

Usina Hidrelétrica Jirau

7º RELATÓRIO SEMESTRAL

Solicitação de Renovação da Licença de Operação
nº 1097 / 2012

Programa de Monitoramento Limnológico

EMPRESA: LIFE PROJETOS LIMNOLÓGICOS

PERÍODO DAS ATIVIDADES: 01/11/2015 A 31/03/2016

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: JULIANA MACHADO DO COUTO CURTI

RESPONSÁVEL DA ESBR: VERÍSSIMO ALVES DOS SANTOS NETO



SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	19
2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS	19
3 ATENDIMENTO ÀS METAS	28
4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE	35
5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012	38
5.1 MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO	38
5.2 MONITORAMENTO DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU	201
6 INDICADORES	271
7 INTERFACES	277
8 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	282
9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	283
9.1 CONCLUSÃO	283
9.2 SUGESTÕES DE ALTERAÇÃO DO ESCOPO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO	284
9.3 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	329
10 EQUIPE TÉCNICA	330
11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	331



LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento Limnológico, na fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau.

Anexo II - Mapa com o localização dos pontos de coleta do Monitoramento Diário da UHE Jirau.

Anexo III - Mapa de localização dos pontos amostrais localizados no Canteiro de Obras da UHE Jirau.

Anexo IV – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Limnológico.

Anexo V – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras da UHE Jirau.

Anexo VI – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Intensivo (coleta realizada, até o momento, diariamente).

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 5-1 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS ENTRE SETEMBRO DE 2009 E JANEIRO DE 2016 (PERÍODO PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO), NOS PONTOS LOCALIZADOS NO RIO MADEIRA. A LINHA VERMELHA TRACEJADA REPRESENTA O LIMITE PROPOSTO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N^o 357/2005. 45
- FIGURA 5-2 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS ENTRE SETEMBRO DE 2009 E JANEIRO DE 2016 (PERÍODO PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO), NOS PONTOS LOCALIZADOS NOS TRIBUTÁRIOS. A LINHA VERMELHA NA HORIZONTAL REPRESENTA O LIMITE PROPOSTO PELO SISTEMA DE ALERTA EM 06 TRIBUTÁRIOS ESTUDADOS. 48
- FIGURA 5-3 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS DIARIAMENTE, ENTRE OUTUBRO DE 2012 E OUTUBRO DE 2013 (PERÍODO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO), EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM -PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM -PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). 52
- FIGURA 5-4 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS DIARIAMENTE, ENTRE 01 E 15 DE DEZEMBRO DE 2014, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE (NOTAR OS DIFERENTES VALORES DE PROFUNDIDADE). 54
- FIGURA 5-5 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS DIARIAMENTE, ENTRE AGOSTO, SETEMBRO E OUTUBRO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE. A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL REPRESENTA OS LIMITES ESTABELECIDOS NO SISTEMA DE ALERTA. 55
- FIGURA 5-6 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS DIARIAMENTE, NOS MESES DE NOVEMBRO E DEZEMBRO DE 2015 E JANEIRO DE 2016, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE. 57

- FIGURA 5-7 - ESCORES DOS PONTOS DE MONITORAMENTO OBTIDOS COM O USO DE UMA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS. COND= CONDUTIVIDADE ELÉTRICA; STD=SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS; SS=SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS; ST=SÓLIDOS TOTAIS; CI= CARBONO INORGÂNICO DISSOLVIDO; PT= FÓSFORO TOTAL; NTK=NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL; ALC=ALCALINIDADE. 63
- FIGURA 5-8 - CONCENTRAÇÕES DE CLOROFILA-A MENSURADAS NA FASE DE ENCHIMENTO (ENTRE OUTUBRO DE 2012 E MAIO DE 2014) E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (ENTRE JUNHO DE 2014 E JANEIRO DE 2016), NO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO, LOCALIZADO A JUSANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU. 64
- FIGURA 5-9 - VALORES MÉDIOS DE IQA MENSURADOS NA FASE PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU. TAIS VALORES INDICAM A “BOA QUALIDADE” DA ÁGUA AO LONGO DO TRECHO MONITORADO. 65
- FIGURA 5-10 - VALORES DE IET REGISTRADOS NAS FASES PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO, NOS PONTOS LOCALIZADOS NO RIO MADEIRA E NOS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU. 66
- FIGURA 5-11 - ANÁLISE DO PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNÓGICOS EM TODAS AS ESTAÇÕES DE COLETA, NO TRECHO MONITORADO DA UHE JIRAU, EM NOVEMBRO DE 2012. 69
- FIGURA 5-12 - ANÁLISE DO PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNÓGICOS EM TODAS AS ESTAÇÕES DE COLETA, NO TRECHO MONITORADO DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2014. 71
- FIGURA 5-13 - ANÁLISE DO PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNÓGICOS EM TODAS AS ESTAÇÕES DE COLETA, NO TRECHO MONITORADO DA UHE JIRAU, EM MARÇO DE 2015. 74
- FIGURA 5-14 - ANÁLISE DO PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNÓGICOS EM TODAS AS ESTAÇÕES DE COLETA, NO TRECHO MONITORADO DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016. 77
- FIGURA 5-15 - RIQUEZA DE ESPÉCIES FITOPLANCTÔNICAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A JANEIRO DE 2016. 83
- FIGURA 5-16 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA RIQUEZA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS DE PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO. 84
- FIGURA 5-17 - DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A JANEIRO DE 2016. 90

FIGURA 5-18 - BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A JANEIRO DE 2016.	94
FIGURA 5-19 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA DENSIDADE E BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	95
FIGURA 5-20 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA DENSIDADE E BIOMASSA DE CIANOBACTÉRIAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	97
FIGURA 5-21 - VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E EQUITABILIDADE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A JANEIRO DE 2016.	101
FIGURA 1-1 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E EQUITABILIDADE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	96
FIGURA 5-23 - DISPERSÃO DOS ESCORES DOS PONTOS, PERÍODOS DE COLETA NO RIO MADEIRA E TRIBUTÁRIOS, AO LONGO DOS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA DCA.	103
FIGURA 5-24 - DISPERSÃO DOS ESCORES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (A), TÁXONS FITOPLANCTÔNICOS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS (B), AO LONGO DOS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA CCA.	105
FIGURA 5-25 - NÚMERO DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON REGISTRADO PARA A ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, ENTRE AS FASES DE PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (O PONTO CENTRAL REPRESENTA O VALOR MÉDIO, A CAIXA O ERRO PADRÃO E A BARRA O DESVIO PADRÃO DA MÉDIA).	108
FIGURA 5-26 - RIQUEZA DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO UHE JIRAU, NAS FASES DE PRÉ-ENCHIMENTO (PRÉ), ENCHIMENTO (ENC) E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (PÓS). (O PONTO CENTRAL REPRESENTA O VALOR MÉDIO E A BARRA O ERRO PADRÃO DA MÉDIA).	110
FIGURA 5-27 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON E SEUS GRUPOS CONSTITUINTES, NOS DIFERENTES PONTOS DE AMOSTRAGEM DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO UHE JIRAU, NAS FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	114

- FIGURA 5-28 - VARIAÇÃO ESPACIAL DA DIVERSIDADE BETA DO ZOOPLÂNCTON, CALCULADA ENTRE OS PONTOS DE AMOSTRAGEM, DO RIO MADEIRA E DE SEUS TRIBUTÁRIOS, AO LONGO DE TODO O MONITORAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU. 115
- FIGURA 5-29 - ABUNDÂNCIA NUMÉRICA DO ZOOPLÂNCTON, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NAS FASES PRÉ-ENCHIMENTO (PRÉ), ENCHIMENTO (ENC) E PÓS-ENCHIMENTO (PÓS) DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU. 116
- FIGURA 5-30 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA DENSIDADE DO ZOOPLÂNCTON E SEUS GRUPOS CONSTITUINTES, NOS DIFERENTES PONTOS DE AMOSTRAGEM DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO UHE JIRAU, NAS FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (NOTAR DIFERENÇAS NAS ESCALAS ENTRE OS GRÁFICOS). 121
- FIGURA 5-31 - ABUNDÂNCIA NUMÉRICA DO ZOOPLÂNCTON, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NAS FASES DE PRÉ-ENCHIMENTO (PRÉ), ENCHIMENTO (ENC) E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (PÓS). (O PONTO CENTRAL REPRESENTA O VALOR MÉDIO E A BARRA O ERRO PADRÃO DA MÉDIA). 122
- FIGURA 5-32 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA BIOMASSA DO ZOOPLÂNCTON E SEUS GRUPOS CONSTITUINTES, NOS DIFERENTES PONTOS DE AMOSTRAGEM DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO UHE JIRAU, NAS FASES DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO (NOTAR DIFERENÇAS NAS ESCALAS ENTRE OS GRÁFICOS). 126
- FIGURA 5-33 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE DIVERSIDADE (H') DO ZOOPLÂNCTON REGISTRADA PARA A ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E EM SEUS TRIBUTÁRIOS, AO LONGO DE TODO O MONITORAMENTO. 127
- FIGURA 5-34 - DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (A) E DOS PRINCIPAIS TÁXONS ZOOPLANCTÔNICOS (B), DERIVADOS DE UMA ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA DESTENDENCIADA (DCA) REALIZADA A PARTIR DOS DADOS DE ABUNDÂNCIA NUMÉRICA DAS ESPÉCIES ZOOPLANCTÔNICAS, OBTIDOS À SUPERFÍCIE, NAS FASES PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU. 129
- FIGURA 5-35 - DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (A) E DOS PRINCIPAIS TÁXONS ZOOPLANCTÔNICOS (B), DERIVADOS DE UMA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA (CCA), REALIZADA A PARTIR DOS DADOS DE ABUNDÂNCIA NUMÉRICA DAS ESPÉCIES ZOOPLANCTÔNICAS E AS VARIÁVEIS



AMBIENTAIS, OBTIDOS À SUPERFÍCIE, NAS FASES PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DA UHE JIRAU.	131
FIGURA 5-36 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA RIQUEZA DE INVERTEBRADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	133
FIGURA 5-37 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA RIQUEZA DE OLIGOCHAETA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	134
FIGURA 5-38 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA RIQUEZA DE EPT NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO).	135
FIGURA 5-39 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA RIQUEZA DE CHIRONOMIDAE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	136
FIGURA 5-40 - VARIAÇÃO ESPACIAL DA DIVERSIDADE BETA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU.	137
FIGURA 5-41 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	138
FIGURA 5-42 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA DENSIDADE DE OLIGOCHAETA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	139
FIGURA 5-43 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA DENSIDADE DE EPT NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	140
FIGURA 5-44 - VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA DENSIDADE DE CHIRONOMIDAE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO).	141

- FIGURA 5-45 - DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE DA COMUNIDADE BENTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NO PERÍODO DE OUTUBRO DE 2012 A ABRIL DE 2014 (FASE DE ENCHIMENTO) E JUNHO DE 2014 A JANEIRO DE 2016 (FASE PÓS-ENCHIMENTO). 142
- FIGURA 5-46 - DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DA DCA, DERIVADA DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS DO RIO MADEIRA (VERMELHO) E TRIBUTÁRIOS (AZUL), DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO. 143
- FIGURA 5-47 - DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA (CCA) DERIVADOS DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO. (A) ORDENAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS/MESES E (B) ORDENAÇÃO DOS TÁXONS DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS. 144
- FIGURA 5-48 - VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 01 E 15 DE FEVEREIRO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE. 148
- FIGURA 5-49 - VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 16 E 31 DE MAIO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA. 149
- FIGURA 5-50 - VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 01 E 15 DE JULHO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA. 151
- FIGURA 5-51 - VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE NOVEMBRO DE 2015 E JANEIRO DE 2016, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA. 152
- FIGURA 5-52 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS DIARIAMENTE, ENTRE 01 DE NOVEMBRO DE 2015 E 31 DE JANEIRO DE 2016, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE. 157
- FIGURA 5-53 - VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 16 E 30 DE ABRIL DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). 158

FIGURA 5-54 - CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS MENSURADAS DIARIAMENTE, ENTRE 16 E 31 DE MAIO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL).

159

FIGURA 5-55 - VALORES DE TURBIDEZ MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 01 DE AGOSTO E 31 DE OUTUBRO DE 2015, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA (RIO MUTUM PARANÁ, RIO COTIA, ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ, IGARAPÉ SÃO LOURENÇO, IGARAPÉ JIRAU E IGARAPÉ RAUL). EM CADA GRÁFICO ESTÁ DETALHADO O PERFIL VERTICAL REALIZADO A CADA 50 CM DE PROFUNDIDADE.

162

FIGURA 5-56 - VALORES DE TURBIDEZ MENSURADOS DIARIAMENTE, ENTRE 01 DE NOVEMBRO DE 2015 E 31 DE JANEIRO DE 2016, EM 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA.

164

FIGURA 5-57 - PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS REGISTRADOS EM INTERVALOS DE 04 (QUATRO) HORAS, NO PONTO P18 (RIO MADEIRA), EM OUTUBRO DE 2013.

169

FIGURA 5-58 - PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS REGISTRADOS EM INTERVALOS DE 04 (QUATRO) HORAS, NO PONTO P18-MAD5 (RIO MADEIRA), EM ABRIL DE 2015.

171

FIGURA 5-59 - PERFIL VERTICAL DE ALGUNS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS REGISTRADOS EM INTERVALOS DE 04 (QUATRO) HORAS, NO PONTO P18-MAD5 (RIO MADEIRA), EM OUTUBRO DE 2015.

173

FIGURA 5-60 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO E DBO_5 MENSURADAS NOS PONTOS P19-MAD 6 E MON 4, A JUSANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU, ENTRE DEZEMBRO DE 2012 E MARÇO DE 2016. ENTRE AGOSTO DE 2015 E MARÇO DE 2016, ESSAS MEDIDAS FORAM OBTIDAS SOMENTE NO PONTO P19-MAD6.

176

FIGURA 5-61- VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA (A), OXIGÊNIO DISSOLVIDO (B), SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO (C) E VELOCIDADE DA ÁGUA (D). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "B" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N^o 357/2005.

171

FIGURA 5-62- VALORES DE TURBIDEZ (A), COR (B), SÓLIDOS TOTAIS (C), SÓLIDOS SUSPENSOS (D), SÓLIDOS FIXOS (E) E SÓLIDOS VOLÁTEIS (F). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "A" E "B" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N^o 357/2005.

174

FIGURA 5-63- VALORES DE PH (A), POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUÇÃO (B), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (C), SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (D), ALCALINIDADE (E) DUREZA (F), CO_2 LIVRE (G), CO_2 TOTAL (H),

10



CARBONO INORGÂNICO DISSOLVIDO (I), CARBONO ORGÂNICO (J), CARBONO TOTAL (K), SULFATO (L), SULFETO (M) E FERRO TOTAL (N). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "A", "D" E "L" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005.

177

FIGURA 5-64- CONCENTRAÇÕES DE ORTO-FOSFATO (A), FÓSFORO TOTAL (B), NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL (NTK; C), NITRATO (D), NITRITO (E) E NITROGÊNIO AMONÍACAL (F). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "B", "D", "E" E "F" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005.180

FIGURA 5-65- CONCENTRAÇÕES DE SILICATO REATIVO (A), CLOROFILA-A (B), DBO₅ (C) E DQO (D). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "B" E "C" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005. 182

FIGURA 5-66- DENSIDADE DE COLIFORMES TOTAIS (A) E TERMOTOLERANTES (FECAIS; B) NO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA ETA DE NOVA MUTUM-PARANÁ. A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL NA FIGURA "B" INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005. 183

FIGURA 5-67 - VARIAÇÕES DE TEMPERATURA, CONDUTIVIDADE, OXIGÊNIO DISSOLVIDO E PH OBSERVADAS NO PERÍODO ENTRE OUTUBRO DE 2012 A MARÇO DE 2016 NOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL INSTALADOS NO RIO MADEIRA A MONTANTE E A JUSANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU. VMP: VALOR MÁXIMO PERMITIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005 PARA ÁGUAS DOCES DE CLASSE 2. 196

FIGURA 5-68 - VARIAÇÕES DE TURBIDEZ, SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS E PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO OBSERVADAS NO PERÍODO ENTRE OUTUBRO DE 2012 A MARÇO DE 2016 NOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL INSTALADOS NO RIO MADEIRA A MONTANTE E A JUSANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU. 197

FIGURA 5-69 - CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADAS ENTRE AO LONGO DE TODO O PERÍODO DE ESTUDO (PERÍODO PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO), NOS PONTOS LOCALIZADOS NO RIO MADEIRA (A) E TRIBUTÁRIOS (B). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005. 203

FIGURA 5-70 - VALORES DE TURBIDEZ MENSURADOS AO LONGO DE TODO O PERÍODO DE ESTUDO (PERÍODO PRÉ-ENCHIMENTO, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO), NOS PONTOS LOCALIZADOS NO RIO MADEIRA



(A) E TRIBUTÁRIOS (B). A LINHA TRACEJADA NA HORIZONTAL INDICA O LIMITE PRECONIZADO PELA RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005.	204
FIGURA 5-71- VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA RIQUEZA TOTAL DE ESPÉCIES FITOPLANCTÔNICAS NOS PONTOS AMOSTRADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU.	201
FIGURA 5-72- VARIAÇÃO TEMPORAL DA RIQUEZA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	203
FIGURA 5-73- VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU.	210
FIGURA 5-74- VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU.	212
FIGURA 5-75- VARIAÇÃO TEMPORAL DA DENSIDADE E BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	214
FIGURA 5-76- VARIAÇÃO TEMPORAL DA DENSIDADE E BIOMASSA DE CIANOBACTÉRIAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS DE PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	216
FIGURA 5-77- VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E EQUITABILIDADE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU.	220
FIGURA 5-78- VARIAÇÃO TEMPORAL DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES E EQUITABILIDADE NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, NOS PERÍODOS PRÉ, ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.	221
FIGURA 5-79- DISPERSÃO DOS ESCORES DOS PONTOS, PERÍODOS DE COLETA E GRUPOS MORFOLÓGICOS FUNCIONAIS NO RIO MADEIRA E TRIBUTÁRIOS, AO LONGO DOS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA DCA.	224
FIGURA 5-80- DISPERSÃO DOS ESCORES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM (A), GRUPOS MORFOLÓGICOS FUNCIONAIS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS (B), AO LONGO DOS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA CCA.	226
FIGURA 5-81- NÚMERO DE ESPÉCIES REGISTRADO NOS DIFERENTES PERÍODOS DE AMOSTRAGEM, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU.	229

FIGURA 5-82- VARIAÇÃO ESPACIAL DA RIQUEZA DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016.

231

FIGURA 5-83- RIQUEZA MÉDIA DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON, AO LONGO DO MONITORAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DA UHE JIRAU. 232

FIGURA 5-84- VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE DO ZOOPLÂNCTON NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016.

233

FIGURA 5-85- ABUNDÂNCIA NUMÉRICA MÉDIA DO ZOOPLÂNCTON AO LONGO DO MONITORAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU. 234

FIGURA 5-86- BIOMASSA MÉDIA DO ZOOPLÂNCTON AO LONGO DO MONITORAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU. (OS PONTOS CENTRAIS REPRESENTAM A MÉDIA E AS BARRAS O ERRO PADRÃO DA MÉDIA). 235

FIGURA 5-87- VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA BIOMASSA DOS DIFERENTES GRUPOS ZOOPLANCTÔNICOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016. 236

FIGURA 5-88- ÍNDICE DE DIVERSIDADE (SHANNON) MÉDIO DO ZOOPLÂNCTON AO LONGO DO MONITORAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU. (OS PONTOS CENTRAIS REPRESENTAM A MÉDIA E AS BARRAS O ERRO PADRÃO DA MÉDIA). 238

FIGURA 5-89. VARIAÇÃO ESPACIAL DA RIQUEZA DE ESPÉCIES (S), DO ÍNDICE DE DIVERSIDADE (H') E DAEQUITABILIDADE (E) DO ZOOPLÂNCTON, NOS DIFERENTES PONTOS DE AMOSTRAGEM DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016. 239

FIGURA 5-90- VARIAÇÃO TEMPORAL DA DIVERSIDADE BETA DO ZOOPLÂNCTON, CALCULADA EM CADA MÊS, ENTRE OS PONTOS DE AMOSTRAGEM, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU. 240

FIGURA 5-91- DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DAS ESPÉCIES, DOS DIFERENTES GRUPOS ZOOPLANCTÔNICOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU, A PARTIR DE UMA DCA BASEADA NOS DADOS OBTIDOS ENTRE JANEIRO DE 2010 E JANEIRO DE 2016.

244

FIGURA 5-92. DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DAS ESPÉCIES, DOS DIFERENTES GRUPOS ZOOPLANCTÔNICOS, DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, E DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA BARRAGEM DE JIRAU, A PARTIR DE UMA CCA BASEADA NOS DADOS OBTIDOS ENTRE JANEIRO DE 2010 E JANEIRO DE 2016.

246

FIGURA 5-93- VARIAÇÃO ESPACIAL DA RIQUEZA DE INVERTEBRADOS NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, NA FASE DE ENCHIMENTO (OUTUBRO DE 2012, JANEIRO, ABRIL, JULHO E OUTUBRO DE 2013, E JANEIRO E ABRIL DE 2014) E PÓS-ENCHIMENTO (JULHO E OUTUBRO DE 2014 E JANEIRO, ABRIL, JULHO E OUTUBRO DE 2015 E JANEIRO DE 2016).

250

FIGURA 5-94- VARIAÇÃO ESPACIAL DA DIVERSIDADE BETA NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU. 251

FIGURA 5-95- VARIAÇÃO ESPACIAL DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, NA FASE DE ENCHIMENTO (OUTUBRO DE 2012, JANEIRO, ABRIL, JULHO E OUTUBRO DE 2013, E JANEIRO E ABRIL DE 2014) E PÓS-ENCHIMENTO (JULHO E OUTUBRO DE 2014 E JANEIRO, ABRIL, JULHO E OUTUBRO DE 2015 E JANEIRO DE 2016).

254

FIGURA 5-96- RIQUEZA (S), DIVERSIDADE DE SHANNON (H') E EQUITABILIDADE (E) DA COMUNIDADE BENTÔNICA NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, ENTRE OUTUBRO DE 2012 E JANEIRO DE 2016. 258

FIGURA 5-97- DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DA DCA, DERIVADA DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS DO RIO MADEIRA (VERMELHO) E TRIBUTÁRIOS (AZUL), DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO. 260

FIGURA 5-98. DISTRIBUIÇÃO DOS ESCORES DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA (CCA) DERIVADOS DA DENSIDADE DE INVERTEBRADOS BENTÔNICOS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO. 261

FIGURA 9-1. MAGNITUDES RELATIVAS DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA DAS DENSIDADES DAS COMUNIDADES PLANCTÔNICAS (D FITO E D ZOO, PARA FITOPLÂNCION E ZOOPLÂNCION, RESPECTIVAMENTE), PARA RIQUEZA PLANCTÔNICA (RIQ FITO E RIQ ZOO) E DE DIFERENTES VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS. TEMP= TEMPERATURA DA ÁGUA; OD=OXIGÊNIO DISSOLVIDO; COND=CONDUTIVIDADE ELÉTRICA; PT = FÓSFORO TOTAL; P-ORTO= ORTO-FOSFATO; N-AMON= NITROGÊNIO AMONIAICAL E

NTK= NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL.

285

FIGURA 9-2- DENDROGRAMA REPRESENTANDO A SIMILARIDADE ENTRE OS PONTOS DE COLETA, CONSIDERANDO OS DADOS OBTIDOS NA FASE DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO. 292

FIGURA 9-3- VARIAÇÃO SAZONAL NAS CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (A) E TURBIDEZ (B), NO PONTO P15, A PARTIR DOS DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DIÁRIO.

301

FIGURA 9-4- CORRELOGRAMAS TEMPORAIS PARA AS DIFERENTES VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS ANALISADAS NOS 06 (SEIS) TRIBUTÁRIOS.

