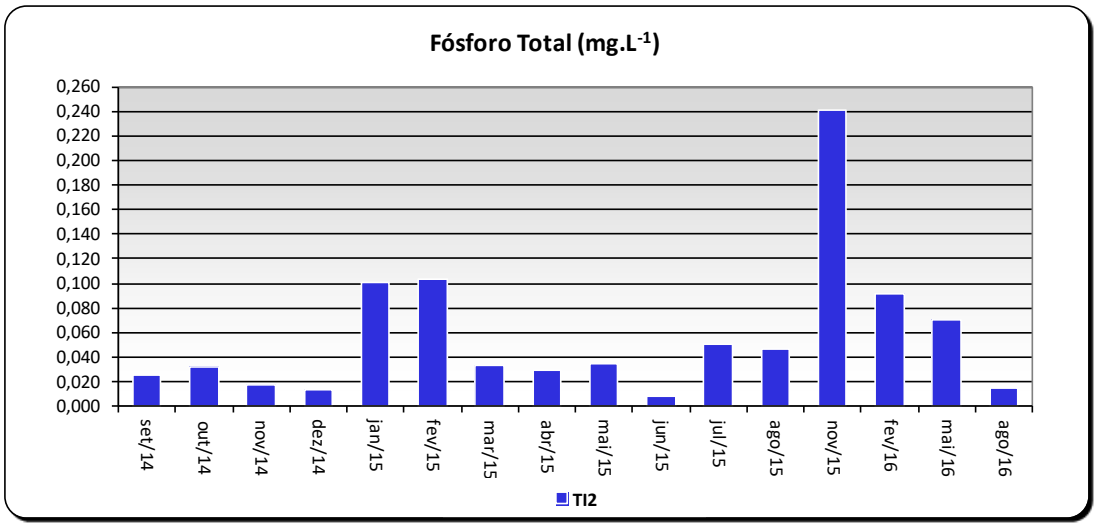

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E9

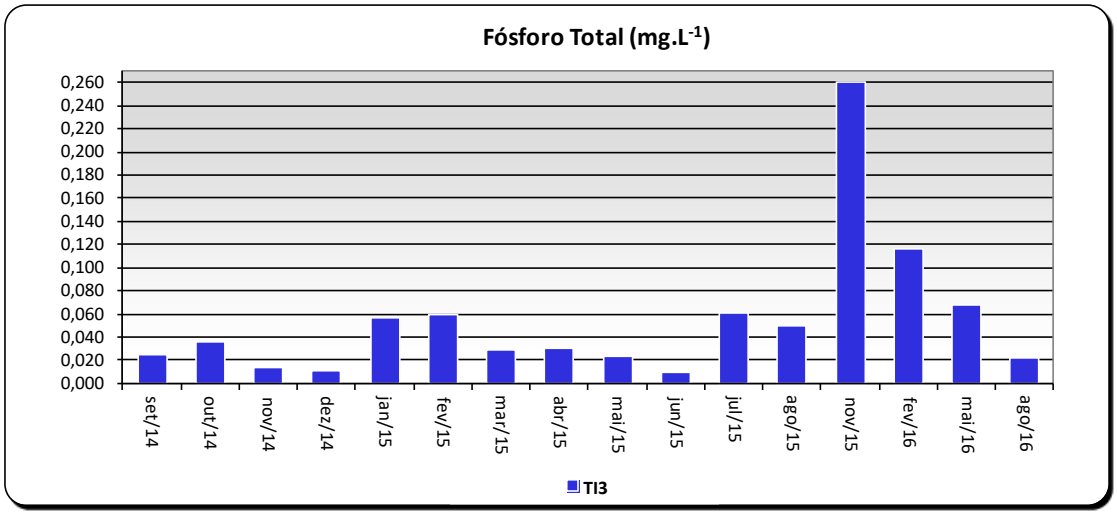

IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
jul/12
ago/12
set/12
out/12
nov/12
dez/12
jan/13
fev/13
mar/13
abr/13
mai/13
ago/13
set/13
nov/14
fev/15
mai/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
E10

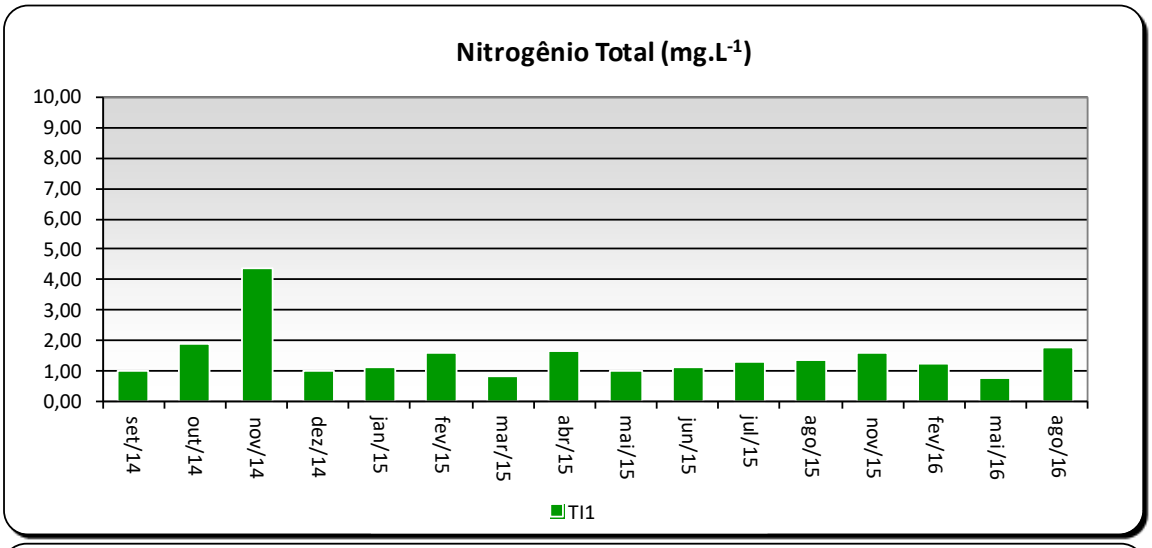
ANEXO 2 – RESULTADOS DE MONITORAMENTOS ANTERIORES – TERRAS INDÍGENAS

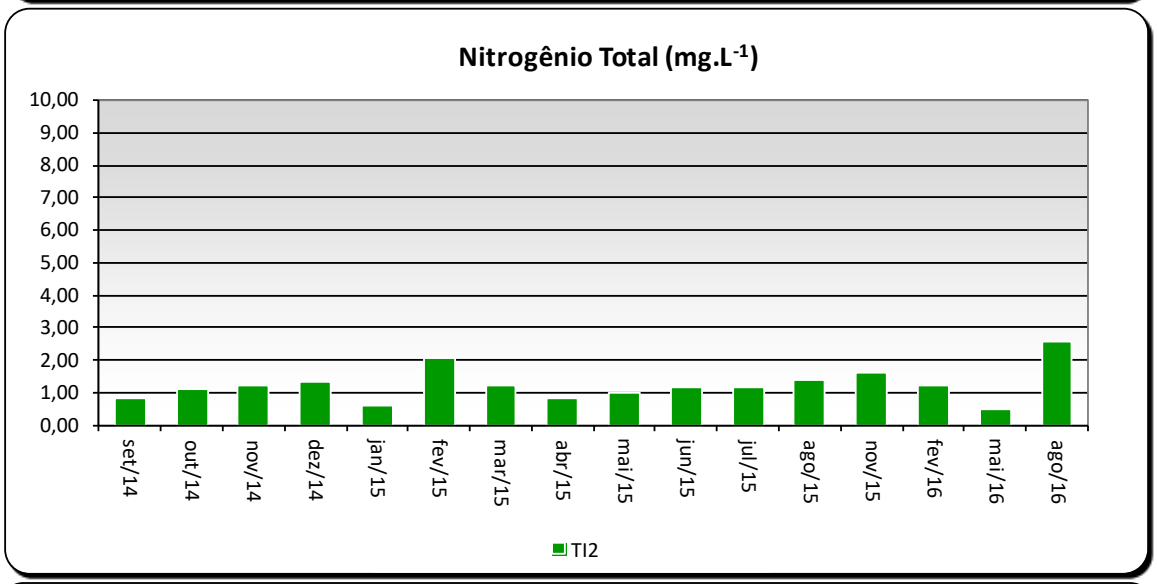
Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