315

FIGURA 9-5- VALORES DE TEMPERATURA E OXIGÊNIO DISSOLVIDO MENSURADOS ENTRE OS DIAS 01 E 15 DE JULHO DE 2015. 316

FIGURA 9-6- VALORES DE PH MENSURADOS ENTRE 01 E 15 DE JULHO DE 2015. 318

FIGURA 9-7- VALORES DE PH MENSURADOS ENTRE 16 E 31 DE MAIO DE 2015. 319

FIGURA 9-8- VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA MENSURADOS ENTRE 16 E 30 DE ABRIL DE 2015. 321

FIGURA 9-9- VALORES DE TURBIDEZ MENSURADOS ENTRE 16 E 30 DE ABRIL DE 2015. 322

LISTA DE FOTOS

FOTO 4-1 – COLETA REALIZADA EM JANEIRO DE 2016, NO PONTO P9-MAD3. 37

FOTO 4-2 – COLETA REALIZADA EM JANEIRO DE 2016, NA ÁREA ALAGADA DO RIO MUTUM PARANÁ (PONTO P13-MUT1). 37

FOTO 5-1 - AERADOR ACIONADO NO PONTO P11-MTP1. 50

FOTO 5-2 -AERADOR ACIONADO NO PONTO P12-COT1. 51

FOTO 5-3 - MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DIÁRIO ACOMPANHADO DE ESPECIALISTAS EM ICTIOFAUNA. 51

FOTO 5-4 - PRESENÇA DE PESCADORES NA REGIÃO DO RIO MUTUM. 154

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS GERAIS.	19
QUADRO 2-2 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	20
QUADRO 3-1 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS METAS.	28
QUADRO 5-1 - RELATÓRIOS TÉCNICOS DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO.	39
QUADRO 5-2 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO TRECHO MONITORADO DA UHE JIRAU, ENTRE OUTUBRO DE 2012 E JANEIRO DE 2016 (PERÍODO DE ENCHIMENTO E PÓS-ENCHIMENTO).	57
QUADRO 5-3 - COMPOSIÇÃO FITOPLANCTÔNICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE JIRAU, DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO.	79
QUADRO 5-4 - NÚMERO DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON E DE SEUS GRUPOS CONSTITUINTES REGISTRADOS NOS DIFERENTES PERÍODOS DE AMOSTRAGEM DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA UHE JIRAU. (A LINHA VERMELHA SEPARA OS PERÍODOS DE PRÉ-ENCHIMENTO E ENCHIMENTO, E A VERDE, O PERÍODO PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO).	106
QUADRO 5-5 -DIFERENÇA MÉDIA NOS VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA MENSURADOS NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DE COLETA, EM CADA UM DOS PONTOS MONITORADOS DIARIAMENTE.	140
QUADRO 5-6 -CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO, MENSURADAS DIARIAMENTE EM NOVEMBRO E DEZEMBRO DE 2015 E JANEIRO DE 2016.	149
QUADRO 5-7 - DENSIDADES DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML) REGISTRADAS NO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO, ENTRE OUTUBRO DE 2012 E MARÇO DE 2016.	192
QUADRO 5-8 - VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS E MÉDIOS DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS OBSERVADAS NO PERÍODO ENTRE OUTUBRO DE 2012 A MARÇO DE 20 NO SISTEMA DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL INSTALADO NO RIO MADEIRA A MONTANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU.	198
QUADRO 5-9 - VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS E MÉDIOS DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS OBSERVADAS NO PERÍODO ENTRE OUTUBRO DE 2012 A JANEIRO DE 2016 NO SISTEMA DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL INSTALADO NO RIO MADEIRA A JUSANTE DA BARRAGEM DA UHE JIRAU.	198
QUADRO 5-10 - LOCAIS MONITORADOS NA ANÁLISE DO IMPACTO DA OPERAÇÃO DOS VERTEDOUROS.	200



QUADRO 5-12. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (% E CORES) E DOMINÂNCIA (CORES) DOS TÁXONS FITOPLANCTÔNICOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016.	205
QUADRO 5-13- DENSIDADE (CÉLULAS.ML ⁻¹) DE CIANOBACTÉRIAS NOS PONTOS MONITORADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016.	215
QUADRO 5-14- ESPÉCIES FITOPLANCTÔNICAS INDICADORAS DAS ESTAÇÕES AMOSTRADAS NO RIO MADEIRA E NOS TRIBUTÁRIOS. (A = ABUNDÂNCIA, F = FREQUÊNCIA, IV = VALOR INDICADOR - %).	222
QUADRO 5-15- FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA, ABUNDÂNCIA E DOMINÂNCIA DAS ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON (VALORES EM PERCENTUAIS) NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016 (APENAS AS ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS EM TERMOS DE FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA E DOMINÂNCIA ESTÃO APRESENTADAS) (FREQUÊNCIA: CONSTANTE, PRESENTE EM MAIS DE 50% DAS AMOSTRAS; ACESSÓRIAS, PRESENTES ENTRE 25% E 50% DAS AMOSTRAS; RARAS/AUSENTES, PRESENTES EM MENOS DE 25% DAS AMOSTRAS).	242
QUADRO 5-16- COMPOSIÇÃO, RIQUEZA E DENSIDADE (IND.M ⁻²) DOS INVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, EM JANEIRO DE 2016.	247
QUADRO 5-17- FREQUÊNCIA (PRETO = CONSTANTE, IGUAL OU MAIOR QUE 50%; CINZA ESCURO = ACESSÓRIA, MENOR QUE 50% E IGUAL OU MAIOR QUE 25%; CINZA CLARO = ACIDENTAL OU RARA, MENOR QUE 25%; BRANCO = AUSENTE) E DOMINÂNCIA (PRETO = DOMINANTE, MAIOR QUE 50%; CINZA = ABUNDANTE, MAIOR QUE 50% DA DENSIDADE MÉDIA) DOS INVERTEBRADOS BENTÔNICOS NO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA (RO), EM JANEIRO DE 2016 (MAD = RIO MADEIRA; TRIB = TRIBUTÁRIOS).	259
QUADRO 5-18 – OPERAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA UHE JIRAU.	269
QUADRO 6-1 – STATUS DE ATENDIMENTO AOS INDICADORES DE DESEMPENHO	271
QUADRO 7-1– STATUS DE ATENDIMENTO ÀS PROPOSTAS DE INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.	278
QUADRO 8-1 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO	282
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
QUADRO 9-1 - DENSIDADES DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML) REGISTRADAS NO PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO, ENTRE OUTUBRO DE 2012 E MARÇO DE 2016.	289
QUADRO 9-4 - OPERAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA UHE JIRAU.	299



QUADRO 9-14- PROPOSTA DE CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO	329
QUADRO 10-1 - EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA.	330



1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório de acompanhamento **SEMESTRAL**, que subsidia a solicitação da renovação da LO nº 1097/2012, tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas no período de 01/11/2015 a 31/03/2016 e os resultados consolidados no período da LO nº 1097/2012, no âmbito do **PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO** da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE Jirau), por meio do Contrato JIRAU 115/15 celebrado entre a Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR) e a **LIFE PROJETOS LIMNOLÓGICOS**.

2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

No **Quadro 2-1** e **Quadro 2-2** são apresentadas as informações referentes aos objetivos estabelecidos no programa.

Quadro 2-1– Status de atendimento aos objetivos gerais.

OBJETIVO GERAL	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Prognosticar e mensurar as modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.	Atendido	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório da UHE Jirau, foram realizadas 12 (doze) campanhas trimestrais, entre 2009 e 2012. Nesse período, o conjunto total de dados (9.600 dados) demonstrou que 86% dos resultados encontravam-se dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005. Dentre os parâmetros analisados, alguns apresentaram 100% de suas medidas dentro dos limites preconizados por esta resolução, tais como sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito e dbo_5.</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de maio de 2014 (período de enchimento do reservatório), foram realizadas 20 (vinte) campanhas mensais de monitoramento. Nesse período, o conjunto total de dados (25.040</p>



		<p>dados) demonstrou que 81,4% dos resultados se encontraram dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA n° 357/2005. Dentre os parâmetros analisados, alguns apresentaram 100% de suas medidas dentro dos limites preconizados por esta resolução, tais como sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito e DBO₅.</p> <p>Na atual fase pós-enchimento, até o momento, foram realizadas 15 (quinze) campanhas de monitoramento (entre junho de 2014 e março de 2016). Até o momento, o conjunto total de dados demonstrou que 82,6% dos resultados se encontraram dentro dos limites preconizados pela resolução CONAMA n° 357/2005. Dentre os parâmetros analisados, alguns apresentaram 100% de suas medidas dentro dos limites preconizados por esta resolução, tais como sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito e DBO₅.</p>
--	--	---

Quadro 2-2 – Status de atendimento aos objetivos específicos.

OBJETIVO ESPECÍFICO	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Identificar as alterações limnológicas no rio madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório (gradiente temporal).</p> <p>Identificar as alterações limnológicas no rio madeira e seus principais tributários, entre os trechos de montante e jusante da UHE Jirau (gradiente espacial).</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório da UHE Jirau, foram realizadas 12 (doze) campanhas trimestrais, entre 2009 e 2012, em 20 pontos de monitoramento, nos períodos de vazante, enchente, cheia e seca. Foi possível observar, até o presente momento, que as características limnológicas avaliadas entre as diferentes fases do empreendimento foram similares, conforme tem sido apresentado nos relatórios técnicos.</p> <p>Desde a emissão da LO n° 1097/2012, em</p>



<p>Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas, ao longo do rio madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.</p> <p>Determinar a relação das variáveis limnológicas com os ciclos sazonais e pulsos de inundação dos corpos d'água, na área de influência do empreendimento.</p>		<p>19/10/2012, até o mês de maio de 2014 (período de enchimento do reservatório), foram realizadas 20 (vinte) campanhas mensais, em 31 pontos de monitoramento (32 pontos a partir de dezembro de 2013, como a adição do ponto localizado no igarapé Raul), abrangendo os períodos de vazante, águas baixas, enchente e cheia, na área de influência da UHE jirau.</p> <p>O monitoramento diário, realizado em alguns tributários, também contribuiu para caracterizar os ambientes monitorados na área de influência da UHE jirau.</p> <p>Nessa fase pós-enchimento, até o momento, foram realizadas 15 (quinze) campanhas mensais de monitoramento (entre junho de 2014 e março de 2016), contemplando as fases de vazante, águas baixas, enchente e cheia, em 32 pontos de coleta.</p> <p>Até o momento, observa-se uma clara distinção entre os períodos sazonais, com maiores valores de turbidez, sólidos suspensos e nutrientes sendo mensurados durante o período de enchente e águas altas. Tais características têm sido similares àquelas observadas na fase pré-enchimento.</p>
<p>Determinar o perfil vertical de variáveis físicas, químicas e biológicas, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório da UHE jirau, foram realizadas 12 (doze) campanhas trimestrais, entre 2009 e 2012. Nessa fase o perfil vertical, das variáveis físicas, químicas e biológicas, foi realizado trimestralmente apenas no ponto P18 (MAD-5). Nos pontos localizados nos tributários do rio madeira, o perfil vertical foi realizado apenas no período de águas altas, ou seja, nos meses de abril.</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012 até o mês de março de 2016 (período de</p>



		<p>enchimento e pós-enchimento do reservatório), foram realizadas 35 campanhas, onde analisou-se o perfil vertical (6 parâmetros físicos e químicos) em todos os pontos de monitoramento (32 pontos de coleta).</p> <p>Entre outubro de 2012 e maio de 2015 (período de enchimento e pós-enchimento do reservatório), a análise do perfil vertical do material biológico foi realizada bimestralmente, em atendimento ao PBA, somente no ponto p18 (mad-5) e nos tributários no período de águas altas (exemplo, abril de 2013, abril de 2014 e abril de 2015), de maneira similar ao realizado na fase pré-enchimento do reservatório.</p> <p>A partir de julho de 2015, esse monitoramento do perfil vertical passou a ser realizado com frequência trimestral. Assim, desde então, trimestralmente é realizado o perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos (6 parâmetros físicos e químicos) em todos os pontos de monitoramento (32 pontos de coleta). O perfil vertical da comunidade aquática é realizado trimestralmente no ponto P18 e no período de águas altas (mês de abril) em todos os tributários estudados.</p>
<p>Avaliar o ciclo nictemeral das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, no período de cheia e seca, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 05 (cinco) campanhas para a análise do ciclo nictemeral, tendo a ESBR solicitado ao IBAMA a interrupção de tal estudo.</p> <p>Entretanto, em atendimento ao item 1.6-c do Ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, deu-se continuidade a esta análise, desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de março de 2016 (período de enchimento e pós-</p>



		enchimento do reservatório), foram realizadas 07 (sete) campanhas onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada, no ponto P18-MAD 5, localizado a montante do barramento do empreendimento (outubro de 2012, abril de 2013; outubro de 2013, abril de 2014, outubro de 2014, abril de 2015 e outubro de 2015).
Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água diagnosticada e prognosticada para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico.	Atendido	<p>Na fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 (doze) campanhas trimestrais de monitoramento, em atendimento ao PBA, onde a qualidade da água foi comparada com os limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005.</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de março de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento do reservatório), foram realizadas 35 campanhas de monitoramento, com a comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela referida resolução.</p> <p>Os resultados obtidos na modelagem matemática, indicaram que a região mais impactada por efeitos de decomposição de fitomassa (e.g. Déficits de oxigênio dissolvido), seriam as bacias dos rios cotia e mutum paraná. De fato, ao longo do período monitorado, durante o enchimento e nessa fase pós-enchimento, esses rios apresentam baixas concentrações de oxigênio, durante o período de enchente e águas altas. O monitoramento diário realizado nesses tributários tem sido utilizado como ferramenta para a aplicação de medidas corretivas, como a instalação e o acionamento de aeradores nesses locais, durante os períodos mais críticos.</p>
Classificar a qualidade da água e o grau de trofia na área de influência do	Atendido	Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 12 (doze)



<p>empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.</p>		<p>campanhas trimestrais de monitoramento, onde foi calculado o índice de estado trófico (IET) de cada ponto de coleta (20 estações).</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de maio de 2014 (período de enchimento), foram realizadas 20 (vinte) campanhas mensais de monitoramento, tendo sido calculado o IET de cada ponto de coleta (32 estações, sendo os 12 (doze) pontos adicionais incluídos em atendimento ao ofício 1066/2012/DILIC/IBAMA, item i).</p> <p>Nesse período pós-enchimento, foram realizadas 15 (quinze) campanhas onde calculou-se os valores de IET em todos os pontos de coleta.</p>
<p>Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água do reservatório e a adoção de medidas mitigadoras quando necessário.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Os dados e resultados obtidos no programa estão sendo estruturados, armazenados e espacializados no sistema de gerenciamento de informações georreferenciadas (SISGIG) da UHE Jirau.</p> <p>Após a passagem da cheia histórica, a qual não permitiu a execução da nova modelagem preditiva da qualidade de água do reservatório, foi contratado a COPPE/UFRJ para realização do novo prognóstico que subsidiará a gestão da qualidade do reservatório.</p> <p>Vale ressaltar que desde o início do enchimento do reservatório da UHE Jirau, até o momento, está sendo realizado o monitoramento diário, em perfil vertical, em 06 (seis) tributários do rio Madeira, além de analisadas as informações obtidas nos sistemas de monitoramento em tempo real a montante e a jusante do barramento do empreendimento, para subsidiar a adoção de eventuais medidas mitigadoras. Tais medidas foram descritas no sistema de alerta apresentados ao</p>



		<p>órgão ambiental, em atendimento à condicionante 2.7 da LO nº 1097/2012.</p> <p>Em fevereiro de 2014 foram instalados aeradores em 02 desses tributários (pontos P11 E P12) como uma medida mitigadora, considerando as baixas concentrações de oxigênio dissolvido nesses ambientes.</p> <p>No entanto, a partir do mês de maio de 2014 houve um incremento gradual nas concentrações desse gás. No mês setembro de 2014, os aeradores foram desligados, tendo em vista que as concentrações de oxigênio dissolvidos nos tributários estudados foram acima dos limites críticos apresentados no sistema de alerta.</p> <p>Em fevereiro de 2015 esses aeradores foram instalados, novamente, nos pontos P11 E P12 (rios mutum paraná e cotia, respectivamente). Tais resultados foram apresentados em relatórios quinzenais.</p>
<p>Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água, decorrentes das transformações ambientais, durante as diferentes fases do empreendimento.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Foram desenvolvidos pela COPPE/UFRJ prognósticos da qualidade da água do reservatório da UHE jirau e a jusante deste, os quais subsidiaram a emissão das autorizações de supressão de vegetação (ASV), assim como a proposta de redução de supressão de vegetação até a cota 84,0m.</p> <p>Conforme requerido no parecer técnico (PT) nº 127/2012 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, foi elaborado pela COPPE/UFRJ um novo prognóstico da qualidade da água do reservatório da UHE jirau para a etapa 3 de enchimento, considerando a proposta de redução de supressão de vegetação acima da cota 84,0 m.</p> <p>O relatório completo, contendo os</p>



		<p>resultados do prognóstico da qualidade da água para a etapa 3 de enchimento do reservatório, incluindo as informações solicitadas em reunião realizadas no dia 04 de julho de 2013 e aquelas constantes no ofício mencionado acima, foi protocolado no IBAMA no dia 19/08/2013 através da correspondência IT/AT 1250-2013 em respostas aos ofícios nº 1218/2012 /DLIC/IBAMA e nº 02001.009779-2013-77.</p> <p>Em 31/10/2013 o IBAMA através do ofício nº 02001.013238/2013-43 DILIC/IBAMA, encaminhou através do parecer técnico nº 6536/2013 aprovando a proposta de redução de vegetação e consequentemente, encaminhando análise do prognóstico da qualidade de água para etapa 3 de enchimento (R4f), o qual deferiu o referido prognóstico.</p> <p>A ESBR protocolou no IBAMA a correspondência IT/TS 1938-2013, encaminhando nova modelagem numérica desenvolvida pela COPPE/UFRJ (R4h), incluindo a carga orgânica adicional do material lenhoso localizado na região do igarapé Raul, além da carga do fragmento do lote 1 e.</p> <p>Considerando a emissão do ofício nº 02001.0005422014-10 GABIN-PRESI, autorizando a etapa 3 de enchimento do reservatório, entende-se que tal relatório foi aprovado pelo IBAMA.</p> <p>Para essa etapa 3, foi contratado a COPPE/UFRJ que realizou novo prognóstico que subsidiou o modelo de gestão da qualidade do reservatório.</p>
<p>Promover interface com os Programas de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Conservação da Ictiofauna, Conservação da Fauna, Saúde Pública,</p>	<p>Atendido</p>	<p>As interfaces estão sendo devidamente realizadas conforme a necessidade de cada programa, sendo descritas no item 7 deste relatório.</p>



<p>Comunicação Social e Educação Ambiental.</p>		<p>Resultados do Monitoramento Limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, no Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas e no Programa de Conservação da Ictiofauna.</p> <p>No Programa de Saúde Pública, é realizado o monitoramento mensal da qualidade de água no ponto de captação (PCAP), operada pela CAERD, e comparando os resultados com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/11, e seus laudos são enviados trimestralmente a essa concessionária junto com análise dos resultados.</p> <p>No âmbito do Programa de Educação Ambiental, foram trabalhadas com instalação de outdoors e publicação de spot em rádio local, alusivas ao dia mundial da água. Adicionalmente, foram realizadas atividades de conscientização do dia mundial da água nas escolas de Nova Mutum Paraná, transmitindo conhecimento aos alunos das atividades do programa de limnologia desenvolvidas no empreendimento da UHE Jirau.</p>
<p>Avaliar o grau de impacto da descarga sólida gerada pela operação dos vertedouros sobre o meio ambiente e comunidade aquática.</p>	<p>Em atendimento</p>	<p>Foram realizadas coletas mensais entre dezembro de 2014 e abril de 2015, após a abertura das comportas do vertedouro. Essas coletas irão representar como a operação dos vertedouros afetou a comunidade aquática a jusante. O relatório técnico será entregue após o fechamento dessas comportas, quando será possível a análise da resiliência das comunidades. Todas as análises seguirão a metodologia aprovada pelo IBAMA conforme 124/2012 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.</p>

<p>Avaliar em tempo real as variáveis limnológicas em pontos a montante e jusante próximos ao eixo da barragem.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Este objetivo está sendo atendido através das sondas de monitoramento em tempo real, instaladas a montante e a jusante do barramento da UHE Jirau, contando com a parceria do Instituto Internacional de Ecologia (IIE).</p>
---	-----------------	---

3 ATENDIMENTO ÀS METAS

O **Quadro 3-11** apresenta o *status* de atendimento para as metas do programa.

Quadro 3-1 – *Status* de atendimento às metas.