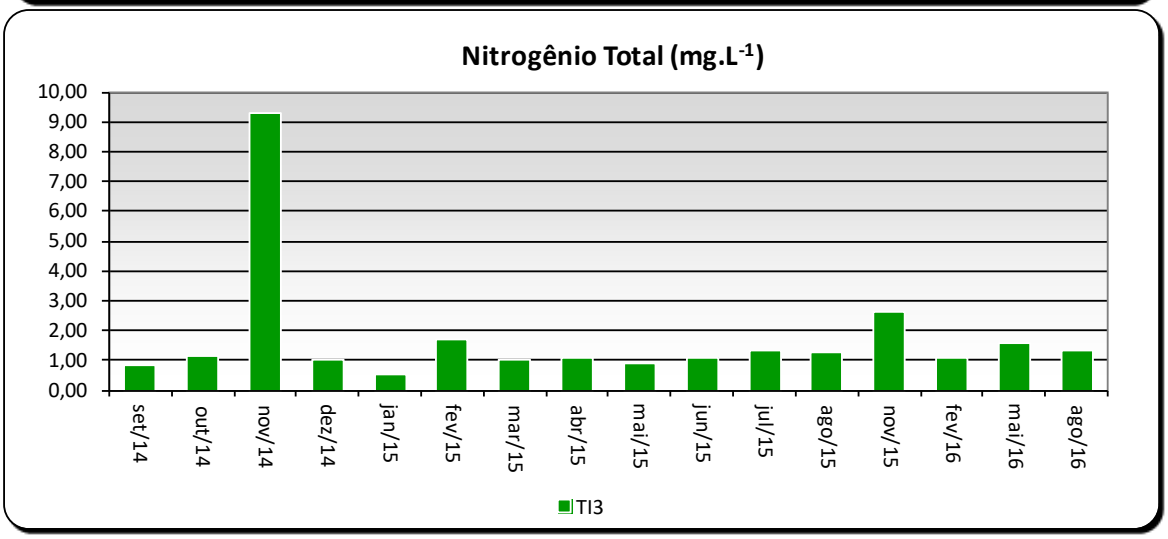

Fósforo Total (mg.L-1)
0,260
0,240
0,220
0,200
0,180
0,160
0,140
0,120
0,100
0,080
0,060
0,040
0,020
0,000
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI1

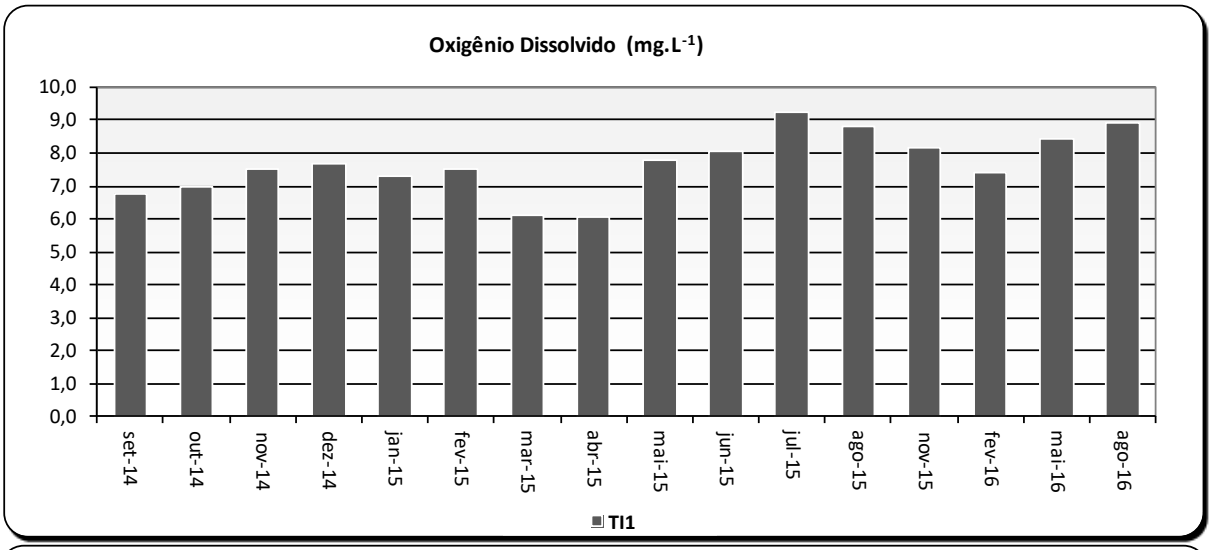

Fósforo Total (mg.L-1)
0,260
0,240
0,220
0,200
0,180
0,160
0,140
0,120
0,100
0,080
0,060
0,040
0,020
0,000
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI2

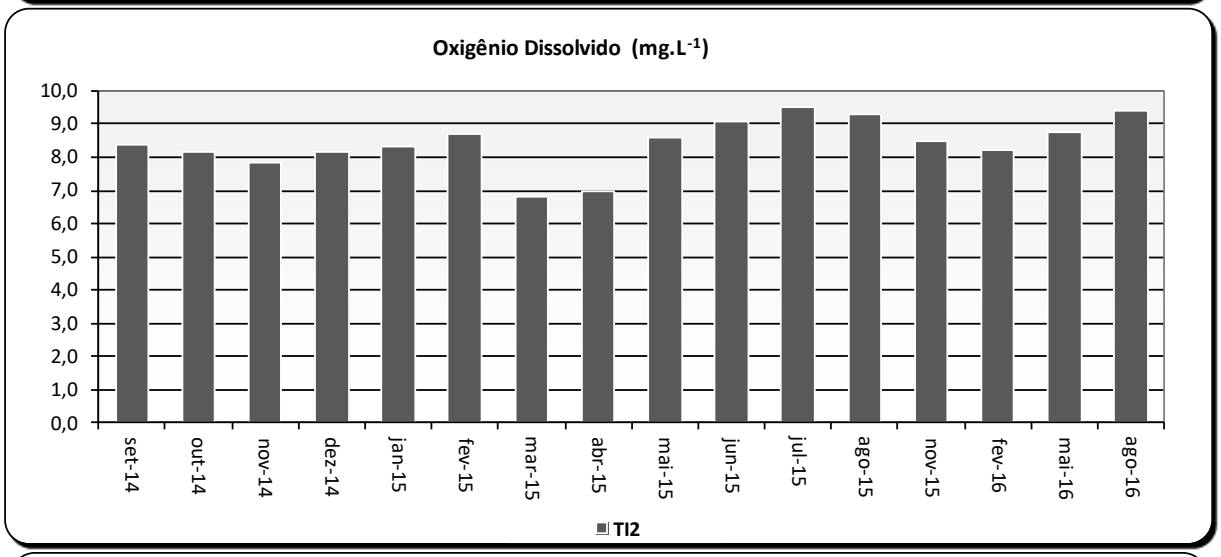

Fósforo Total (mg.L-1)
0,260
0,240
0,220
0,200
0,180
0,160
0,140
0,120
0,100
0,080
0,060
0,040
0,020
0,000
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI3