METAS	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Realizar análises de treze (13) variáveis físicas, vinte e seis (26) químicas e 07 (sete) biológicas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, seis (06) no rio Madeira, dez (10) em afluentes e uma (01) na área alagada do rio Mutum Paraná, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de implantação e enchimento.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Durante a fase de implantação (pré-enchimento), foram realizadas 12 campanhas trimestrais, com análises físicas, químicas e biológicas em 20 estações de monitoramento.</p> <p>Além destes pontos, foram adicionados, a partir de outubro de 2012, em atendimento ao item 1.6-i do ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA e à condicionante 2.5 da LO nº 1097/2012, 11 novos pontos de monitoramento, sendo estes: 08 (oito) localizados nos tributários, a montante do local já monitorado, ou seja, em regiões lóticas, 02 (dois) localizados na área alagada do rio Mutum Paraná e 01 (um) localizado no ponto de captação de água da CAERD de Nova Mutum Paraná. Em dezembro de 2013 foi adicionado um novo local de coleta no Igarapé Raul, totalizando 32 pontos de estudo.</p> <p>Desde outubro de 2012 até o mês de maio de 2014 (período de enchimento), foram realizadas 20 campanhas mensais, onde realizou-se análises numéricas para a interpretação dos resultados. As coletas referentes aos materiais biológicos foram</p>



		realizadas bimestralmente, em um total de 10 (dez) campanhas (outubro e dezembro de 2012, fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2013, fevereiro e abril de 2014).
Realizar análises de treze (13) variáveis físicas, vinte e seis (26) químicas e sete (07) biológicas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, seis (06) no rio Madeira, dezoito (18) em afluentes e três (03) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante a fase de operação do reservatório.	Atendido	Entre junho de 2014 e março de 2016 (fase pós-enchimento), foram realizadas 15 (quinze) campanhas, onde realizou-se análises numéricas para a interpretação dos resultados. As campanhas foram realizadas mensalmente até maio de 2015, passando, posteriormente para uma frequência trimestral (coletas realizadas em julho, outubro de 2015 e janeiro de 2016), em atendimento ao item 1.6 I do ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA. As coletas referentes aos materiais biológicos foram realizadas bimestralmente até abril de 2015, passando, posteriormente a uma frequência trimestral (coletas realizadas em julho, outubro de 2015 e janeiro de 2016, juntamente com as análises dos parâmetros físicos e químicos), em atendimento ao item 1.6 I do ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA.
Realizar campanhas de campo trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.	Atendido	Durante a fase de implantação (pré-enchimento), foram realizadas 12 campanhas trimestrais, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.
Realizar campanhas de campo mensais, durante um ano após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização), para análises físicas, químicas e bacteriológicas, sendo que as análises biológicas serão realizadas com frequência bimestral.	Atendido	Desde o início do enchimento, em outubro de 2012, até o mês de maio de 2015, foram realizadas 32 campanhas mensais de monitoramento, com análises físicas e químicas. As análises biológicas foram realizadas bimestralmente. O término da 3ª fase do enchimento ocorreu em maio de 2014, assim o monitoramento mensal passou a ser trimestral a partir do mês de maio de



		2015. Considerando que a coleta do material biológico ocorreu em abril de 2015, a próxima campanha com coleta completa (dados abióticos e biológicos) foi realizada em julho de 2015 e outubro de 2015 (frequência trimestral). Essa coleta trimestral na fase pós-enchimento (meses de janeiro, abril, julho e outubro) continuará permitindo a comparação com os mesmos meses monitorados na fase pré-enchimento (janeiro, abril, julho e outubro), contemplando as fases de enchente, águas altas, vazante e águas baixas no trecho estudado.
Realizar campanhas de campo trimestrais, durante 8 anos da operação (fase reservatório), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.	Atendido	As campanhas passaram a ter frequência trimestral a partir de maio de 2015, com coletas realizadas em julho, outubro de 2015, e janeiro de 2016 (período de vazante, seca e enchente, respectivamente).
Realizar análises numéricas e qualitativas dos resultados limnológicos obtidos para caracterização das variações temporais e espaciais.	Atendido	Em todos os relatórios técnicos são apresentadas análises univariadas e multivariadas (ex. Análise de componentes principais, análise de correspondência, análise de correlação canônica) com o objetivo de verificar as variações temporais e espaciais dos dados abióticos e biológicos.
Relacionar resultados limnológicos obtidos às alterações sazonais características dos períodos de enchente, cheia, vazante e seca.	Atendido	Em todos os relatórios técnicos são apresentados os dados consolidados dos meses anteriores de coleta, com o objetivo de verificar as mudanças sazonais. Além disso, as análises estatísticas multivariadas também auxiliam nessa avaliação.
Mensurar a temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, turbidez, transparência da coluna d'água, fitoplâncton e zooplâncton em 3 profundidades (superfície, limite da zona eufótica e fundo) no ponto de amostragem próximo ao eixo da barragem	Atendido	Durante a fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca, onde foi analisado o perfil vertical do ponto p18-mad 5 (parâmetros físicos, químicos e biológicos). O perfil vertical nos tributários foi



<p>(ponto P18 - MAD5), durante todas as fases do empreendimento nos períodos de enchente, cheia, vazante e seca, sendo mensurado nos tributários apenas no período de cheia.</p>		<p>analisado durante o período de cheia ou águas altas, ou seja, em abril de 2010, abril de 2011 e abril de 2012.</p> <p>No período entre outubro de 2012 e março de 2016 (fase de enchimento e pós-enchimento), foram realizadas 35 campanhas, onde analisou-se o perfil vertical dos parâmetros físicos e químicos de todos os pontos de monitoramento, incluindo o ponto P18-MAD 5 (total de 32 pontos).</p> <p>No entanto, a análise do perfil vertical das comunidades aquáticas foi realizada bimestralmente até abril de 2015, somente no ponto P18-MAD 5 e nos tributários somente no período de águas altas (por exemplo em abril de 2013, abril de 2014 e abril de 2015).</p> <p>A partir de julho de 2015, as coletas passaram a ter frequência trimestral, e o perfil vertical dos parâmetros físicos e químicos foi analisado em todos os pontos de monitoramento (total de 32 pontos). O perfil vertical das comunidades aquáticas foi realizado, em todos os meses, somente no ponto P18-MAD 5. Nos tributários, o perfil vertical das comunidades aquáticas tem sido realizado durante o período de águas altas.</p>
<p>Realizar estudo do ciclo nictemeral das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica através das análises de temperatura da água e do ar, pH, oxigênio dissolvido, potencial de redox, condutividade, fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e total e organismos planctônicos, na estação de amostragem próxima ao eixo da barragem, a cada intervalo de 04 (quatro) horas, ao longo de 24 horas, durante as fases de implantação,</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 05 (cinco) campanhas para a análise do ciclo nictemeral, tendo a ESBR solicitado ao IBAMA a interrupção de tal estudo.</p> <p>Entretanto, em atendimento ao item 1.6-c do ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, deu-se continuidade a esta análise após o início do enchimento do reservatório, e até o mês de março de 2016, foram realizadas 07 (sete) campanhas (outubro de 2012, abril de 2013, outubro de 2013,</p>



enchimento e operação do reservatório, no período de seca e cheia.		abril de 2014, outubro de 2014, abril de 2015 e outubro de 2015).
Comparar os resultados limnológicos obtidos aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 para águas de classe 2.	Atendido	<p>Na fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005.</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de março de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento do reservatório), foram realizadas 35 campanhas mensais de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites estabelecidos pela referida resolução.</p>
Calcular o IQA (índice de qualidade da água) e o IET (índice do estado trófico) a partir dos resultados obtidos, em todas as campanhas de campo.	Atendido	<p>Na fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais de monitoramento, tendo sido calculado o IQA e o IET de cada ponto de coleta (20 estações).</p> <p>No período de outubro de 2012 a março de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento do reservatório), foram realizadas 35 campanhas mensais de monitoramento, onde foi calculado o IQA e IET de cada ponto de coleta (32 estações).</p>
Criar e alimentar um banco de dados georreferenciado para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo.	Atendido	Os dados e os resultados obtidos no programa estão sendo estruturados, armazenados e especializados no sistema de gerenciamento de informações georreferenciadas (SISGIG) da UHE Jirau.
Elaborar modelo matemático para prognóstico da qualidade da água para o corpo central, tributários e jusante do reservatório que permitirá avaliar diferentes cenários, incluindo os primeiros meses de enchimento.	Em atendimento	Foram desenvolvidos pela COPPE/UFRJ prognósticos da qualidade da água do reservatório da UHE Jirau e a jusante deste, os quais subsidiaram a emissão das autorizações de supressão de vegetação (ASV), assim como a proposta de redução de supressão de vegetação até a cota



		<p>84,0m.</p> <p>Conforme requerido no parecer técnico (PT) nº 127/2012 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, a COPPE/UFRJ elaborou um novo prognóstico da qualidade da água do reservatório da UHE Jirau para a etapa 3 de enchimento, considerando a proposta de redução de supressão de vegetação acima da cota 84,0 m.</p> <p>O relatório completo, contendo os resultados do prognóstico da qualidade da água para a etapa 3 de enchimento do reservatório, incluindo as informações solicitadas em reunião realizadas no dia 04 de julho de 2013 e aquelas constantes no ofício mencionado acima, foi protocolado no IBAMA no dia 19/08/2013 através da correspondência IT/AT 1250-2013 em respostas aos ofícios nº 1218/2012 /DLIC/IBAMA e nº 02001.009779-2013-77.</p> <p>Em 31/10/2013 o IBAMA através do ofício nº 02001.013238/2013-43 DILIC/IBAMA, encaminhou através do parecer técnico nº 6536/2013 aprovando a proposta de redução de vegetação e consequentemente, encaminhando análise do prognóstico da qualidade de água para etapa 3 de enchimento (R4f), o qual deferiu o referido prognóstico.</p> <p>A ESBR protocolou no IBAMA a correspondência IT/TS 1938-2013, encaminhando nova modelagem numérica desenvolvida pela COPPE/UFRJ (R4h), incluindo a carga orgânica adicional do material lenhoso localizado na região do igarapé Raul, além da carga do fragmento do lote 1 e.</p> <p>Considerando a emissão do ofício nº 02001.0005422014-10 GABIN-PRESI, autorizando a etapa 3 de enchimento do</p>
--	--	---



		<p>reservatório, entende-se que tal relatório foi aprovado pelo IBAMA.</p> <p>Após a passagem da cheia histórica, a qual não permitiu a execução da nova modelagem preditiva da qualidade de água do reservatório, foi renovado o contrato a COPPE/UFRJ para realização do novo modelo que subsidiará a gestão da qualidade do reservatório, a qual está em fase de finalização e será apresentada em relatório posterior.</p>
<p>Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação dos processos hidrobiogeoquímicos.</p> <p>Fornecer informações sobre a qualidade da água indispensáveis para o estudo da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas.</p> <p>Fornecer informações sobre aspectos limnológicos essenciais para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna.</p> <p>Fornecer informações sobre qualidade da água no ecossistema aquático de interesse para saúde pública.</p> <p>Fornecer informações sobre os resultados do monitoramento da comunidade bentônica, priorizando as famílias de insetos aquáticos de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, Heteroptera e Odonata de interesse para o programa de conservação da fauna.</p> <p>Fornecer informações sobre as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes à comunicação social e à educação ambiental.</p>	<p>Atendido</p>	<p>As interfaces deste programa estão descritas no item 7 deste relatório.</p>
<p>Implantar sistema de monitoramento em tempo real a montante (fases rio,</p>	<p>Atendido</p>	<p>Foram implantados, em parceria com o instituto internacional de ecologia (IIE), 02</p>

<p>enchimento e operação) e jusante do eixo da barragem do reservatório (fase operação), caso os resultados do modelo prognóstico mostrem tal necessidade.</p>		<p>(dois) sistemas de monitoramento da qualidade da água em tempo real, sendo um a montante e o outro a jusante do barramento da UHE Jirau.</p> <p>O sistema é composto por equipamento de alto padrão, que coleta e armazena informações a cada hora. Os dados armazenados servem para dar subsídio ao acompanhamento dos parâmetros básicos para o acionamento do sistema de alerta apresentado ao IBAMA caso fosse necessário.</p> <p>Os dados brutos, em formato de planilha eletrônica editável, foram apresentados ao IBAMA e a SAE semanalmente por meio de correio eletrônico, atendendo ao PT nº 127/2012 (OF. Nº 1218/2012/DILIC/IBAMA), assim, após o Ofício nº 02001.007861/2015-29 CGENE/IBAMA de 03 de agosto de 2015, estes dados passaram a ser enviados trimestralmente.</p>
--	--	---

4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE

Período entre 01 de novembro de 2015 e 31 de março de 2016

Entre 01 de novembro de 2015 e 31 de março de 2016, foi realizada 01 (uma) campanha de monitoramento limnológico na área de influência da UHE Jirau (campanha realizada em janeiro de 2016, correspondendo ao período de enchente). Em janeiro de 2016 a campanha foi realizada entre os dias 11 e 29 de janeiro, compreendendo a 15ª coleta referente ao monitoramento limnológico.

Nessa última campanha de monitoramento, foram realizadas i) as coletas do material biológico (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos); ii) o perfil vertical (alguns parâmetros abióticos) em todos os pontos de monitoramento, com coletas na superfície, meio e fundo. Os organismos aquáticos foram coletados em perfil vertical somente no ponto P18-MAD5; iii) a coleta no canteiro de obras da UHE



Jirau; iv) o monitoramento diário em tempo real (a cada 1 hora) de alguns parâmetros limnológicos à montante e jusante da barragem e v) o monitoramento diário em perfil vertical em 06 (seis) pontos de coleta: rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul.

No dia 18/01/2016, foi entregue uma nota técnica solicitando a interrupção do monitoramento mensal do ponto P19-MAD6, assim como foi feito com o ponto MON 4. Essa solicitação foi deferida no dia 31/03/2016 (Ofício 02001.002618/2016-03 COHID/IBAMA).

No dia 25/02/2016 também foi entregue a nota técnica referente a solicitação da interrupção do monitoramento diário, em alguns tributários do rio Madeira.

Nesse semestre foram ainda realizadas duas reuniões entre a equipe da ESBR e a equipe da Life Projetos Limnológicos descritas a seguir.

- Dia 05/11/2015 - Reunião realizada no Canteiro de Obras da UHE Jirau, para tratar do andamento do Programa de Monitoramento Limnológico;
- Dia 03/02/2016 - Reunião realizada em Nova Mutum Paraná, sobre o andamento do Programa de Monitoramento Limnológico e alinhamento entre os Programas Ambientais para a renovação da Licença de Operação (LO).



Foto 4-1 – Coleta realizada em janeiro de 2016, no ponto P9-MAD3.



Foto 4-2 – Coleta realizada em janeiro de 2016, na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13-MUT1).



5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012

5.1 MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO

Os resultados discutidos neste relatório incluem os resultados físicos, químicos e biológicos, obtidos entre outubro de 2012 e janeiro de 2016 (período da LO nº 1097/2012). Esses resultados também serão comparados com os demais meses de estudo monitorados na fase pré-enchimento do reservatório.

Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de maio de 2014 (período de enchimento), foram realizadas 20 campanhas mensais de monitoramento, em 32 estações de coleta (sendo os 12 pontos adicionais incluídos em atendimento ao item I do Ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA) (**Anexo II**). Na fase pós-enchimento, até o momento, foram realizadas 15 campanhas, nas mesmas 32 estações de coleta.

Vale ressaltar o grande conjunto de dados obtidos até o momento, considerando todas as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento). No total, entre setembro de 2009 e março de 2016 ocorreram 47 campanhas de monitoramento limnológico (12 campanhas na fase pré-enchimento, 20 campanhas na fase de enchimento e, até o momento, 15 campanhas nessa fase pós-enchimento). Além disso, em todos os pontos de coleta (20 pontos na fase pré-enchimento e 32 pontos na fase de enchimento e pós-enchimento) são analisados 40 parâmetros limnológicos, além das coletas das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos. Considerando somente os parâmetros físicos e químicos, um total de 55.120 dados já foram analisados e interpretados, através do monitoramento limnológico, sem contar os dados obtidos através do monitoramento diário nos tributários que possuem 06 (seis) pontos de monitoramento, sendo analisado 06 (seis) parâmetros físico-químico, em 1.253 dias de monitoramento nesses tributários, até março de 2016.

Quanto ao monitoramento limnológico no Canteiro de Obras, já foram realizadas 26 campanhas (até março de 2016), onde foram analisados 35 parâmetros abióticos, além das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônica e zoobentônicas, totalizando 9.410 dados analisados até o momento.

Para o Estudo do Ciclo Nictemeral, entre setembro de 2009 e março de 2016 (fase de enchimento e pós-enchimento) foram coletados e analisados 12 ciclos (5 ciclos analisados na fase pré-enchimento, 4 ciclos na fase de enchimento e 3 ciclos nessa fase pós-enchimento). No total, foram avaliados 11 parâmetros abióticos e dados referentes às comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas, em 3 profundidades de coleta.

Durante a fase de enchimento do reservatório da UHE Jirau (entre outubro de 2012 e maio de 2014) e entre abril de 2014 e maio de 2015 (fase pós-enchimento), as campanhas foram realizadas mensalmente. Posteriormente, as campanhas passaram a ser trimestrais, conforme estabelecido no PBA, com campanhas realizadas em julho de 2015, outubro de 2015 e janeiro de 2016.

Foram enviados relatórios técnicos bimestrais entre os meses de outubro de 2012 (início da fase de enchimento) e agosto de 2014 (fase pós-enchimento). A partir do mês de setembro de 2014 a entrega dos relatórios técnicos passou a ter periodicidade trimestral, considerando o item 1.6 I do Ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, conforme apresentado no **Quadro 5-1** e trecho reproduzido a seguir:

1.6. No âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico:

l) Apresentar bimestralmente relatórios técnicos de acompanhamento do enchimento e estabilização do reservatório. Após essa fase, a frequência deverá ser trimestral.

Quadro 5-1 - Relatórios Técnicos do Programa de Monitoramento Limnológico.

RELATÓRIO TÉCNICO	PERÍODO PRÉ-ENCHIMENTO E ENCHIMENTO	CORRESPONDÊNCIA	DATA DE PROTOCOLO
1º	Out12 a Dez12*	IT/AT 531-2013	09/04/2013
2º	Jan13 e Fev13	IT/AT 775-2013	27/05/2013
3º	Mar13 e Abr13	IT/AT 940-2013	17/06/2013



4º	Mai13 e Jun13	IT/AT 1168-2013	13/08/2013
5º	Jul13 e Ago13	IT/AO 1473-2013	04/10/2013
6º	Set13 e Out13	IT/AT 1854-2013	04/12/2013
7º	Nov13 e Dez13	IT/AT 094-2014	03/02/2014
8º	Jan14 e Fev 14	IT/AT 613-2014	08/04/2014
9º	Mar14 e Abr14	IT/PS 1023-2014	27/06/2014
10º	Mai14 e Jun14	IT/AT 1397-2014	10/09/2014
11º	Jul14 e Ago14	IT/AT 1798-2014	10/12/2014
12º	Set14, Out14 e Nov14	IT/AT 403-2015	24/03/2015
13º	Dez14, Jan15 e Fev15	IT/JB 630-2015	19/05/2015
14º	Mar15, Abr15 e Mai15	IT/JB 1114-2015	04/09/2015
15º	Jun15, Jul15 e Ago15	IT/JB 1600-2015	22/12/2015
16º	Set15, Out15 e Nov15	IT/JB 320-2016	24/03/2016
17º	Dez15, Jan16 e Fev16	A enviar	A enviar

* Em conformidade com o Ofício nº 357/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.

5.1.1 Variáveis Abióticas

De maneira geral, as características limnológicas observadas durante as 20 (vinte) campanhas de monitoramento limnológico realizadas no período de enchimento do reservatório da UHE Jirau (outubro de 2012 a maio de 2014), foram similares àquelas registradas no período pré-enchimento. As características limnológicas obtidas em janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro de 2013, e em janeiro, fevereiro e março de 2014 foram similares àquelas registradas durante o período de enchente



e águas altas na região, durante a fase pré-enchimento do reservatório, tendo em vista os maiores valores de turbidez, sólidos suspensos e alguns nutrientes. Tais resultados refletiram a influência das maiores taxas de precipitação pluviométrica na região, entre os meses de dezembro e abril, assim como observado nos meses de janeiro e abril, considerando todos os anos estudados na fase pré-enchimento.

Por outro lado, as características limnológicas registradas em maio, junho, julho, agosto e setembro de 2013 foram similares às obtidas nos meses de julho (2010, 2011 e 2012), na fase pré-enchimento, ou seja, caracterizaram o período de estiagem na região, com menores valores de turbidez, sólidos suspensos e nutrientes na água, principalmente nos meses de agosto e setembro de 2013.

Durante o período de enchimento do reservatório (entre outubro de 2012 e maio de 2014), pode-se destacar o decréscimo significativo nas concentrações de oxigênio dissolvido e o incremento de sólidos suspensos (e, conseqüentemente, aumento nos valores de turbidez) em alguns tributários estudados, tendo em vista a cheia histórica do rio Madeira que ocorreu em fevereiro de 2014 e a influência das águas desse rio sobre os tributários.

Considerando a fase atual pós-enchimento (entre junho de 2014 até o presente momento), a sazonalidade também foi o principal fator responsável por alterações nas características limnológicas no trecho monitorado. Assim, por exemplo, entre junho e novembro de 2014, observou-se características limnológicas similares às mensuradas nos períodos anteriores de águas baixas. Enquanto que, entre dezembro de 2014 e abril de 2015 registrou-se um incremento nos valores de turbidez, sólidos suspensos e nutrientes, assim como observado no período de águas altas, em coletas anteriores. Os resultados obtidos em maio, julho e outubro de 2015 também foram similares aos resultados obtidos no período de vazante ou águas baixas, tanto na fase pré-enchimento quanto na fase de enchimento, enquanto que em janeiro de 2016 as características limnológicas foram similares às anteriormente obtidas no período de enchente e águas altas, com incremento de



sólidos suspensos, turbidez e nutrientes. Tais resultados refletem a importância da sazonalidade sobre as características limnológicas no trecho monitorado.

Considerando as concentrações de oxigênio dissolvido, foi possível verificar que ao longo de todos o período de estudo, tais valores foram influenciados pelos locais de coleta (pontos situados no rio Madeira ou em tributários) e pelas variações sazonais na região. De maneira geral, durante o período de enchimento, por exemplo, entre novembro de 2013 e março de 2014, houve um decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido no trecho monitorado, sendo que o menor valor médio foi registrado em fevereiro de 2014 (média igual a 3,1 mg/L), principalmente nos tributários estudados (média em fevereiro de 2014 igual a 5,06 mg/L no rio Madeira e 2,56 mg/L nos tributários). A maior turbulência no rio Madeira, quando comparado com os demais pontos monitorados, é um fator que pode explicar essas diferenças. De fato, em fevereiro, março e abril de 2014 ocorreu uma cheia atípica no rio Madeira, ultrapassando a vazão histórica para este período, fato este que permaneceu até o mês de abril de 2014, o que influenciou as características limnológicas de todo o trecho de estudo, principalmente dos tributários.

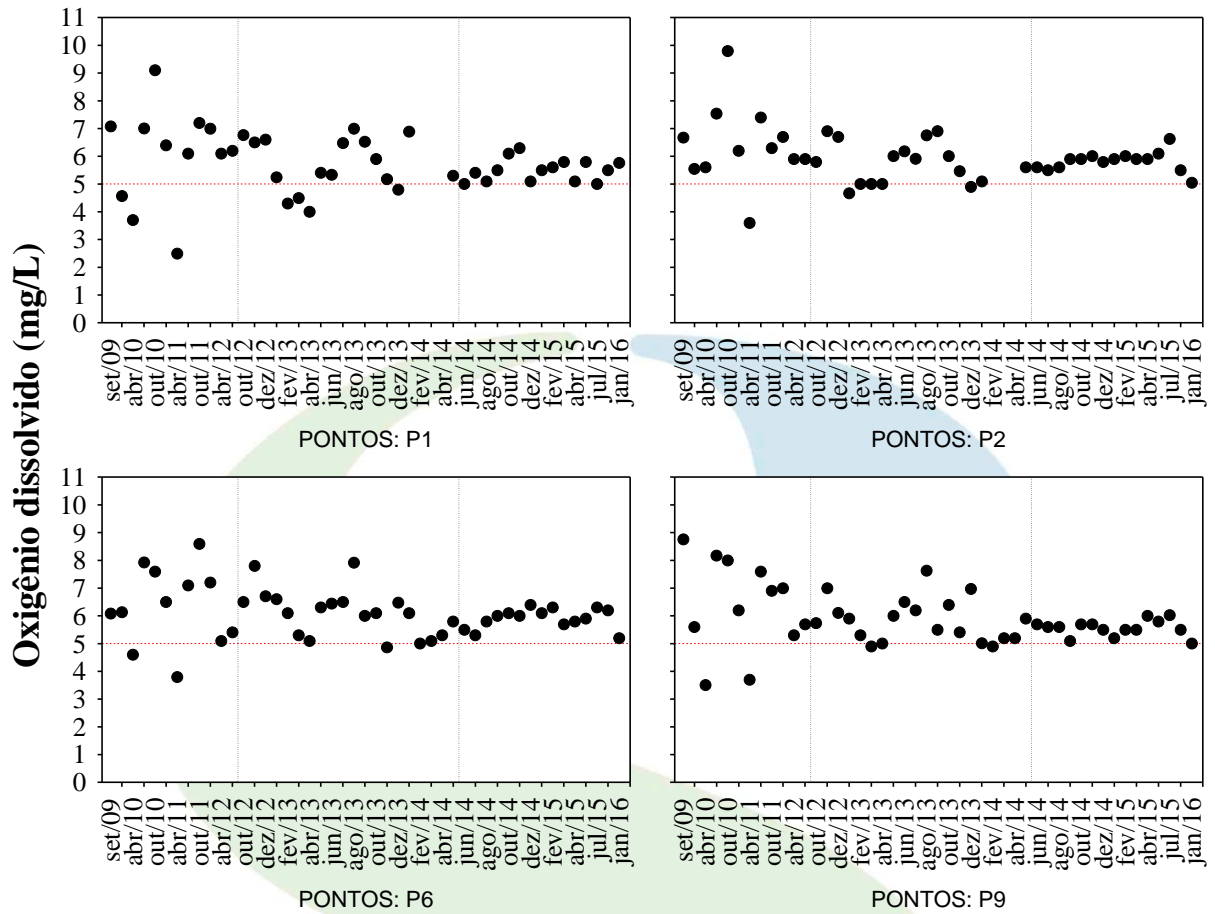
A partir de maio de 2014 houve um acréscimo gradual nas concentrações de oxigênio dissolvido no trecho monitorado, principalmente considerando os tributários que estavam apresentando anteriormente, concentrações críticas desse gás. Assim, ao longo do segundo semestre de 2014 (entre maio e novembro de 2014), houve um incremento nessas concentrações. A partir de dezembro de 2014, teve início um novo decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente nos tributários estudados, tendo em vista o início do período de águas altas, quando ocorre maior entrada de matéria orgânica (e conseqüentemente decomposição dessa matéria orgânica) nos tributários. Assim, entre dezembro de 2014 e fevereiro de 2015 observou-se menores concentrações de oxigênio dissolvido em alguns tributários estudados. Em abril, maio, julho e outubro de 2015 foram registradas concentrações levemente superiores àquelas registradas em janeiro, fevereiro e março de 2015 (média em maio de 2015 igual a 5,94 mg/L no rio Madeira e 3,81 mg/L nos tributários; média em julho de



2015 igual a 6,05 mg/L no rio Madeira e 3,52 mg/L nos tributários e média em outubro de 2015 igual a 5,6 mg/L no rio Madeira e 3,7 mg/L nos tributários). Em janeiro de 2016, tais concentrações foram inferiores às mensuradas em abril, maio, julho e outubro de 2015 (média em janeiro de 2016 igual a 5,36 mg/L no rio Madeira e 3,15 mg/L nos tributários). Assim, durante o período de enchente e águas altas, espera-se que as concentrações de oxigênio dissolvido sofram um decréscimo, assim como observado na fase pré-enchimento e enchimento (**Figuras 5-1 e 5-2**).