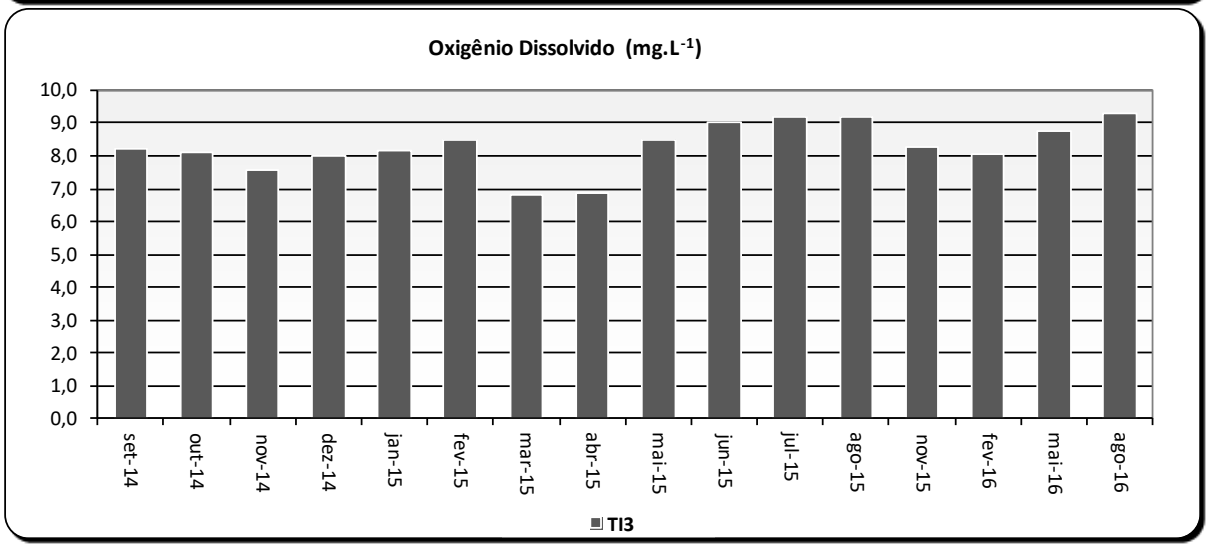

Nitrogênio Total (mg.L-1)
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI1

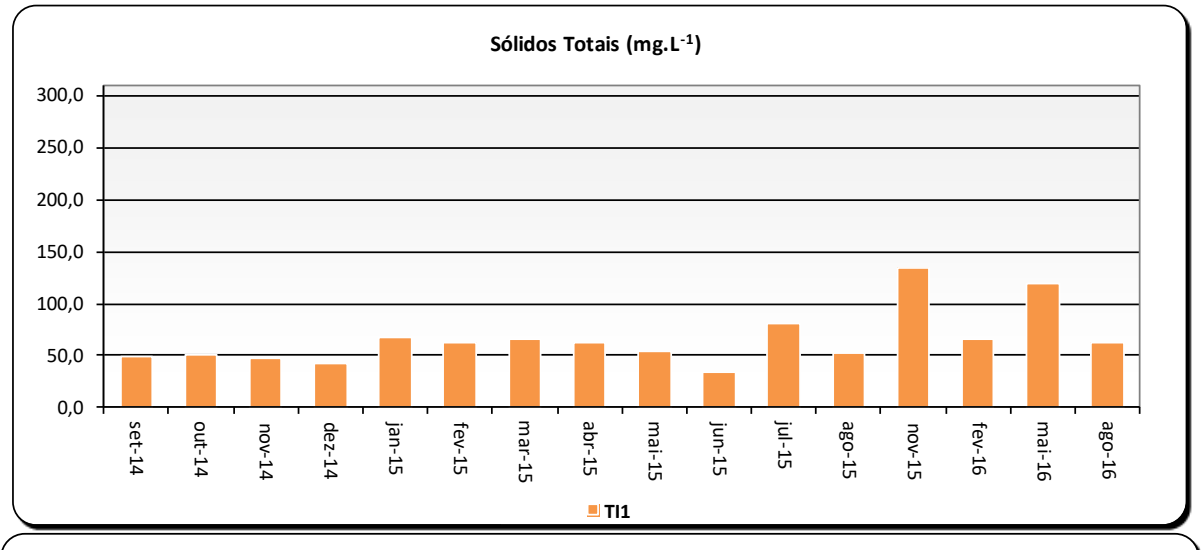

Nitrogênio Total (mg.L-1)
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI2

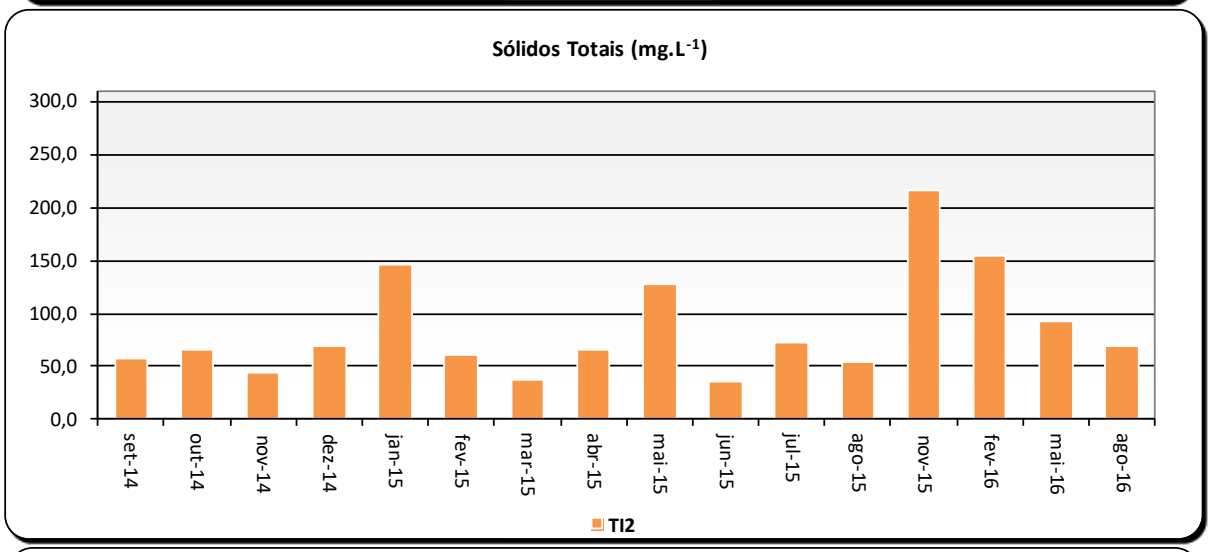

Nitrogênio Total (mg.L-1)
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
set/14
out/14
nov/14
dez/14
jan/15
fev/15
mar/15
abr/15
mai/15
jun/15
jul/15
ago/15
nov/15
fev/16
mai/16
ago/16
TI3