Assim, em todas as fases do empreendimento (fase pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento), as características limnológicas do trecho monitorado foram fortemente influenciadas pelas variações sazonais.

Ressalta-se que o período de águas altas no rio Madeira nos meses de fevereiro, março e abril de 2014 foi atípico, e extremamente elevado, causado pelas precipitações na Bolívia e Peru, nos rios Beni e Madre de Dios, respectivamente (INPE, 2014). Essa cheia ultrapassou a vazão histórica para este período. Conseqüentemente, essa grande cheia afetou negativamente as concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários do rio Madeira pela incorporação de matéria orgânica de fontes externas. De fato, baixas concentrações de oxigênio foram registradas, principalmente, no rio Mutum Paraná (ponto P11) e rio Cotia (ponto P12). Mesmo considerando que tais resultados não foram conseqüências do enchimento do reservatório, e sim uma cheia atípica do rio Madeira, aeradores foram instalados, em fevereiro de 2014, nos pontos críticos desses tributários, para evitar danos a ictiofauna.



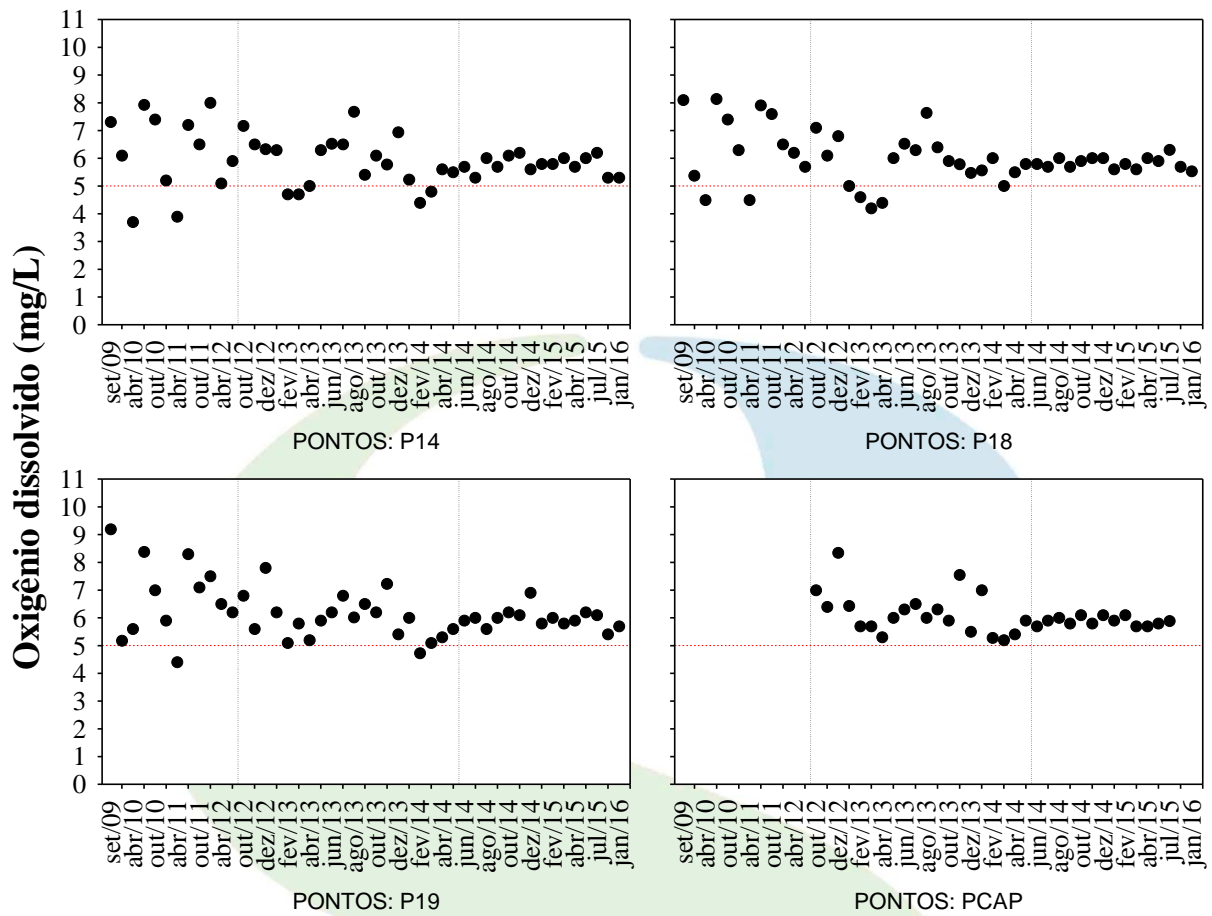
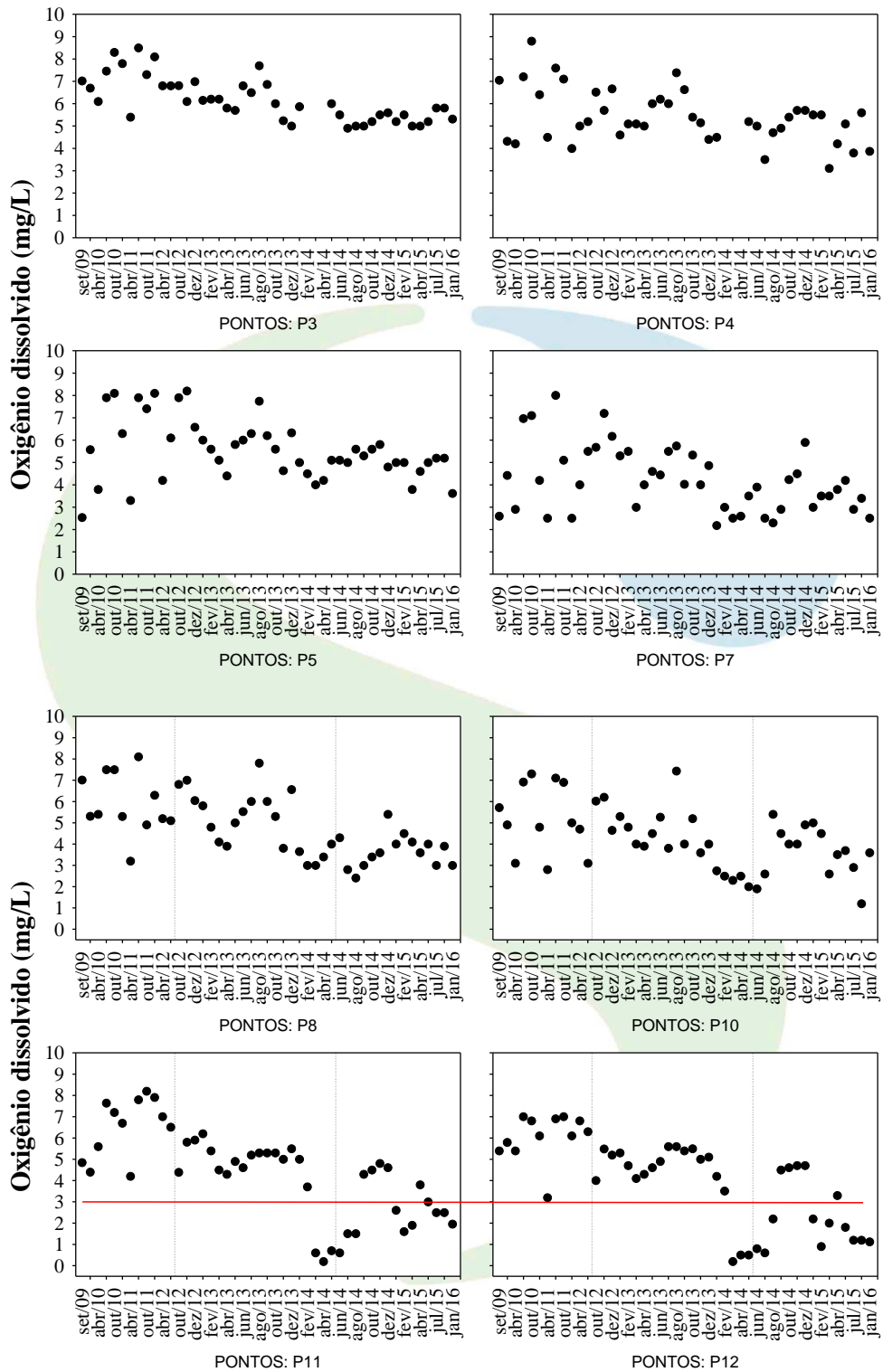
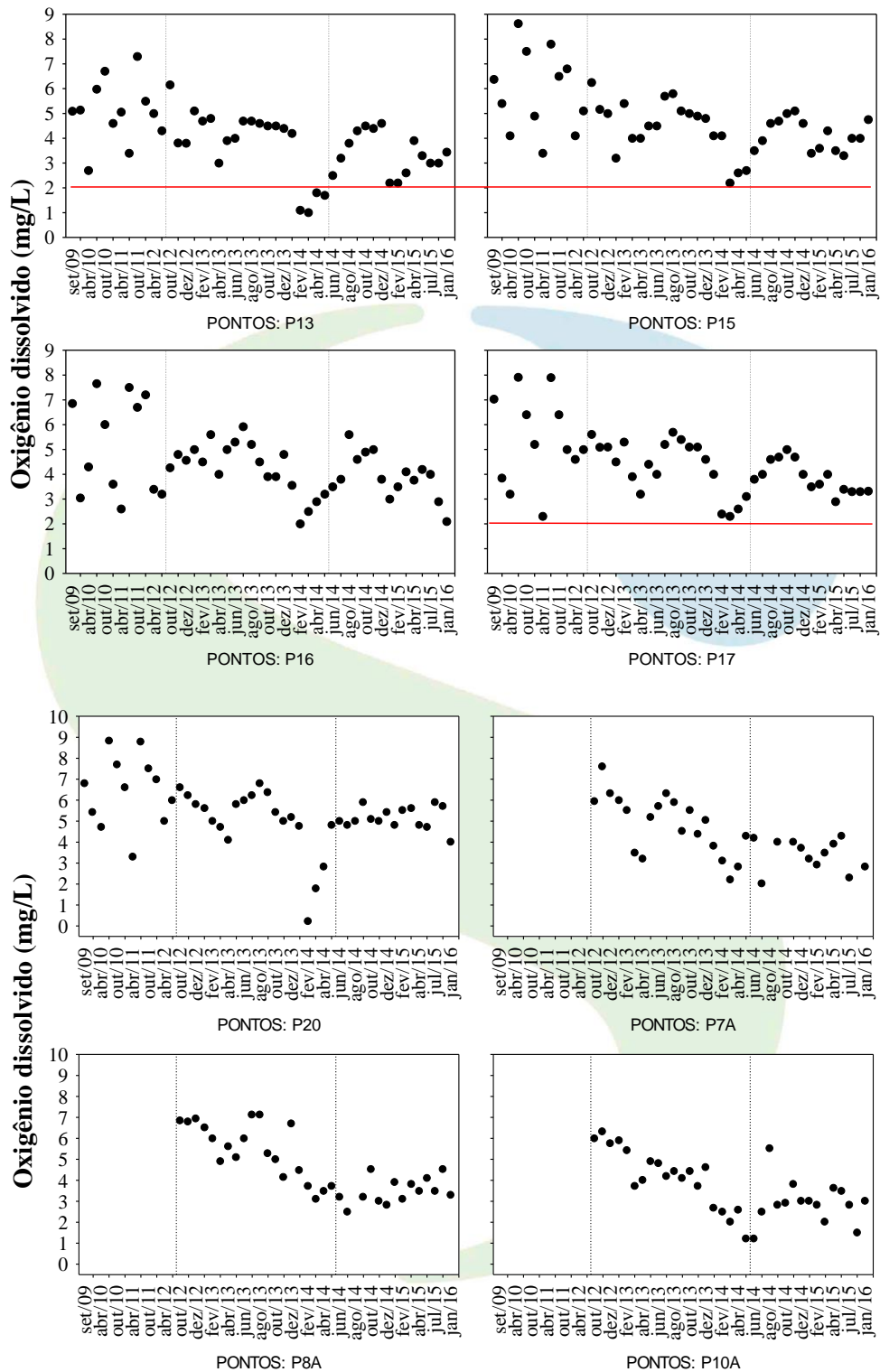


Figura 5-1 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas entre setembro de 2009 e janeiro de 2016 (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório), nos pontos localizados no rio Madeira. A linha vermelha tracejada representa o limite proposto pela Resolução CONAMA n° 357/2005.





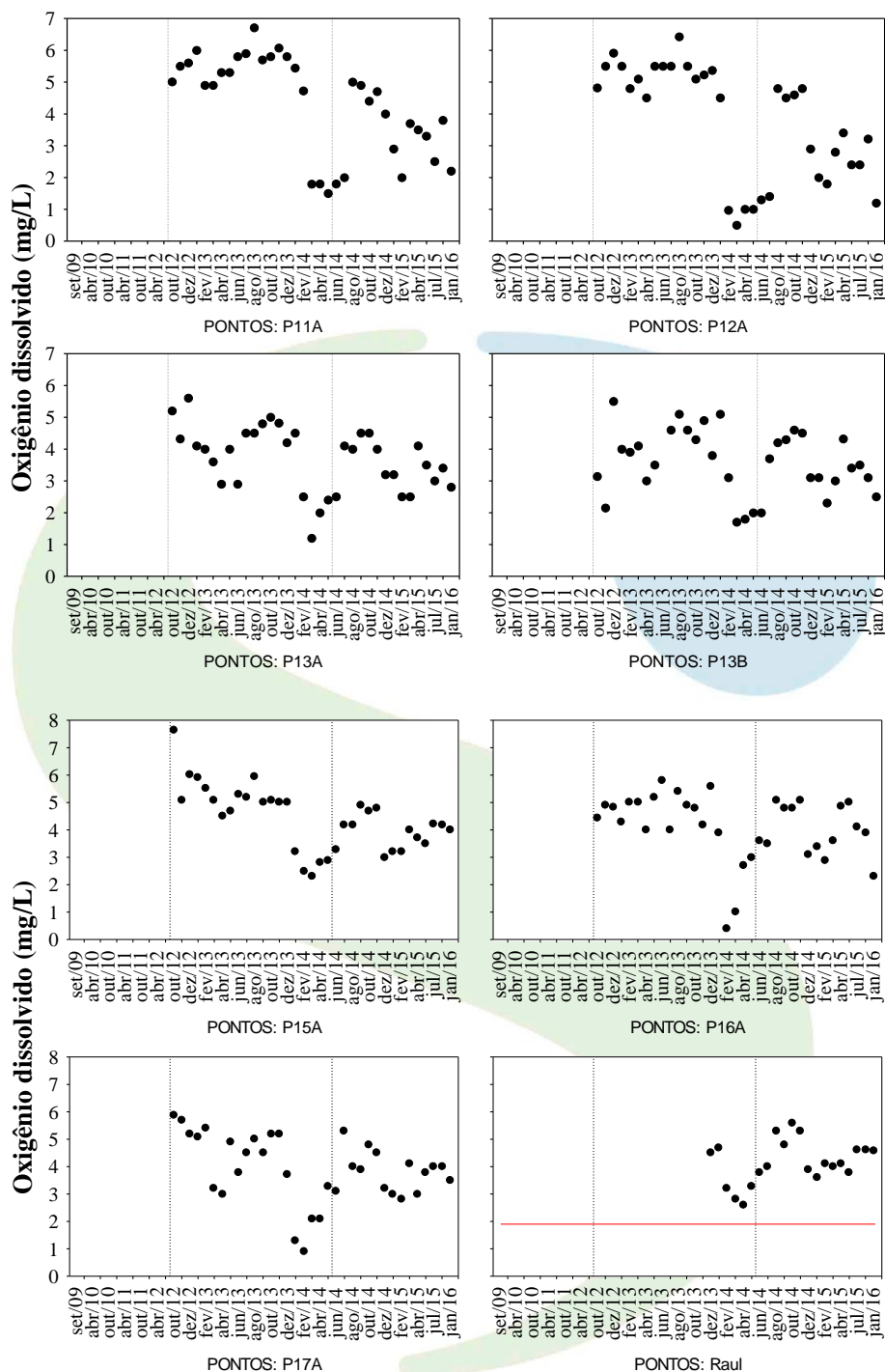


Figura 5-2 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas entre setembro de 2009 e janeiro de 2016 (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório), nos pontos localizados nos tributários. A linha vermelha na horizontal representa o limite proposto pelo Sistema de Alerta em 06 tributários estudados.



A **análise diária** das concentrações de oxigênio dissolvido em 06 (seis) tributários situados no trecho monitorado da UHE Jirau (**Anexo II**) indicou que, entre outubro de 2012 e outubro de 2013, foi possível observar oscilações nas concentrações de oxigênio dissolvido na superfície da coluna da água, sendo frequentes concentrações acima de 4,5 mg/L. Entre novembro de 2013 e abril de 2014, houve um decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido nesses tributários, principalmente nos pontos P11 (rio Mutum Paraná) e P12 (rio Cotia). Como discutido anteriormente nesse relatório, esse período de águas altas foi atípico na região, não sendo resultado do processo de enchimento do reservatório da UHE Jirau, mas sim da cheia histórica que ocorreu no rio Madeira. Essa grande cheia afetou negativamente as concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários do rio Madeira, tendo em vista a inundação de áreas urbanas em localidades e distritos a montante do empreendimento, com elevação da carga de matéria orgânica, e a decomposição desta nos locais inundados. Assim, aeradores foram instalados em dois pontos críticos naquele momento, para evitar danos a ictiofauna. Entre maio de 2014 e novembro de 2014, houve um acréscimo gradual nas concentrações desse gás no trecho monitorado, principalmente nos tributários. Posteriormente, entre dezembro de 2014 e abril de 2015 houve um novo decréscimo nessas concentrações, principalmente nos pontos P11 e P12, no entanto, tais concentrações ainda foram superiores àquelas registradas em fevereiro, março e abril de 2014. Entre maio e outubro de 2015, maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas nesses tributários, principalmente nos pontos P13, P15, P17 e Igarapé Raul. Nesse período também foi registrado um acréscimo gradual nas concentrações de oxigênio nos pontos P11 e P12, principalmente em outubro de 2015, quando tais concentrações ficaram acima do limite proposto no Sistema de alerta (de acordo com a Nota Técnica enviada ao IBAMA, em atendimento à condicionante 2.7 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012) (**Figura 5-3** até **5-6**).

Em novembro e dezembro de 2015, houve um acréscimo gradual nas concentrações de oxigênio dissolvido. Tais concentrações permaneceram elevadas nos pontos P15, P17 e Igarapé Raul, enquanto que em janeiro de 2016 houve um leve decréscimo nessas concentrações nos pontos P11, P12 e P13. Assim, em novembro e dezembro de 2015, todos os valores de oxigênio mensurados na

superfície da coluna da água, foram superiores aos limites propostos no sistema de alerta, inclusive nos pontos P11-MTP1 e P12-COT1. Resultados similares foram obtidos entre agosto e outubro de 2015. No entanto, em janeiro, fevereiro e março de 2016, foram registrados menores valores de oxigênio nos pontos P11-MTP1, P12-COT1 e P13-MUT1. É importante enfatizar que, até o momento, não foram registrados danos a ictiofauna local nesses tributários, mesmo durante os períodos críticos com baixas concentrações de oxigênio na água, tendo em vista as adaptações da ictiofauna a essas oscilações nas concentrações de oxigênio dissolvido na região, fato este constatado pela equipe de especialistas que acompanham a equipe de monitoramento limnológico. Concentrações de oxigênio inferiores a essas foram mensuradas nesses tributários no período da cheia histórica do rio Madeira em 2014, e durante aquele período também não foram registrados danos à ictiofauna, nos locais monitorados. Ressalta-se ainda que, como medida mitigadora, o aerador foi acionado no ponto P11-MTP1 e P12-COT1 e está em funcionamento até o presente momento (**Foto 5-1 a 5-3**).



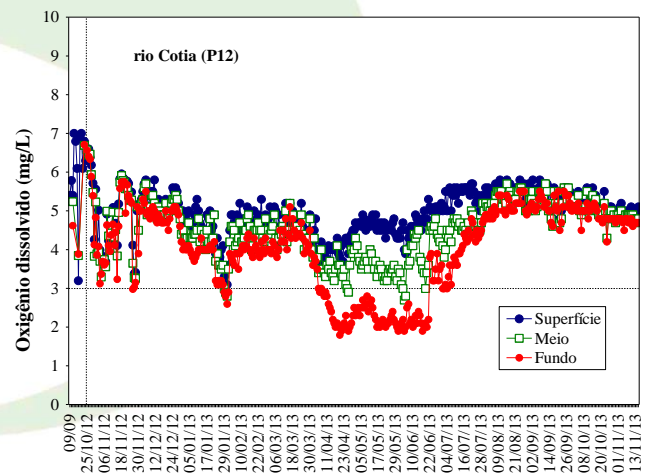
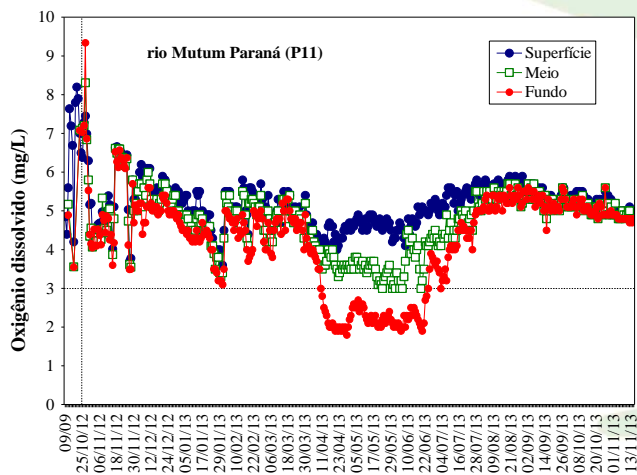
Foto 5-1 - Aerador acionado no ponto P11-MTP1.



Foto 5-2 -Aerador acionado no ponto P12-COT1.



Foto 5-3 - Monitoramento limnológico diário acompanhado de especialistas em ictiofauna.



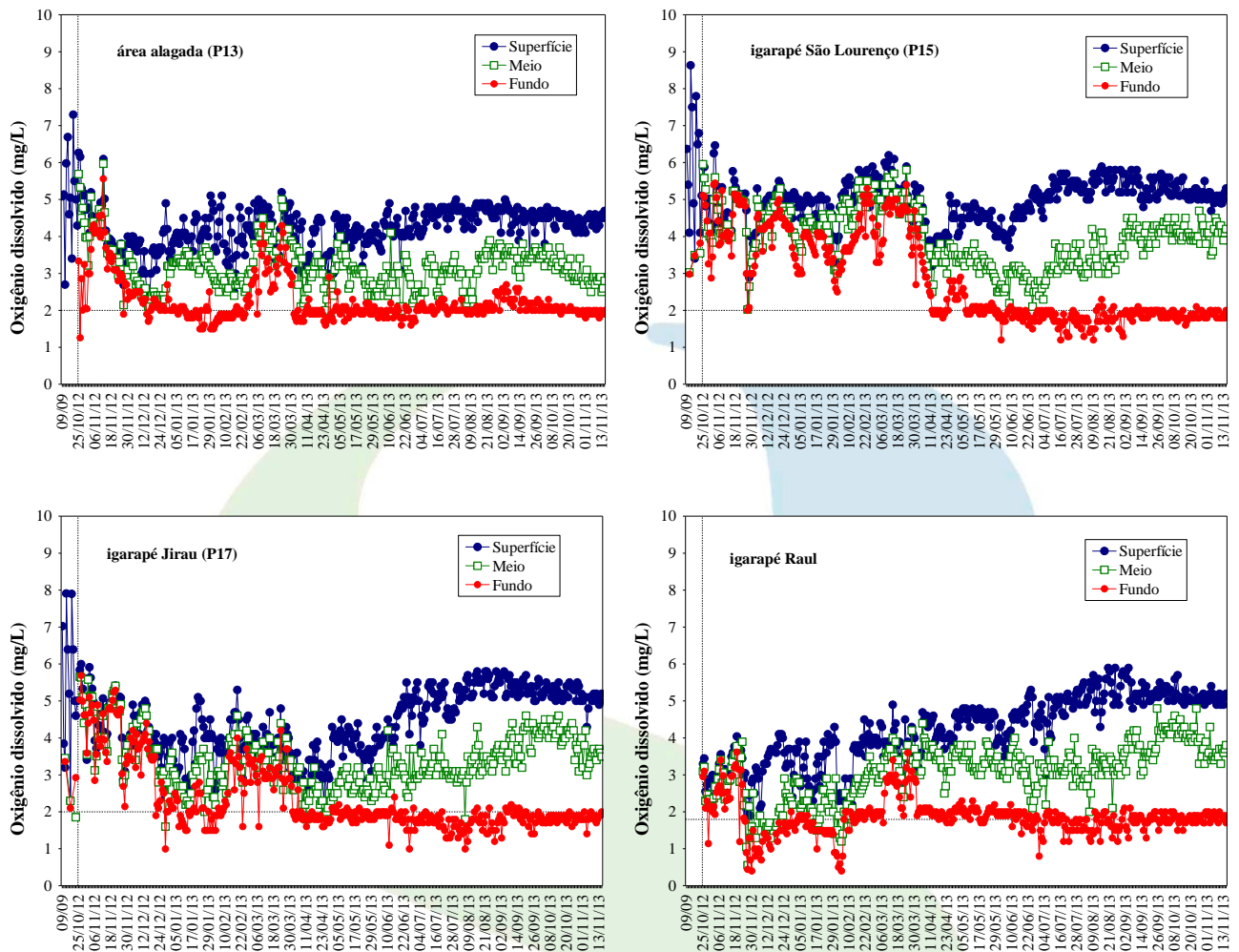
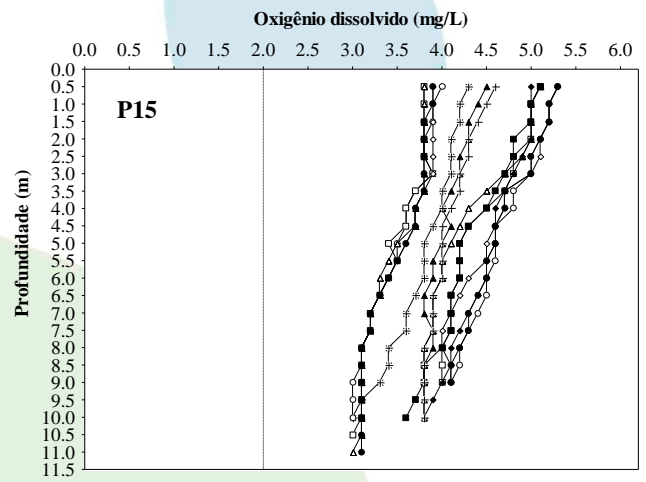
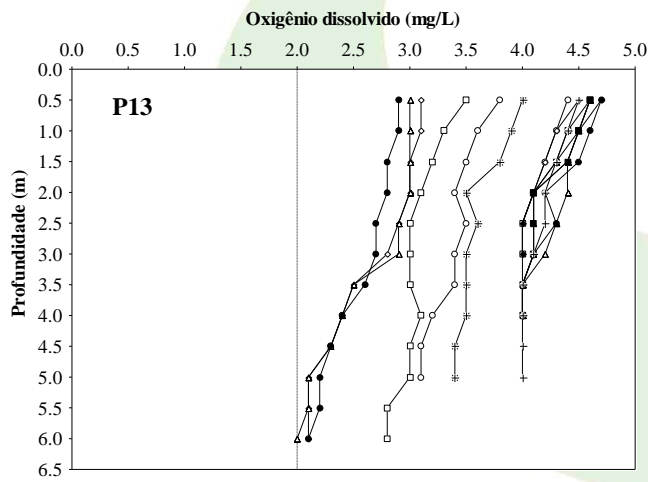
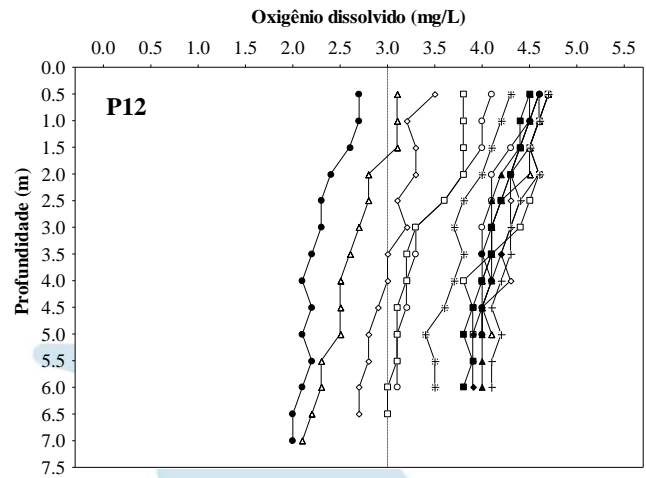
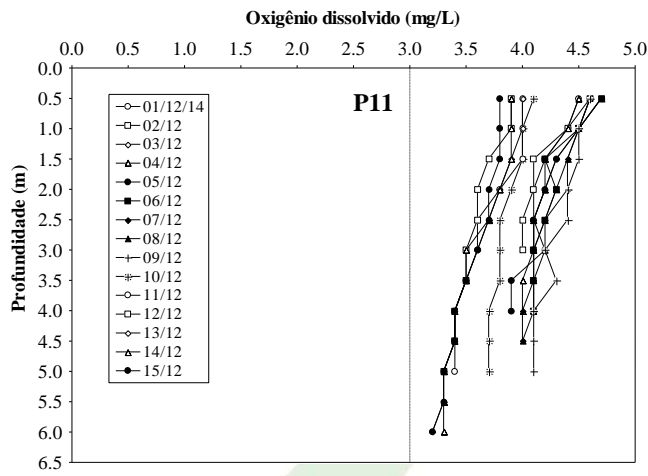


Figura 5-3 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas diariamente, entre outubro de 2012 e outubro de 2013 (período de enchimento do reservatório), em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum -Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul).



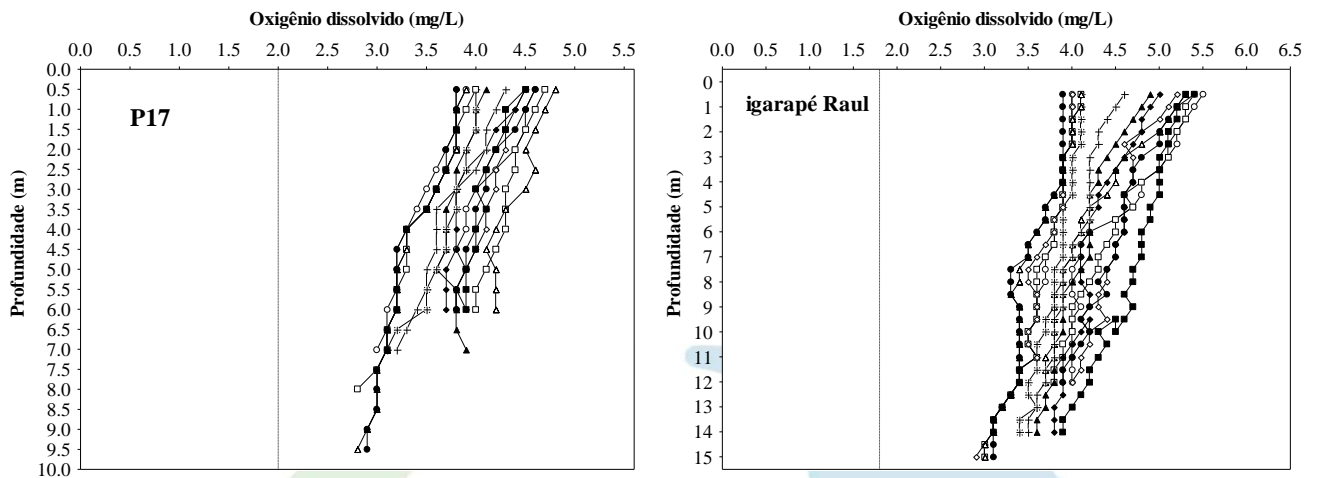
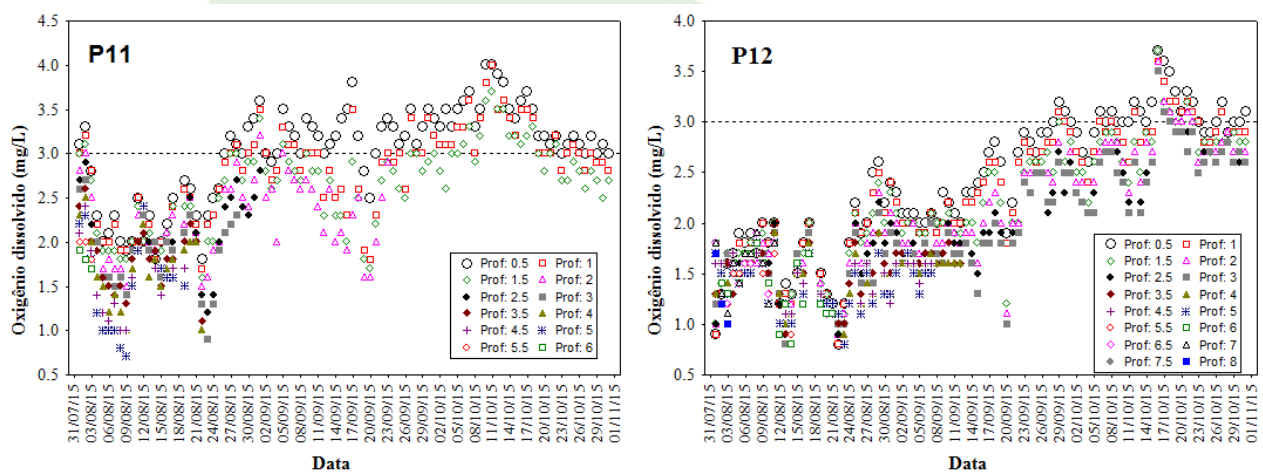


Figura 5-4 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas diariamente, entre 01 e 15 de dezembro de 2014, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, Igarapé São Lourenço, Igarapé Jirau e Igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 cm de profundidade (notar os diferentes valores de profundidade).



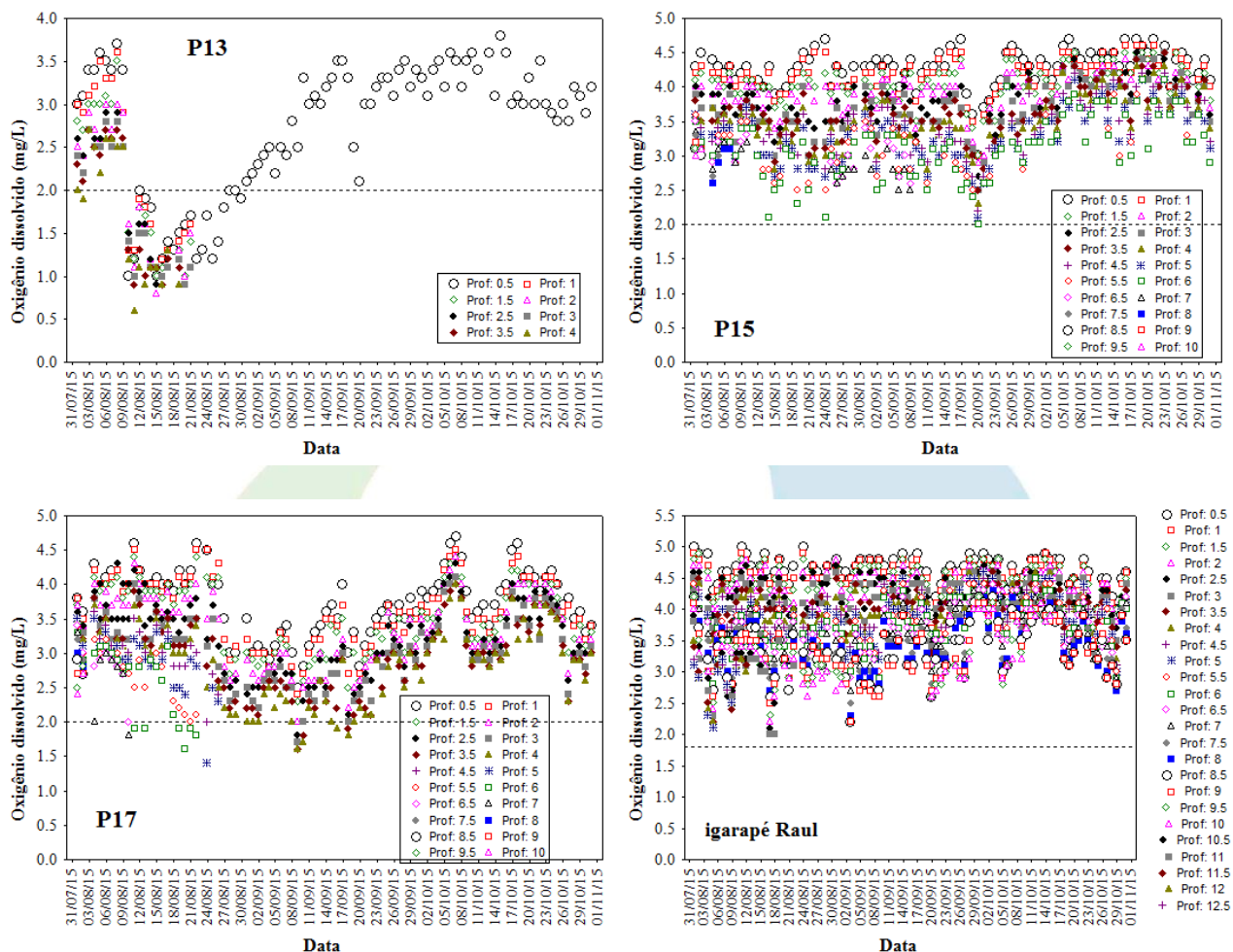
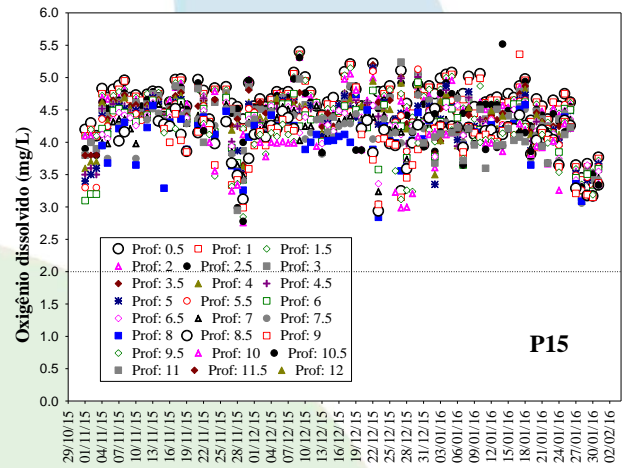
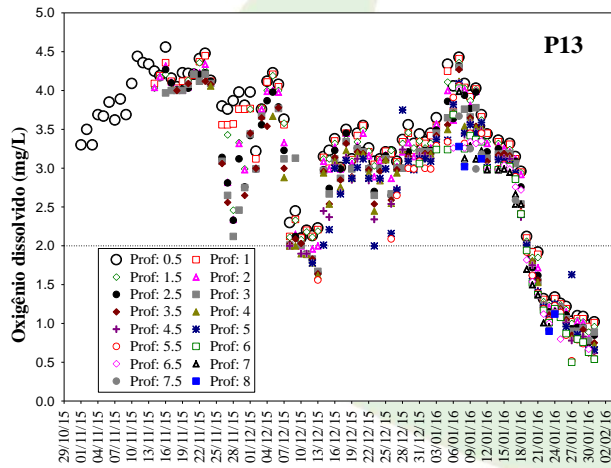
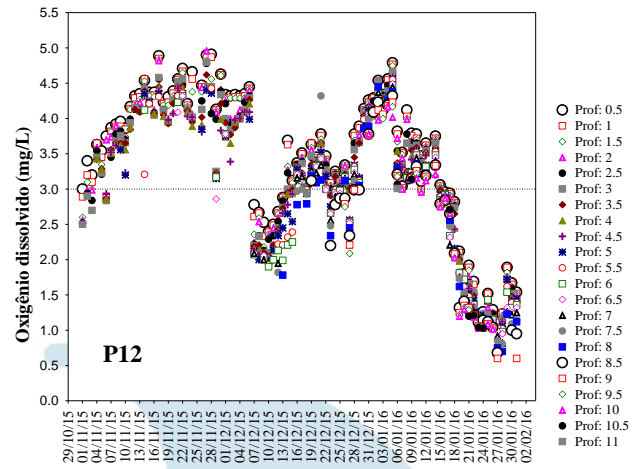
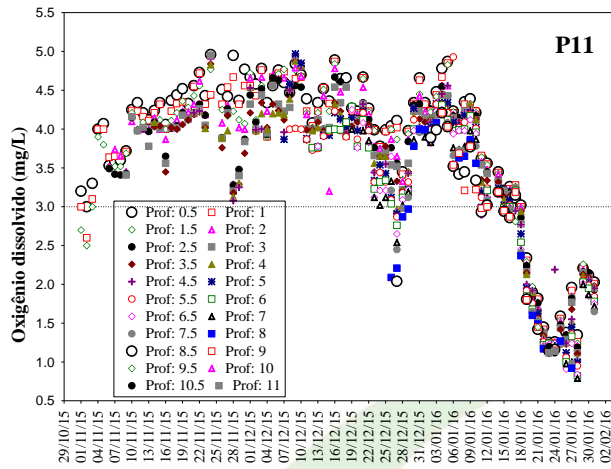


Figura 5-5 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas diariamente, entre agosto, setembro e outubro de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 cm de profundidade. A linha tracejada na horizontal representa os limites estabelecidos no Sistema de Alerta.



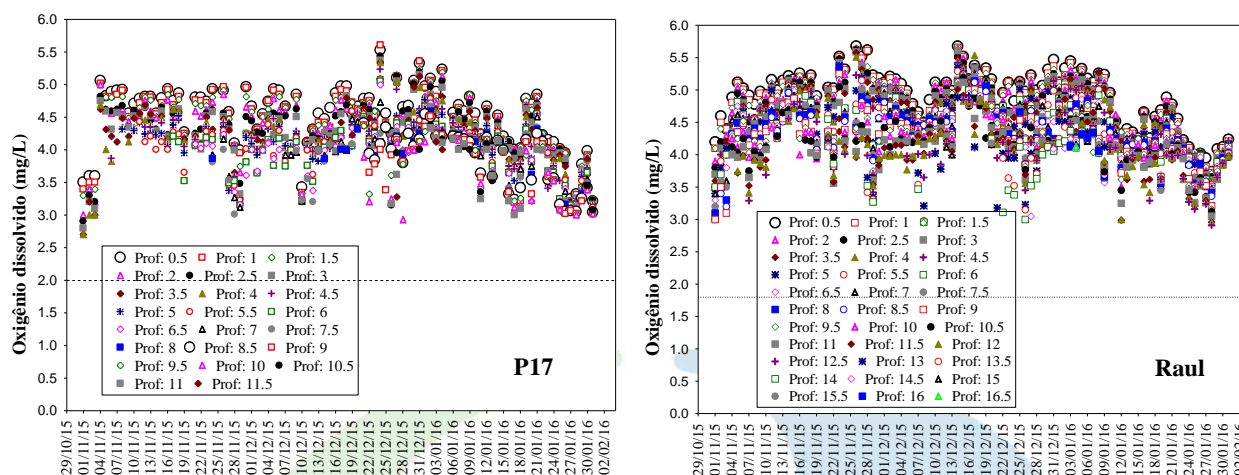


Figura 5-6 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas diariamente, nos meses de novembro e dezembro de 2015 e janeiro de 2016, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 cm de profundidade.

Durante o período de enchimento e pós-enchimento do reservatório, no trecho estudado, as menores concentrações de oxigênio foram mensuradas em abril de 2013 e em janeiro, fevereiro, março e abril de 2014 (**Quadro 5-2, Figuras 5-1 e 5-2**).

Quadro 5-2 - Concentrações médias de oxigênio dissolvido no trecho monitorado da UHE Jirau, entre outubro de 2012 e janeiro de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento).

MESES	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L)
Out/12	5,96
Nov/12	5,92
Dez/12	5,98
Jan/13	5,41
Fev/13	5,1
Mar/13	4,52
Abr/13	4,3



Mai/13	5,2
Jun/13	5,5
Jul/13	5,7
Ago/13	6,3
Set/13	5,44
Out/13	5,36
Nov/13	5,0
Dez/13	5,2
Jan/14	4,51
Fev/14	3,1
Mar/14	2,62
Abr/14	3,0
Mai/14	3,6
Jun/14	3,76
Jul/14	3,84
Ago/14	4,68
Set/14	4,72
Out/14	5,0
Nov/14	4,98
Dez/14	4,6
Jan/15	4,05
Fev/15	3,96
Mar/15	4,05
Abr/15	4,34
Mai/15	4,34
Jul/15	4,15
Out/15	4,14
Jan/16	3,64



Assim, como pode ser visualizado no gráfico de série temporal (**Figuras 5-1 e 5-2**), as concentrações de oxigênio dissolvido dos tributários sofreram os maiores decréscimos durante o período da cheia histórica do rio Madeira (início do ano de 2014). No entanto, foi observada, em todos esses ambientes, a recuperação nas concentrações desse gás durante o período de águas baixas, com um novo decréscimo ocorrendo a partir de dezembro de 2014 e posteriormente em janeiro de 2016. Assim, é inequívoca a influência da sazonalidade sobre as características limnológicas estudadas.

Considerando a **variação espacial**, entre setembro de 2009 e julho de 2012 (fase pré-enchimento), as maiores concentrações de oxigênio foram detectadas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 6,38 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 5,79 mg/L nos tributários). Entre outubro de 2012 e maio de 2014 (período de enchimento do reservatório) foi registrado um padrão similar de variação (média igual a 5,91 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 4,58 mg/L nos tributários), assim como observado nesses meses da fase pós-enchimento (entre junho de 2014 e janeiro de 2016) (média igual a 5,8 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 3,78 mg/L nos tributários). A maior turbulência no rio Madeira, quando comparado com os demais pontos monitorados, é um fator que pode explicar essas diferenças.

Na fase de enchimento, e nesse início da fase pós-enchimento não foi possível observar nenhum padrão atípico do que o que já vinha sendo registrado na fase pré-enchimento, considerando os valores de turbidez, cor, sólidos totais e sólidos suspensos. Os maiores valores de turbidez, sólidos suspensos e sólidos totais foram registrados em dezembro de 2012, janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro de 2013, em janeiro, fevereiro, março e dezembro de 2014 e em janeiro, fevereiro, março e abril de 2015 e janeiro de 2016 (período com maior precipitação pluviométrica na região) e nos pontos localizados no rio Madeira. Em maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2013, entre maio e outubro de 2014 e em maio e outubro de 2015, foi registrado um decréscimo nesses valores. Assim, pode-se afirmar que as variações observadas até o momento para as variáveis indicadoras de luminosidade subaquática, no trecho monitorado, são derivadas das variações sazonais ou das taxas pluviométricas na região.