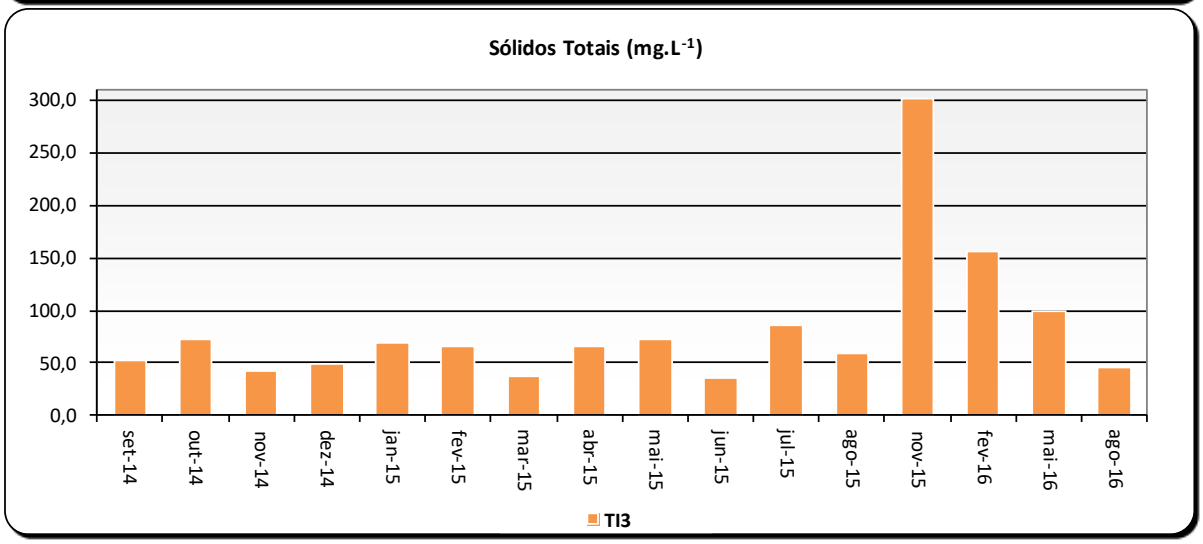

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI1

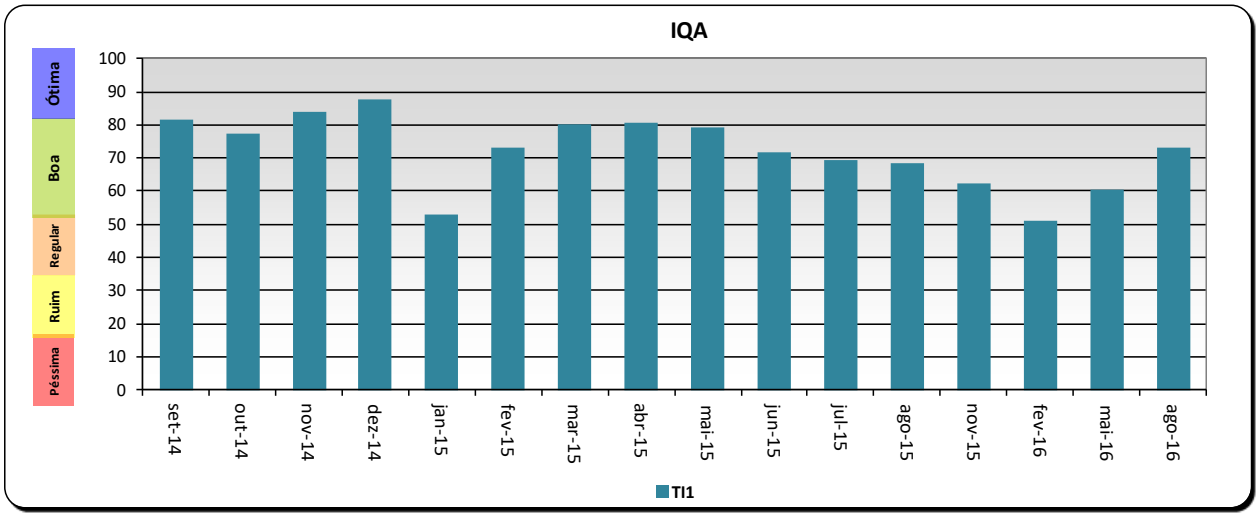

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI2

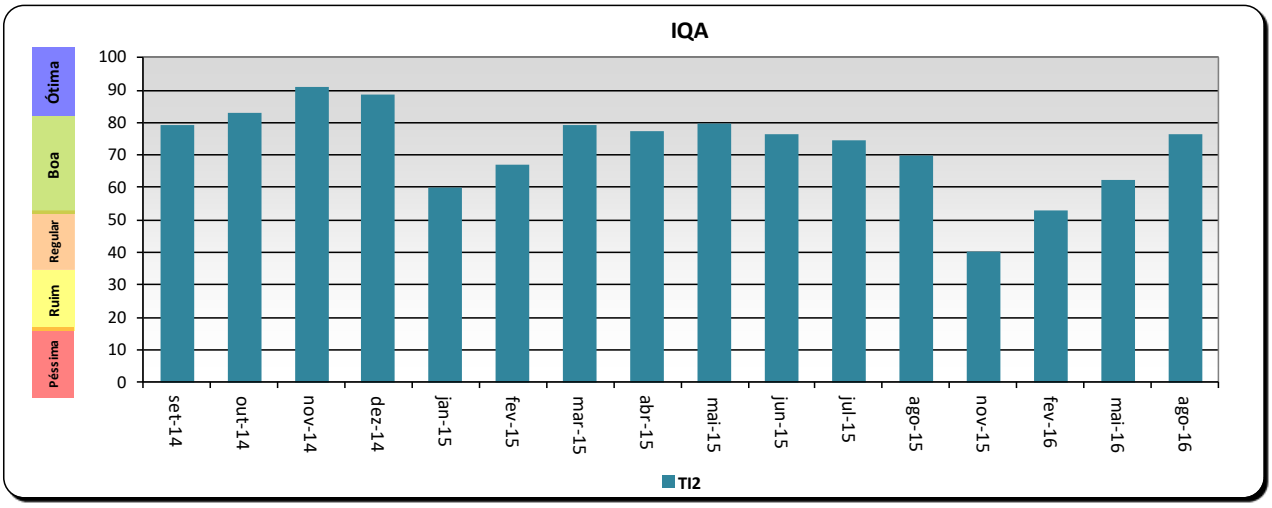

Oxigênio Dissolvido (mg.L-1)
10,0
9,0
8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI3

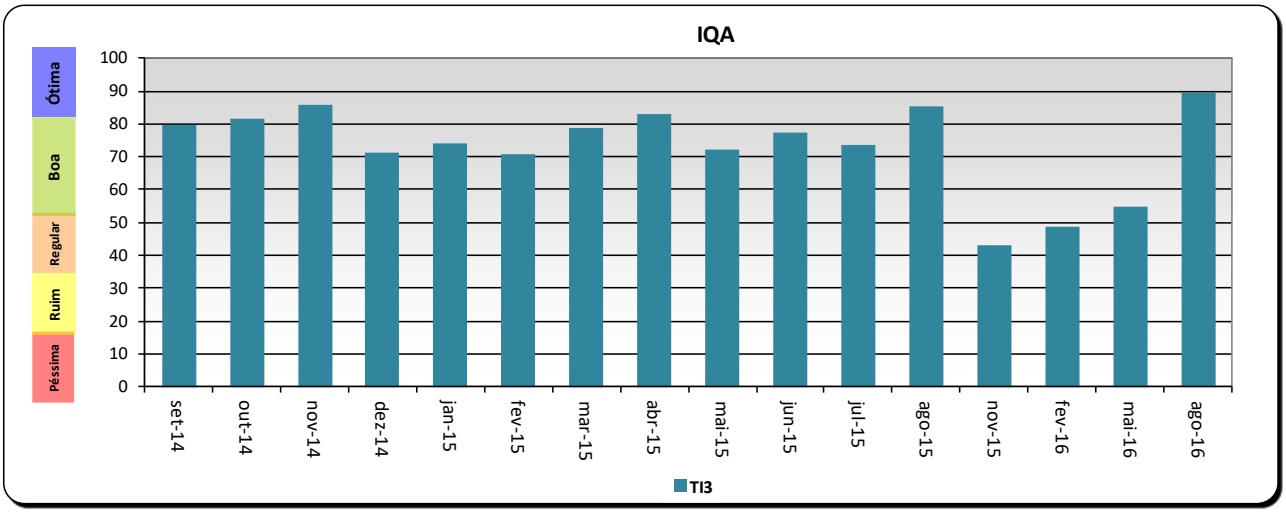

Sólidos Totais (mg.L-1)
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI1


Sólidos Totais (mg.L-1)
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI2


Sólidos Totais (mg.L-1)
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI3


IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI1


IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI2


IQA
Ótima
Boa
Regular
Ruim
Péssima
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
set-14
out-14
nov-14
dez-14
jan-15
fev-15
mar-15
abr-15
mai-15
jun-15
jul-15
ago-15
nov-15
fev-16
mai-16
ago-16
TI3