Deve-se enfatizar, ainda, que os elevados valores de turbidez e material em suspensão no rio Madeira ao longo de todo o ano é uma característica natural desse ambiente. De maneira geral, os sólidos em suspensão no rio Madeira se originam nas formações terciárias dos Andes e recebem escoamento dos solos marginais ao longo de toda a extensão do rio (Seyler e Boaventura, 2001).

Entre setembro de 2009 e julho de 2012, durante a fase pré-enchimento, os maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, CO₂ total e carbono inorgânico foram registrados nos pontos localizados ao longo do rio Madeira. De maneira similar, na fase de enchimento e nessa fase pós-enchimento do reservatório (entre outubro de 2012 e janeiro de 2016) observou-se padrão similar de variação espacial, comparando com a fase pré-enchimento. Assim, pode-se afirmar que os pontos localizados no rio Madeira apresentaram as maiores concentrações de íons, incluindo íons carbonato e bicarbonato, tendo em vista os maiores valores de alcalinidade, dureza e condutividade elétrica, tanto na fase pré-enchimento como na fase de enchimento e pós-enchimento. As baixas concentrações de íons nos tributários devem-se as características naturais desses ambientes, que apresentam águas negras, pobres em íons e nutrientes (**Figura 5-7**).

Nos meses de monitoramento da fase de enchimento e nesses meses da fase pós-enchimento, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram as maiores concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e nitrato. Padrão similar de variação espacial também foi observado durante o período monitorado na fase pré-enchimento.

Deve-se enfatizar ainda que essas elevadas concentrações de fósforo total ao longo do trecho monitorado no rio Madeira (no período de águas baixas e, principalmente, no período de águas altas) (**Figura 5-7**) é resultado da elevada concentração de sólidos suspensos nesse rio, o que é uma característica natural desse ambiente.

De maneira geral, durante a fase do enchimento do reservatório, não houve alteração ao padrão de variação já registrado anteriormente para as concentrações de clorofila-*a*. De fato, baixas



concentrações de clorofila-*a* foram registradas entre outubro de 2012 e janeiro de 2016, indicando a baixa biomassa da comunidade fitoplanctônica no trecho monitorado. Assim, pode-se afirmar que não houve um incremento de biomassa de algas, durante a fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau. Pode-se destacar ainda as baixas concentrações de clorofila-*a* no ponto de captação da CAERD (valor inferior ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005; 30 µg/L), indicando, também, a baixa biomassa de algas nesse local, assim como em todo o trecho monitorado do rio Madeira (**Figura 5-8**). De fato, na maior parte dos meses monitorados, não foi detectada a presença de células de cianobactérias nesse local.

Em suma, considerando a variação espacial, entre setembro de 2009 e janeiro de 2016 (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório), foi possível observar uma clara distinção entre os pontos localizados no rio Madeira e àqueles situados nos tributários desse rio (**Figura 5-7**). A análise de componentes principais (PCA) demonstrou que, de fato, os pontos monitorados no rio Madeira apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, alcalinidade, dureza, carbono inorgânico dissolvido, fósforo total, orto-fosfato, nitrato e nitrogênio total Kjeldahl. Os resultados da análise de ordenação foram consistentes com as descrições univariadas dos dados (**Figura 5-7**).

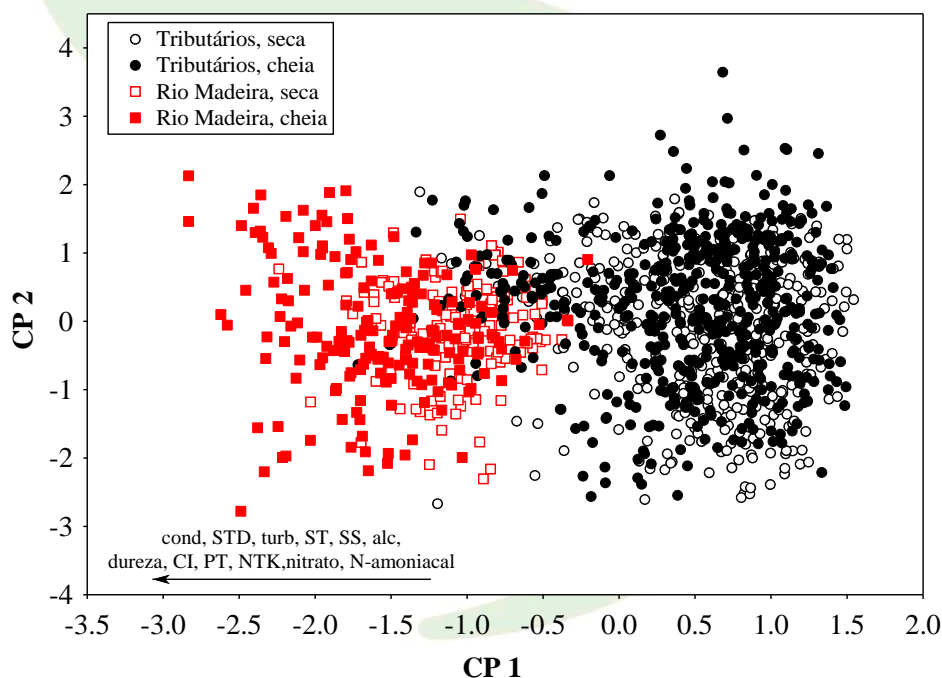
Além disso, considerando as características limnológicas analisadas, foi possível observar a ausência de alterações significativas entre as fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau (**Figura 5-7**).

De maneira geral, considerando a **variabilidade temporal**, não houve diferença significativa (para os parâmetros limnológicos analisados) entre as fases do monitoramento (fases pré-enchimento, enchimento e início da fase pós-enchimento - sobreposição dos pontos). Por outro lado, a análise multivariada deixa clara a diferenciação espacial, ou seja, entre os pontos localizados no rio Madeira e àquele situados nos tributários (em todas as fases do estudo) (**Figura 5-7**).



Considerando a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, para o sistema em estudo, grande parte do trecho monitorado, durante o período de pré-enchimento, enchimento e nessa fase pós-enchimento do reservatório, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida Resolução. Os seguintes desvios foram frequentemente observados: concentração de oxigênio dissolvido inferior a 5,0 mg/L, principalmente nos tributários; valores de pH inferiores a 6,0 em alguns tributários monitorados; valores de turbidez superiores a 100 NTU nos pontos localizados no rio Madeira/Mamoré; e concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L nos pontos localizados no rio Madeira/Mamoré.

Além disso, é importante ressaltar que, entre setembro de 2009 e janeiro de 2016, as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), cloreto, sulfato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, DBO₅ e clorofila-*a* foram significativamente inferiores aos limites preconizados pela referida resolução em todos os meses de coleta.



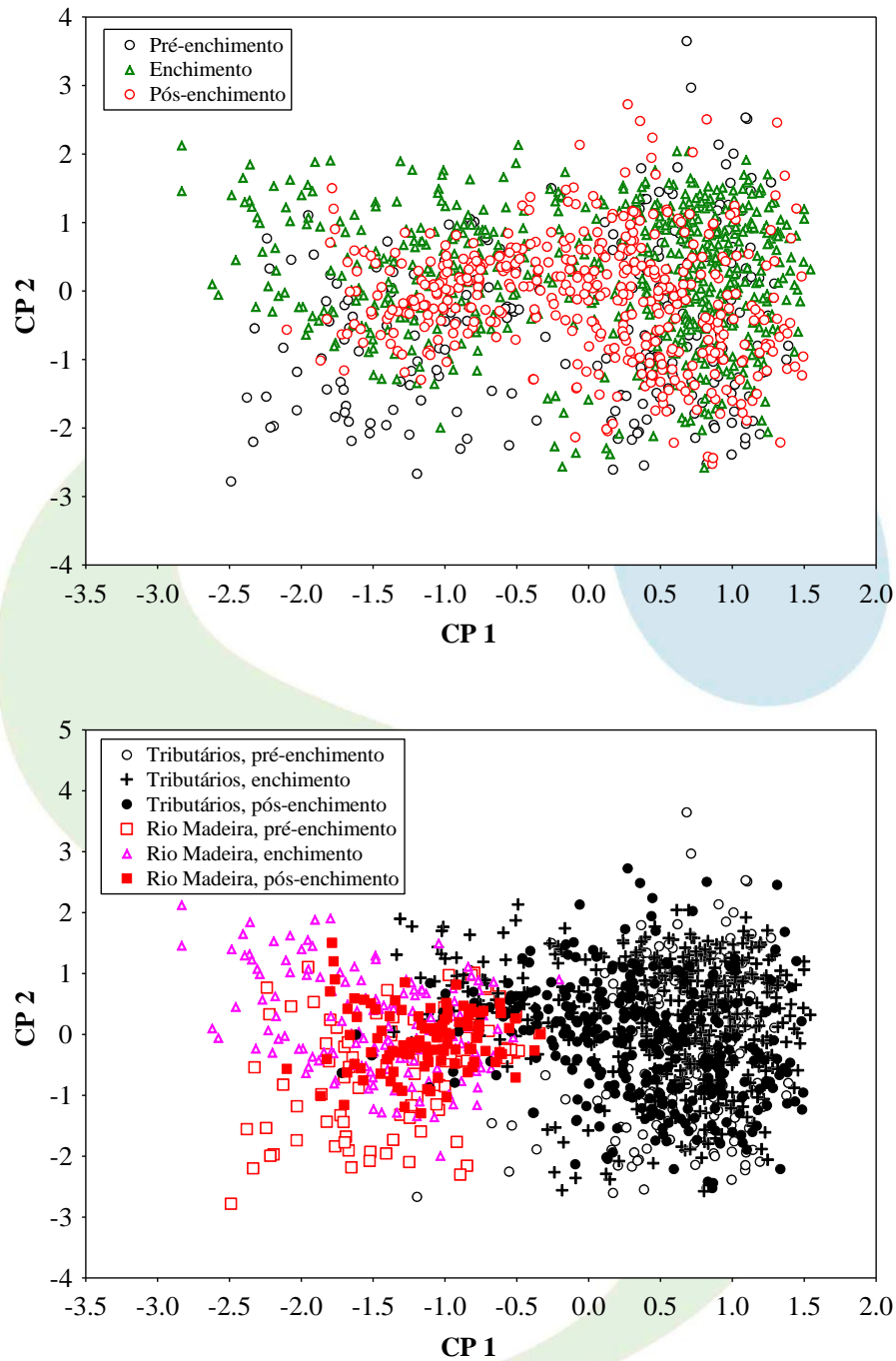


Figura 5-7 - Escores dos pontos de monitoramento obtidos com o uso de uma análise de componentes principais. Cond= condutividade elétrica; STD=sólidos totais dissolvidos; SS=sólidos suspensos totais; ST=sólidos totais; CI= carbono inorgânico dissolvido; PT= fósforo total; NTK=nitrogênio total Kjeldahl; alc=alcalinidade.

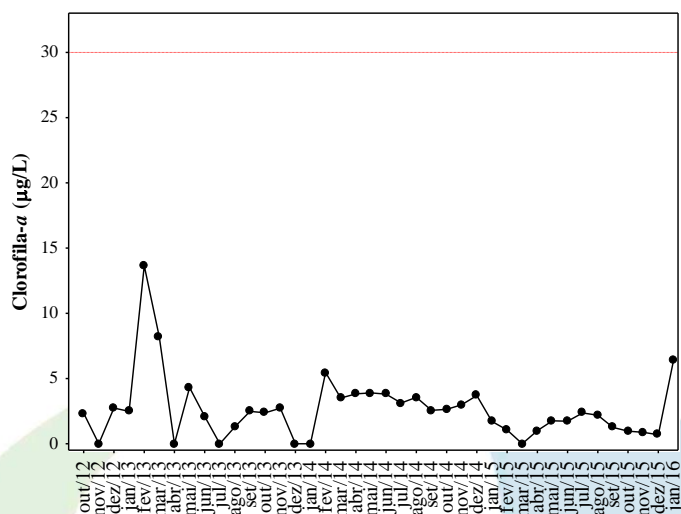


Figura 5-8 - Concentrações de clorofila-*a* mensuradas na fase de enchimento (entre outubro de 2012 e maio de 2014) e pós-enchimento do reservatório (entre junho de 2014 e janeiro de 2016), no ponto de captação de água para consumo, localizado a jusante da barragem da UHE Jirau.

Ao longo de todo o período de estudo, os maiores valores de IQA foram obtidos nos pontos localizados nos tributários. Como discutido em relatórios anteriores, os menores valores de IQA registrados no rio Madeira, resultam dos maiores valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total no trecho monitorado da UHE Jirau (**Figura 5-9**). No entanto, ressalta-se que tais resultados devem ser vistos com cautela, tendo em vista que isso não indica problemas de qualidade da água no rio Madeira, considerando que esse é um rio que naturalmente apresenta elevadas concentrações de sólidos suspensos e, conseqüentemente, elevadas concentrações de fósforo total.

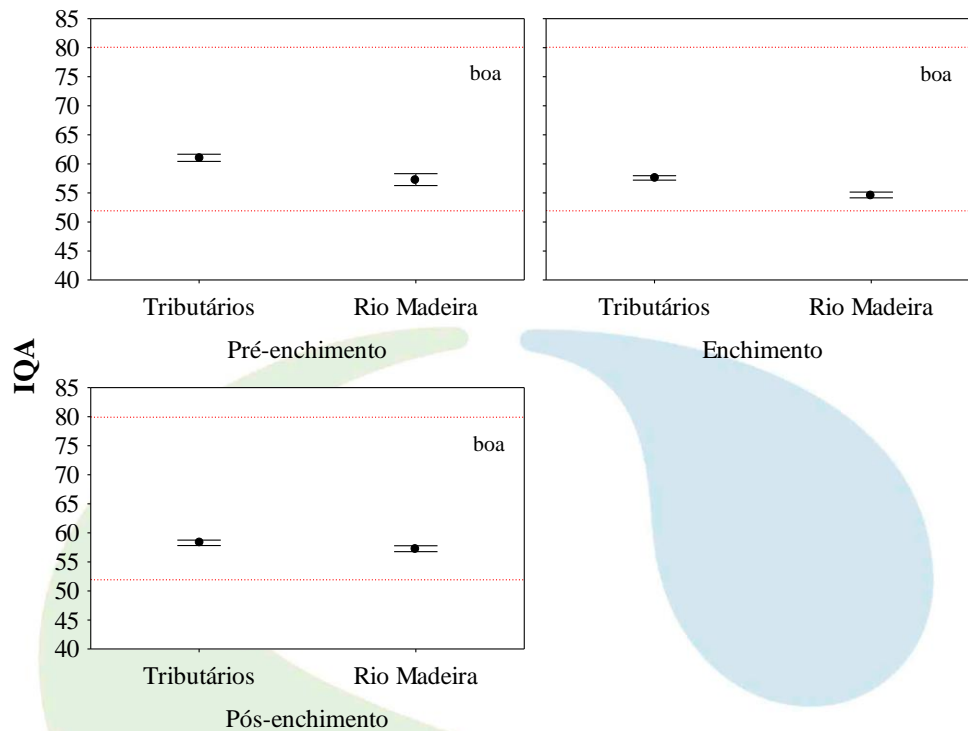


Figura 5-9 - Valores médios de IQA mensurados na fase pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau. Tais valores indicam a “boa qualidade” da água ao longo do trecho monitorado.

De acordo com o Índice do Estado Trófico (IET), em todas as fases do empreendimento (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento, os maiores valores do IET foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira, tendo em vista as maiores concentrações de fósforo total nesses ambientes (**Figura 5-10**). Assim como discutido para os valores de IQA, esses resultados devem ser vistos com cautela, tendo em vista que isso não indica problemas de qualidade da água no rio Madeira. A ausência de florações de algas nesse rio (e baixas concentrações de clorofila-*a*) indica também que esse ambiente não está sofrendo problemas com eutrofização.

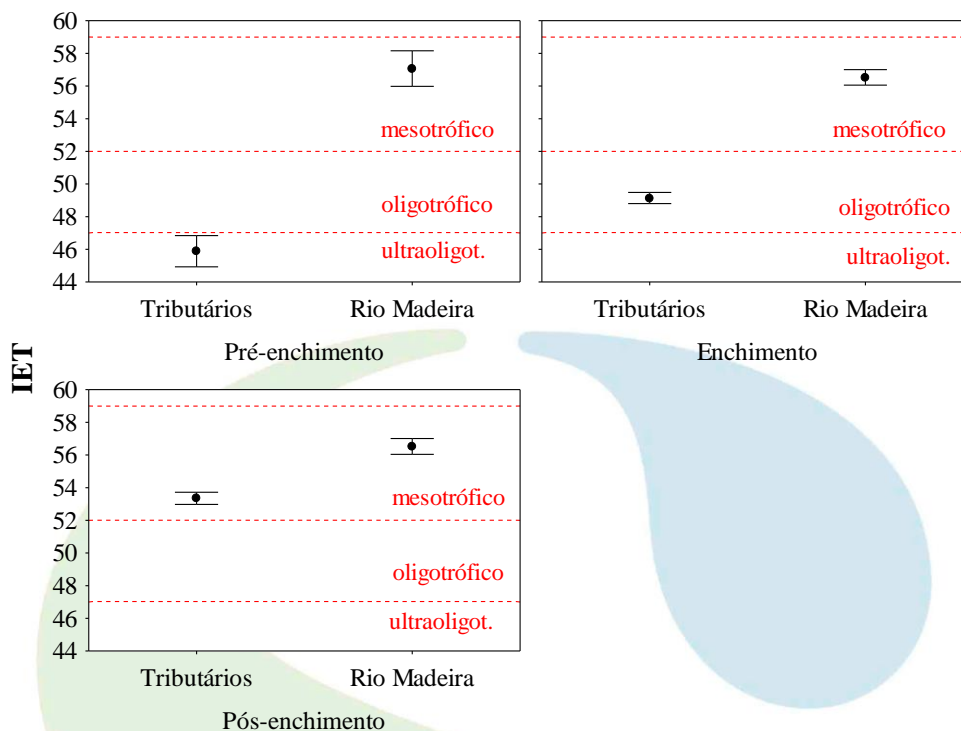
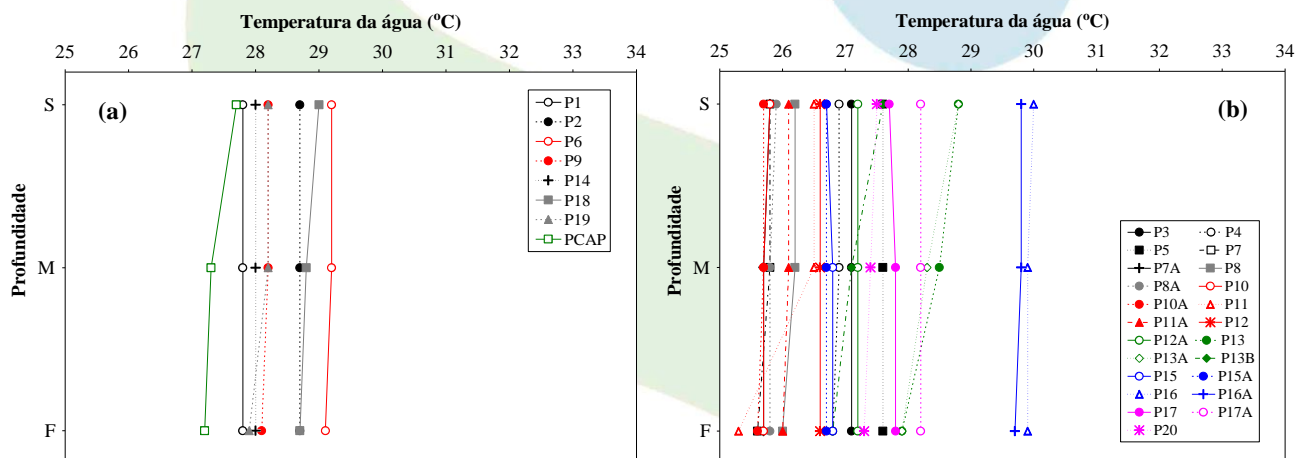


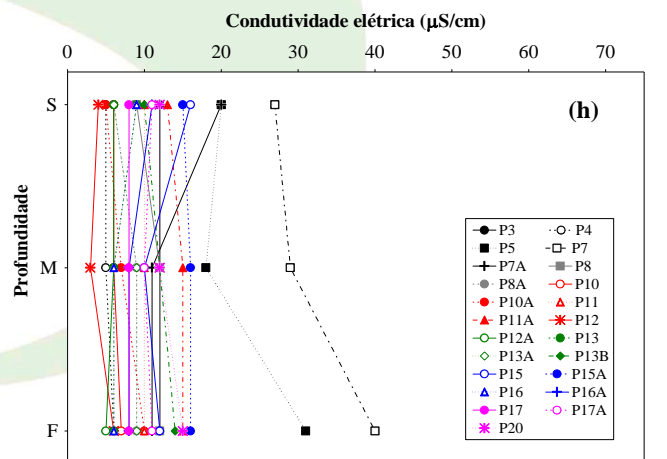
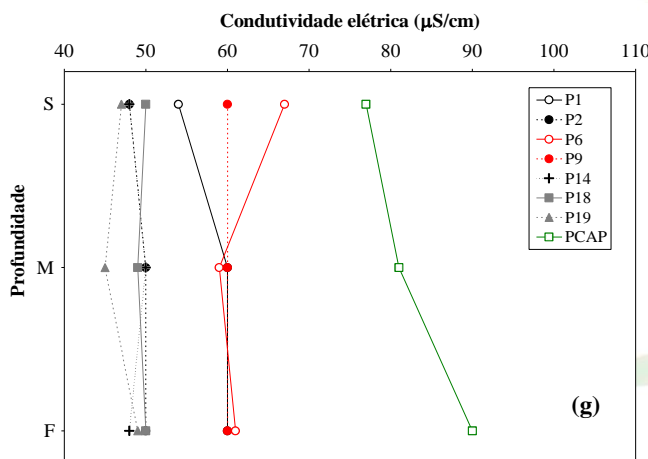
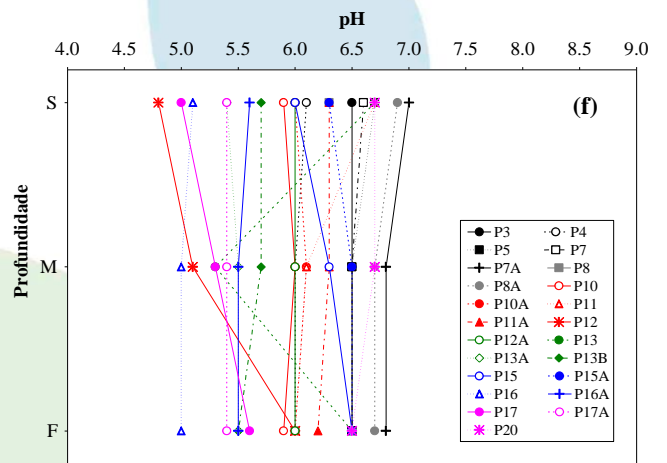
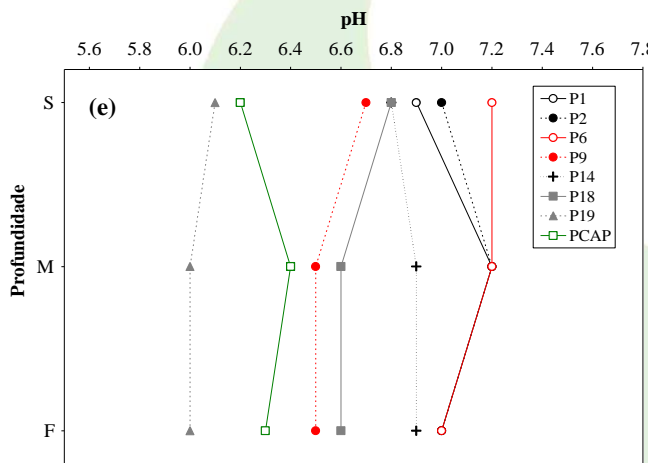
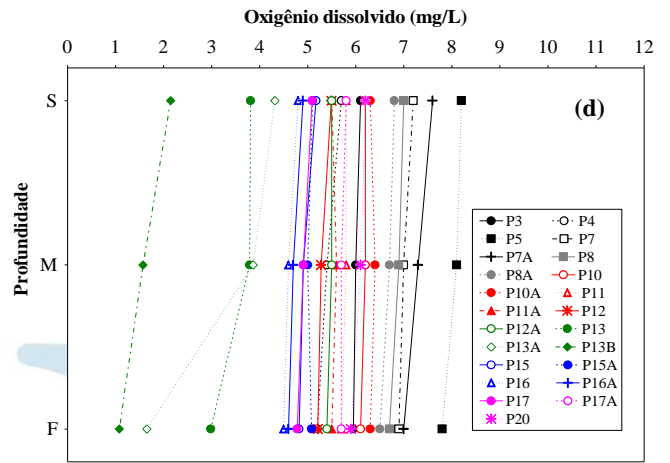
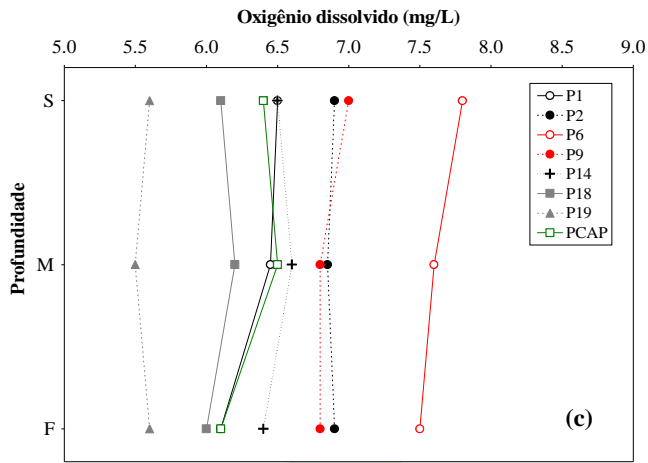
Figura 5-10 - Valores de IET registrados nas fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento, nos pontos localizados no rio Madeira e nos tributários, na área de influência do reservatório da UHE Jirau.

Considerando a **análise do perfil vertical** de todos os pontos monitorados (monitoramento realizado em todas as estações de coleta, incluindo tributários e rio Madeira, desde o início da fase de enchimento), foi possível observar pequenas diferenças entre as 03 (três) profundidades de coleta, considerando os parâmetros analisados em todos os locais de estudo. As maiores diferenças registradas foram observadas entre os locais e não entre as profundidades, principalmente considerando os pontos localizados no rio Madeira e àqueles localizados nos tributários (exemplo nas **Figuras 5-11 a 5-14**). Em suma, a ausência de variação vertical dos parâmetros limnológicos analisados em todos os pontos de coleta durante as campanhas, indicam a ausência de estratificação térmica e química da coluna da água. Durante a fase pré-enchimento e enchimento do reservatório,

resultados similares foram registrados, não sendo observada diferença significativa entre as 03 (três) profundidades de coleta, considerando todos os parâmetros estudados, tanto no ponto P18-MAD 5, localizado no rio Madeira, quanto nos pontos localizados nos tributários (quando o perfil vertical foi realizado durante o período de águas altas, na fase pré-enchimento).

O monitoramento diário realizado em 6 tributários, indicou que em alguns meses, como por exemplo, em dezembro de 2014, janeiro e fevereiro de 2015, observou-se estratificação da coluna da água em alguns dias e desestratificação em outros, o que é bem característico de ambientes tropicais (dias mais quentes podem resultar em estratificação da coluna da água) (Esteves, 2011). Além disso, esses períodos de estratificação foram observados nos tributários mais profundos, como por exemplo, no igarapé Jirau, São Lourenço e igarapé Raul.





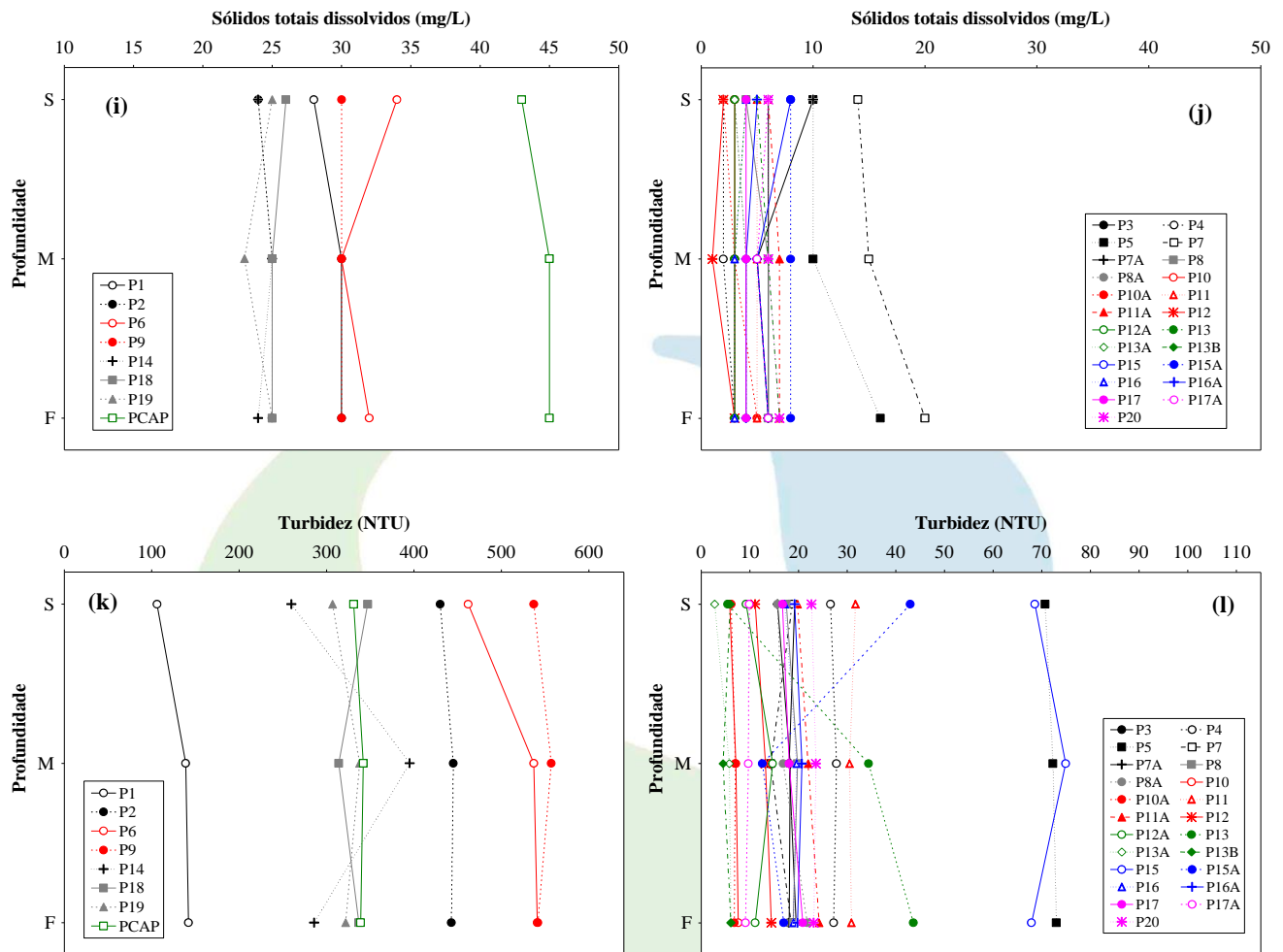
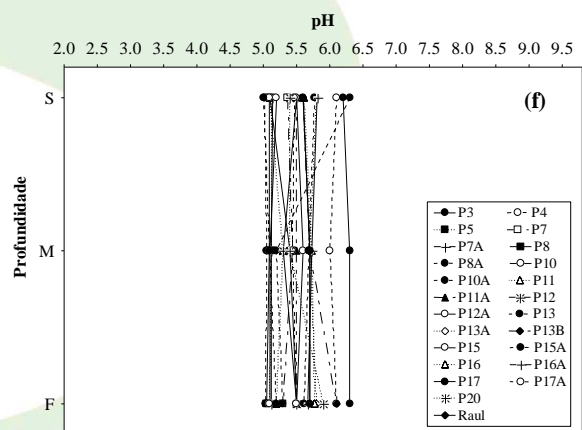
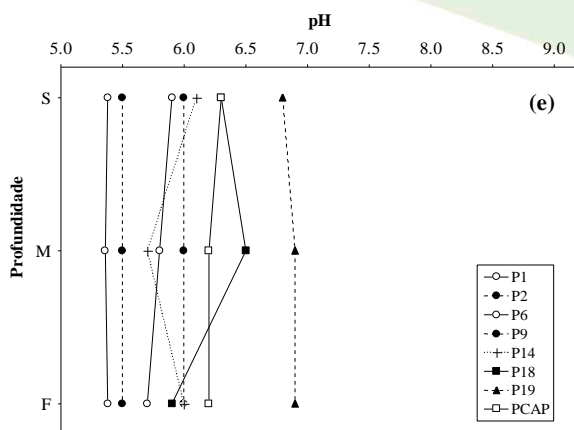
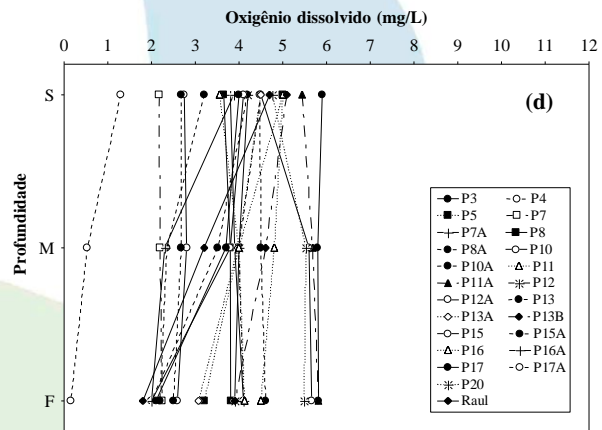
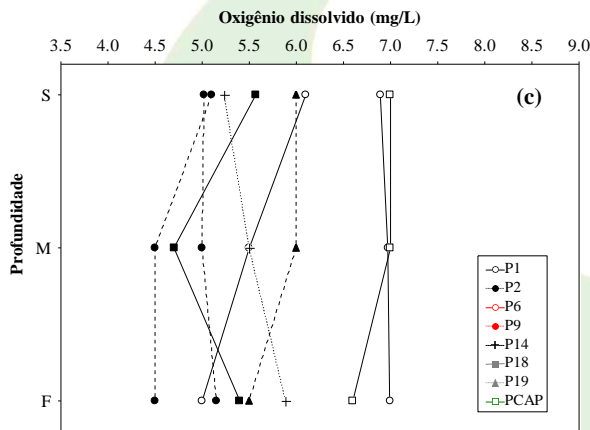
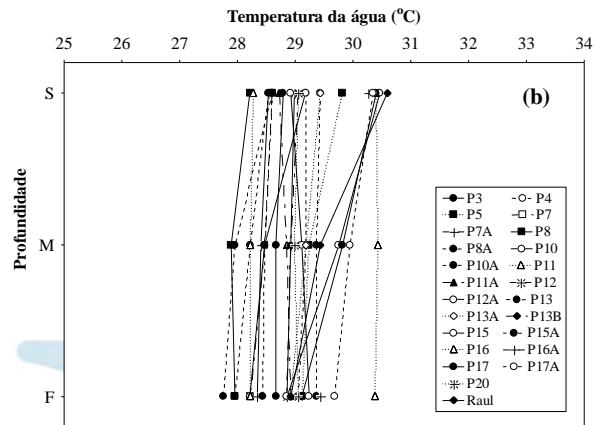
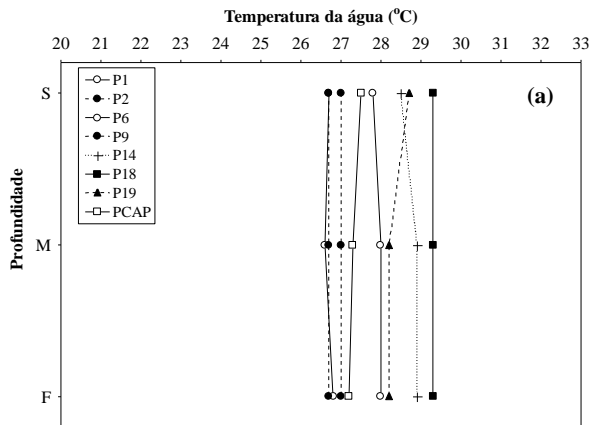


Figura 5-11 - Análise do perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos em todas as estações de coleta, no trecho monitorado da UHE Jirau, em novembro de 2012.



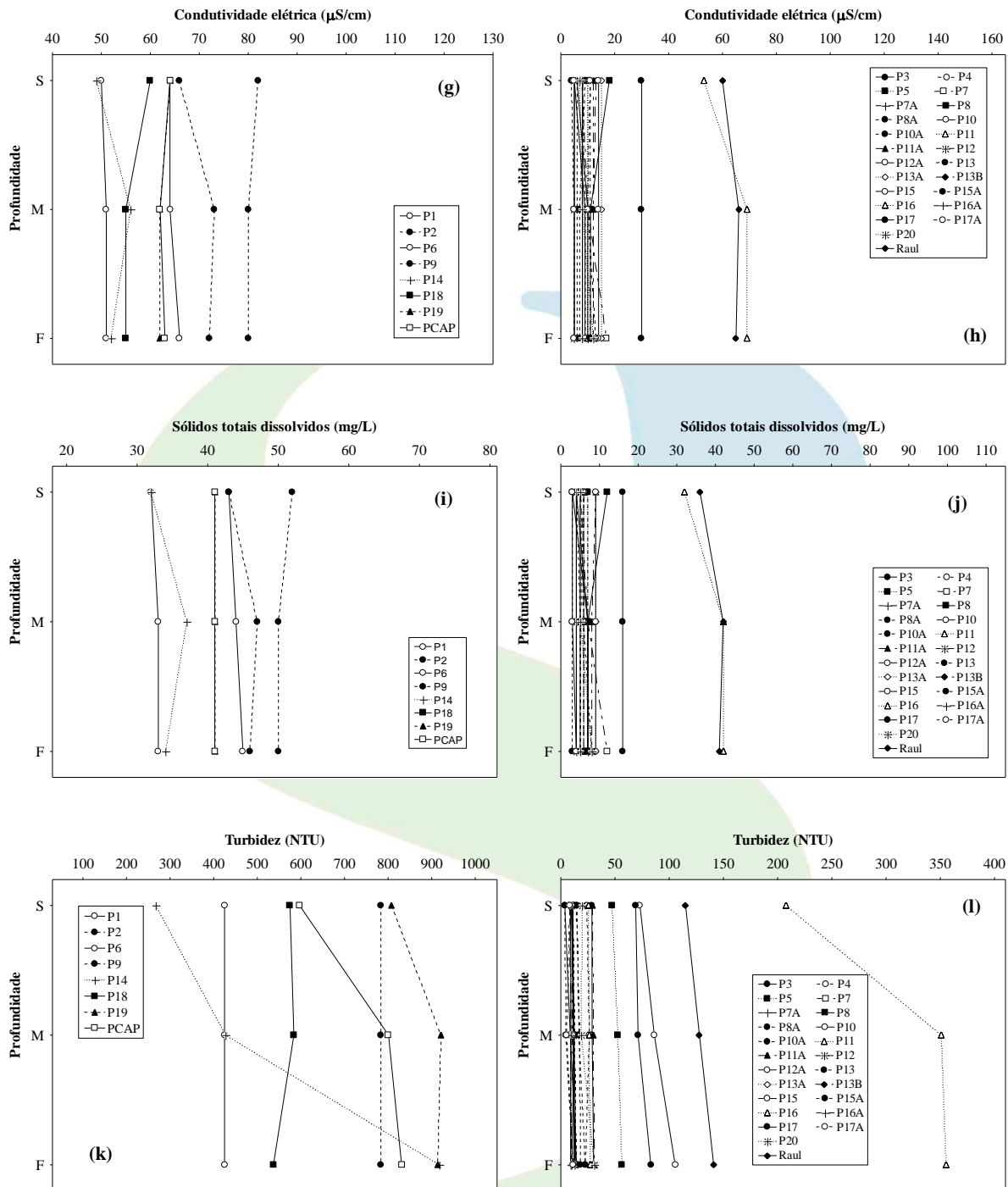
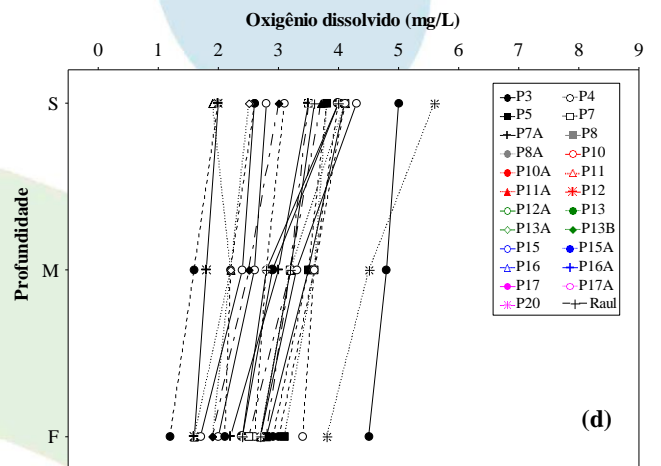
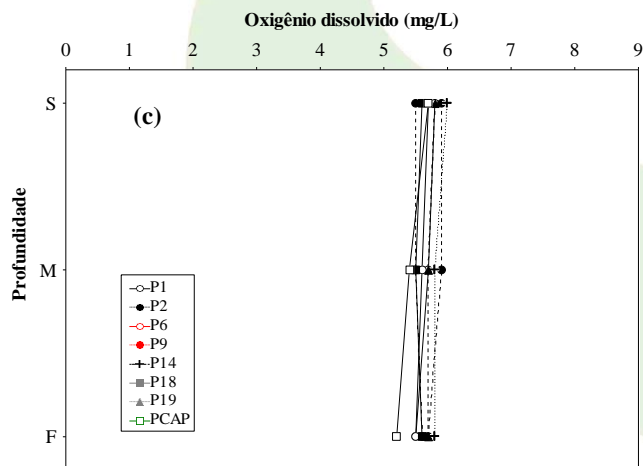
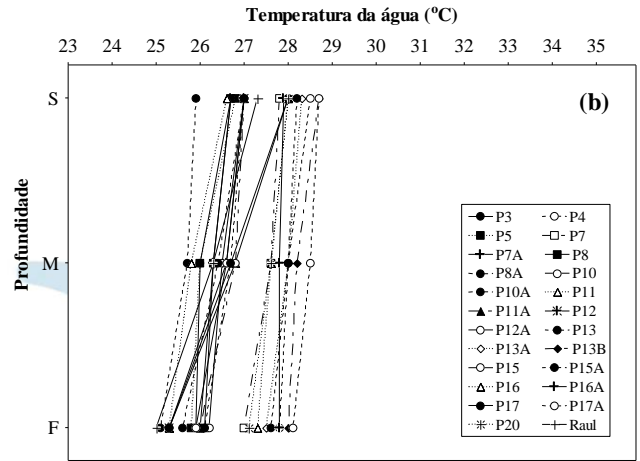
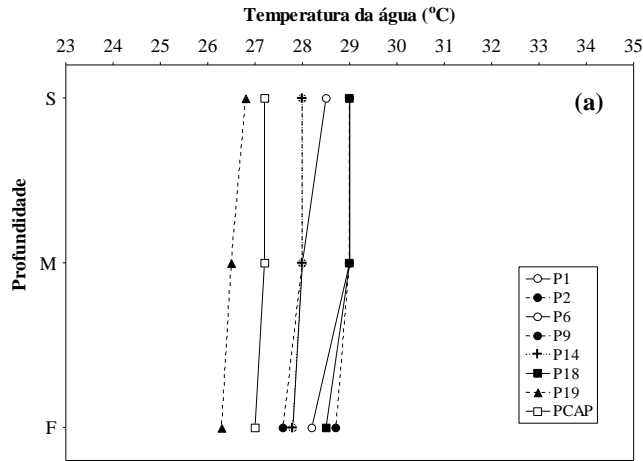
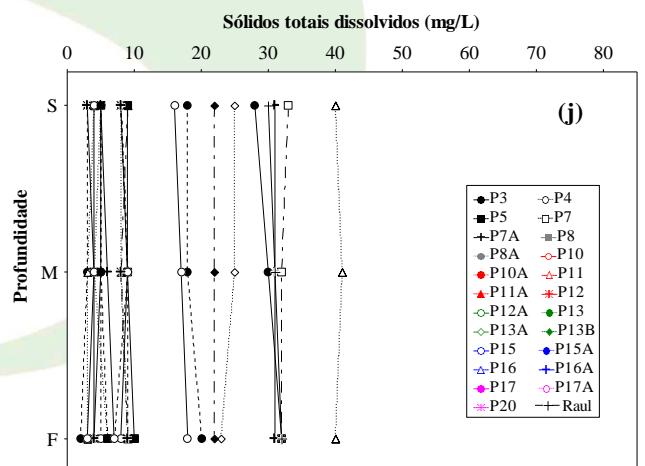
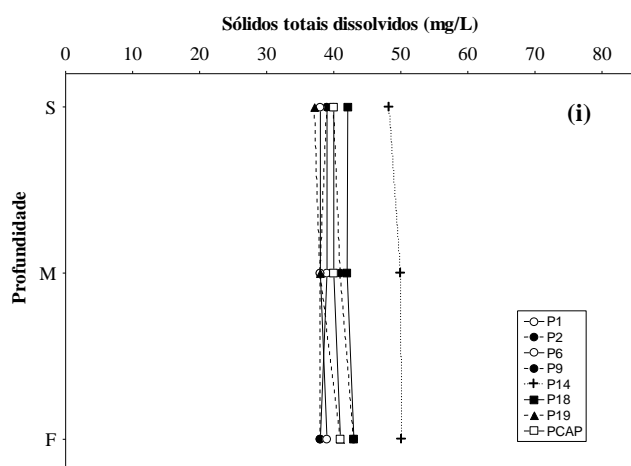
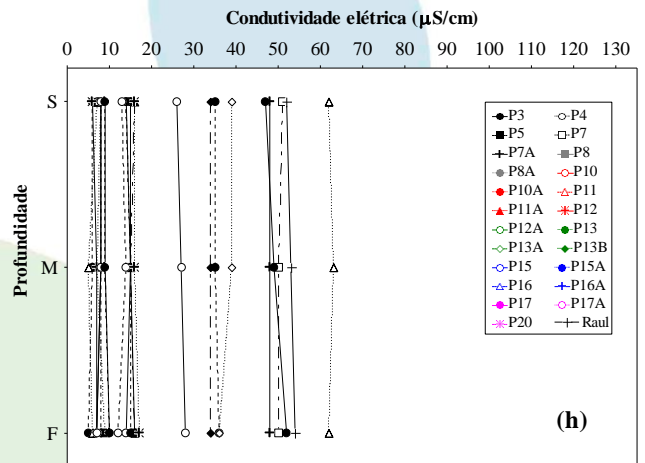
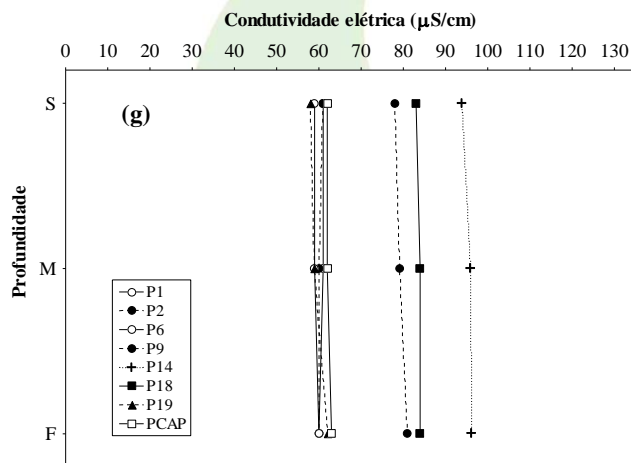
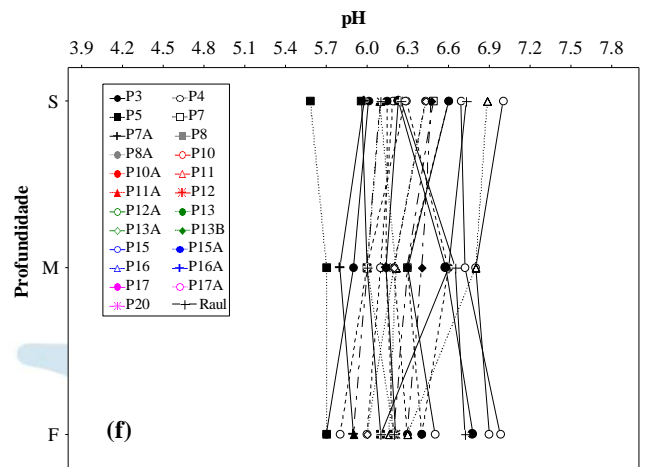
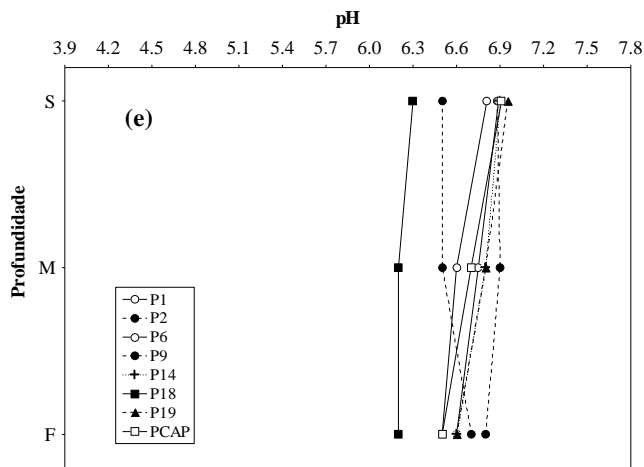


Figura 5-12 - Análise do perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos em todas as estações de coleta, no trecho monitorado da UHE Jirau, em janeiro de 2014.





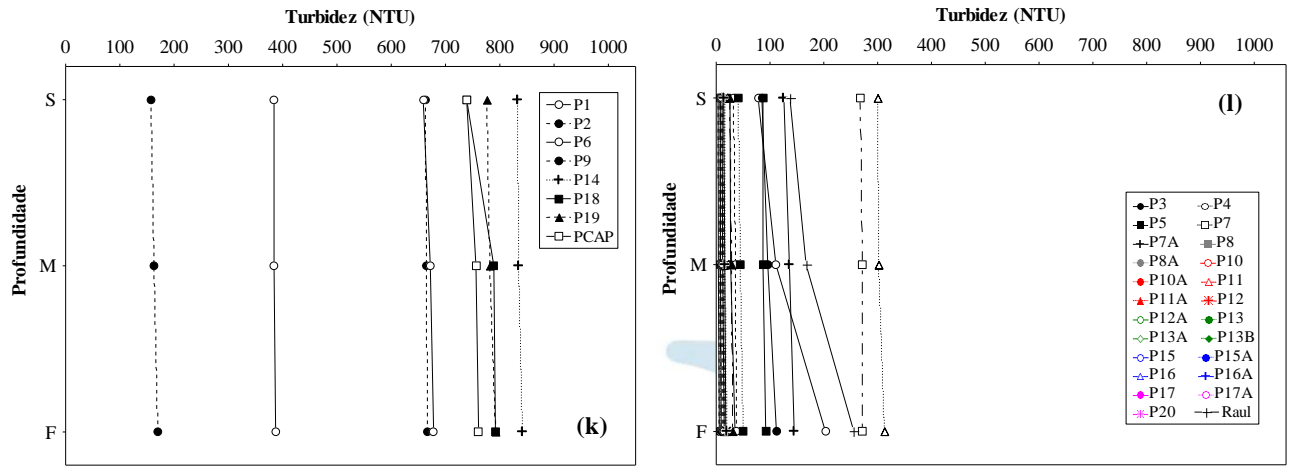
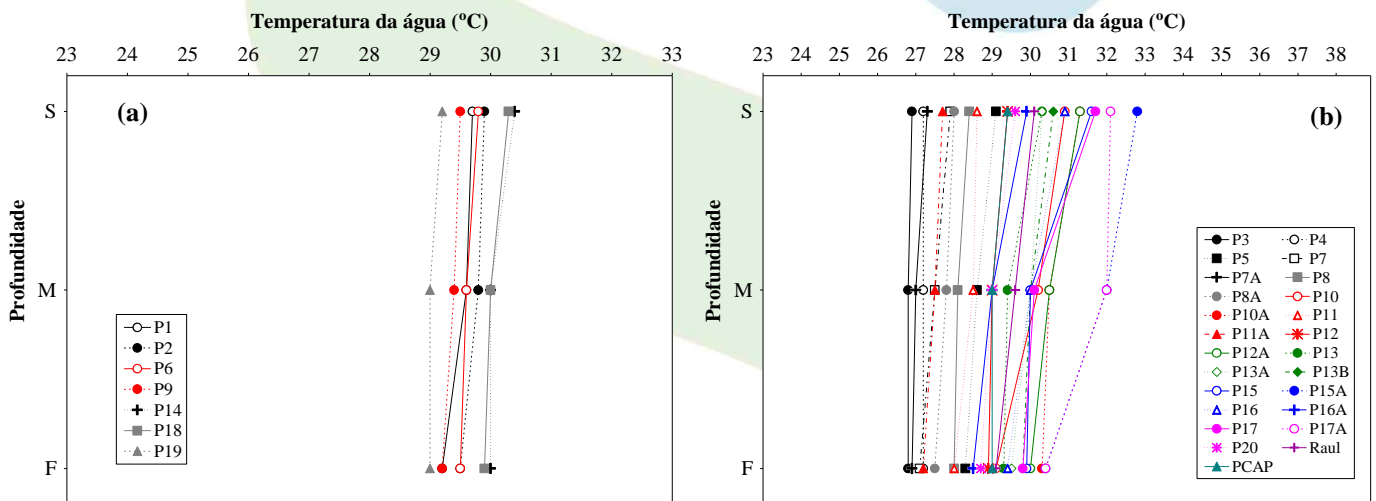
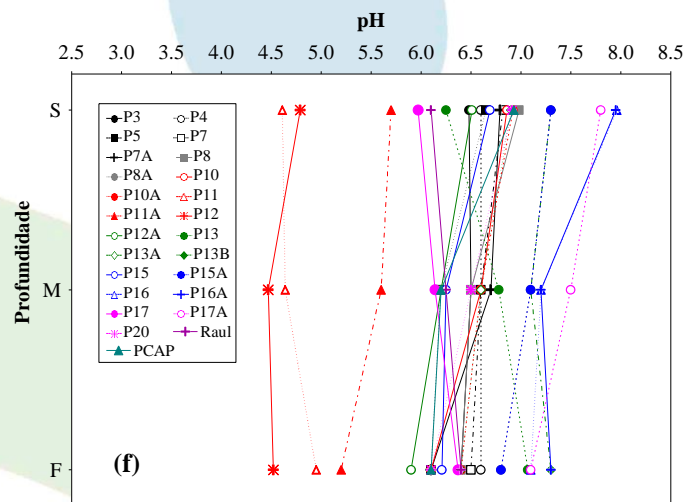
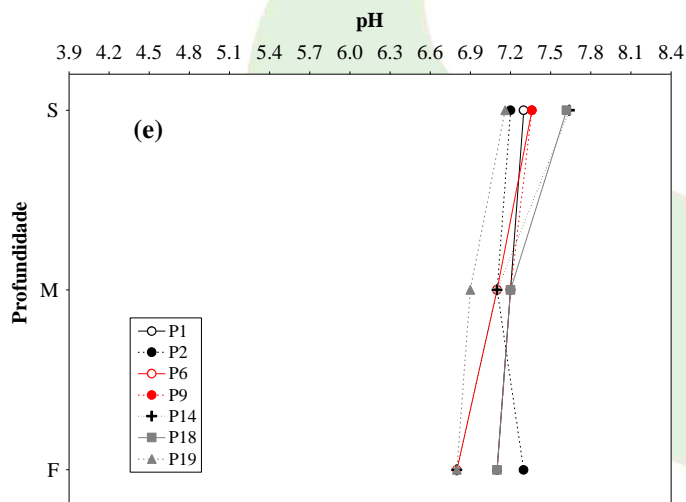
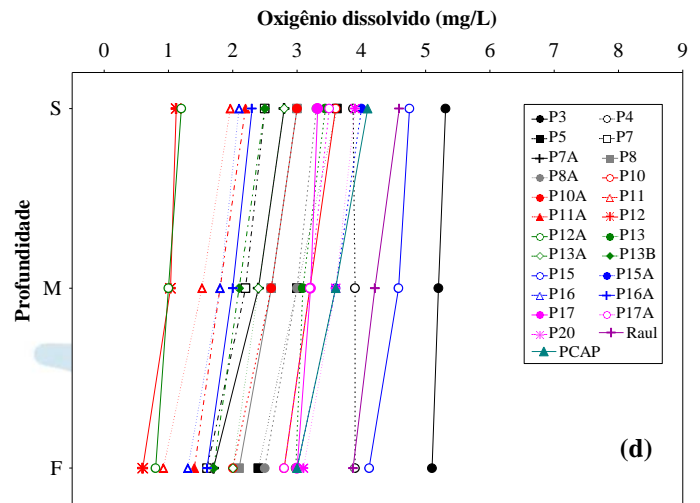
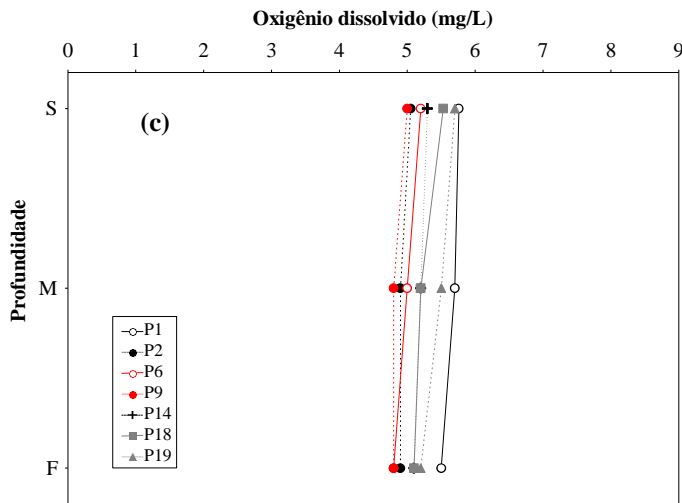
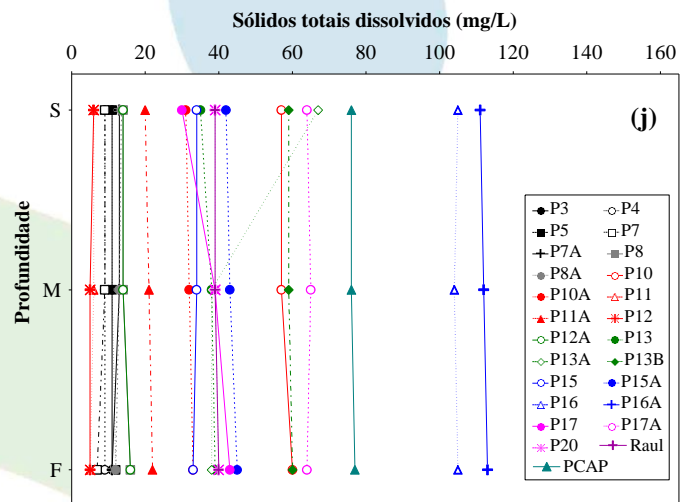
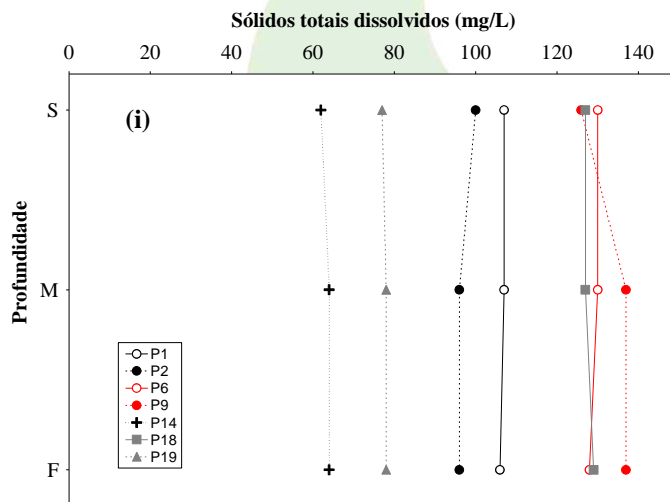
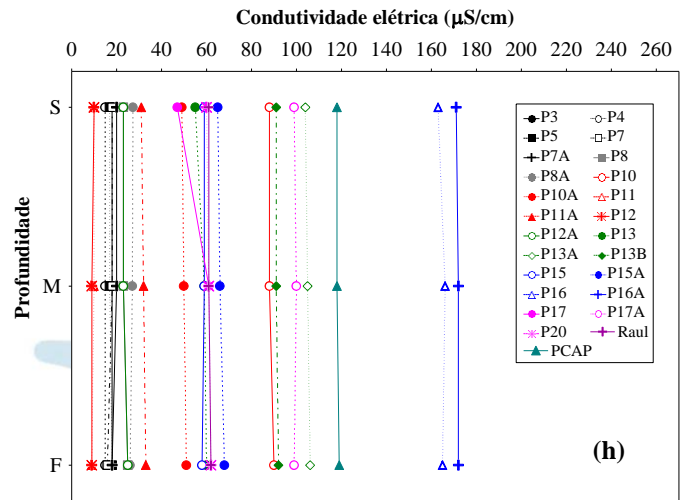
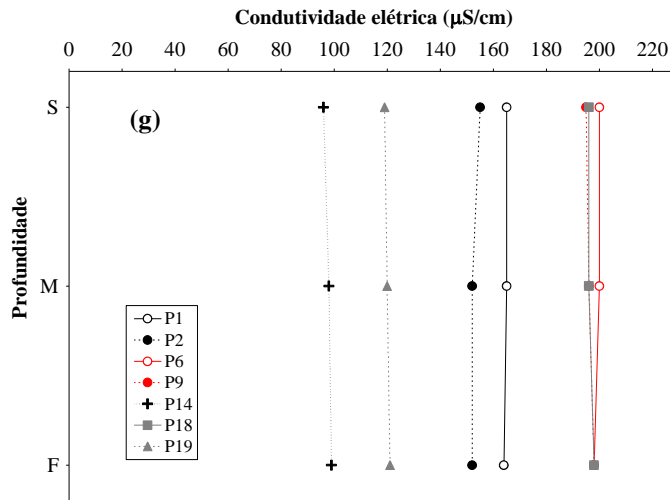


Figura 5-13 - Análise do perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos em todas as estações de coleta, no trecho monitorado da UHE Jirau, em março de 2015.







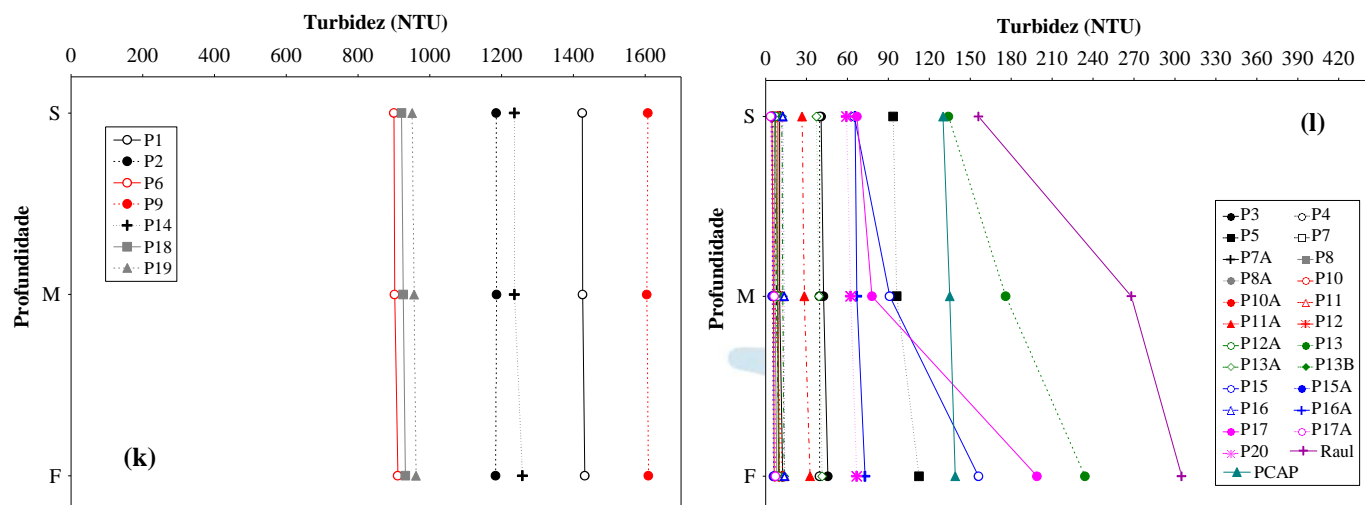


Figura 5-14 - Análise do perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos em todas as estações de coleta, no trecho monitorado da UHE Jirau, em janeiro de 2016.

5.1.2 Comunidades Biológicas

No presente relatório, são apresentados os resultados obtidos na fase pré-enchimento (entre outubro de 2012 e maio de 2014) e nessa fase atual pós-enchimento do reservatório (entre junho de 2014 e janeiro de 2016). Durante todo o período de estudo, foi avaliada a estrutura e a dinâmica das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas, na área de influência do reservatório da UHE Jirau.

Fitoplâncton

Composição

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência da UHE Jirau apresentou alta diversidade gama. Maior número médio de táxons foi registrado nas fases de enchimento (195



táxons) e pós-enchimento (192 táxons), quando comparados a fase de pré-enchimento (170 táxons) (**Quadro 5-3**).

As clorofíceas apresentaram maior contribuição no período de estudo, seguido pelas bacilariofíceas (diatomáceas). Estes grupos são frequentes em rios (BORTOLINI et al, 2016) e reservatórios (TRAIN et al., 2005; BORGES et al., 2008; RODRIGUES et al., 2005), foi o grupo melhor representado. As bacilariofíceas adaptadas a sistemas lóticos e tolerantes a alta turbidez (DESCY et al., 2012) constituíram o segundo grupo melhor representado. Euglenophyceae foi o terceiro grupo com maior número de táxons (**Quadro 5-3**), provavelmente favorecido pelo alto aporte de matéria orgânica, principalmente nos tributários.



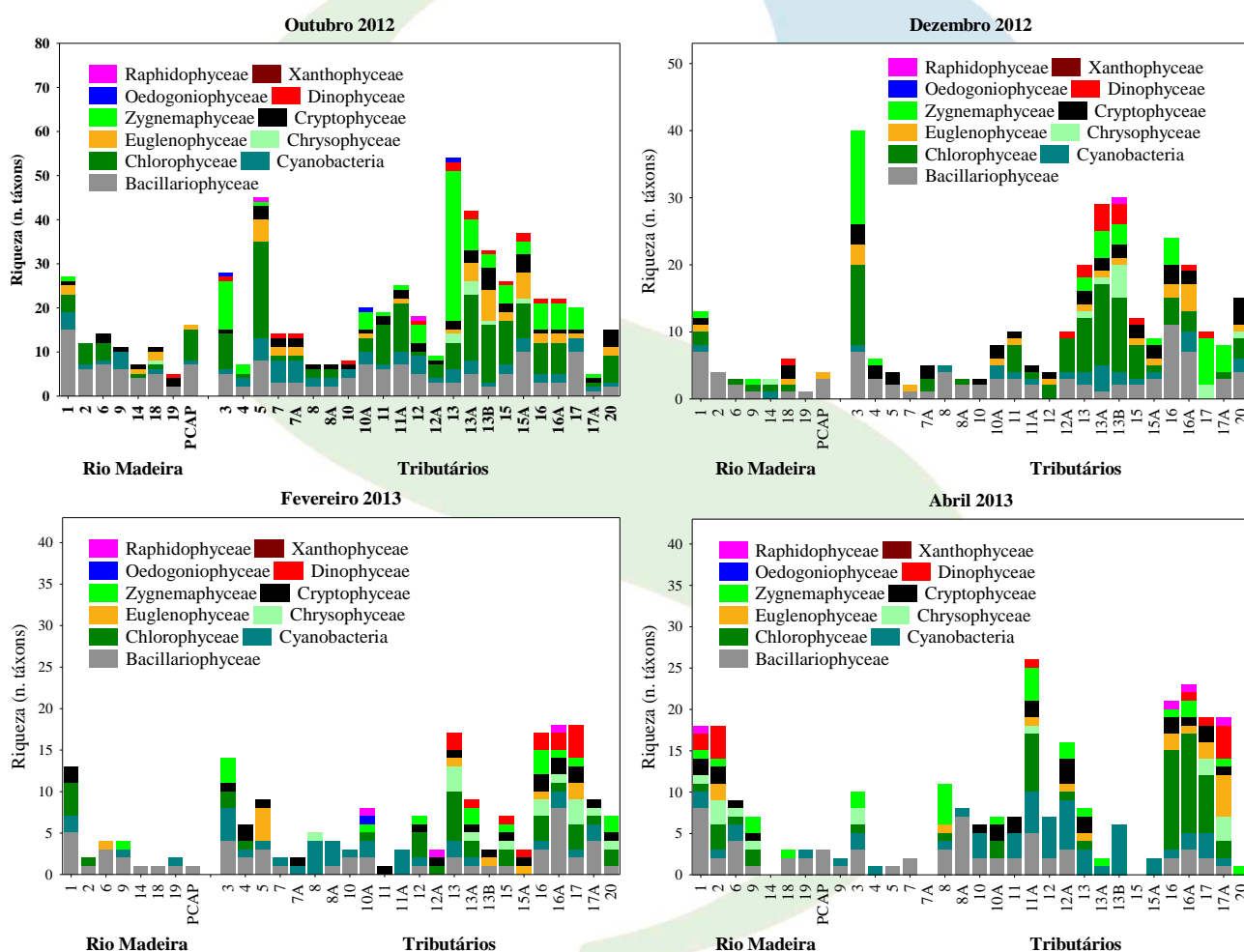
Quadro 5-3 - Composição fitoplanctônica na área de influência da UHE Jirau, durante o período de estudo.

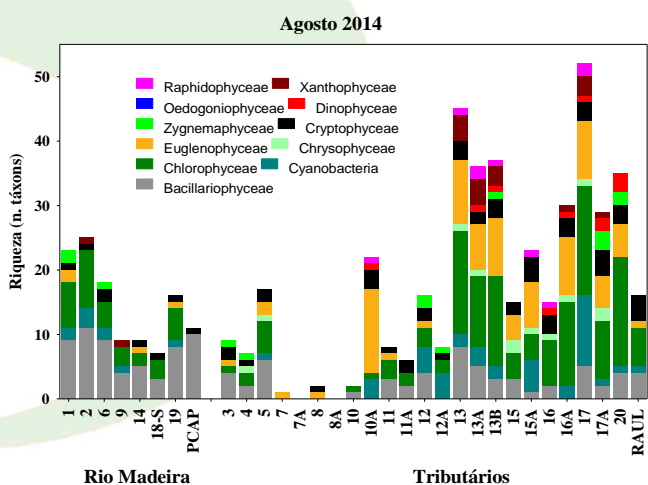
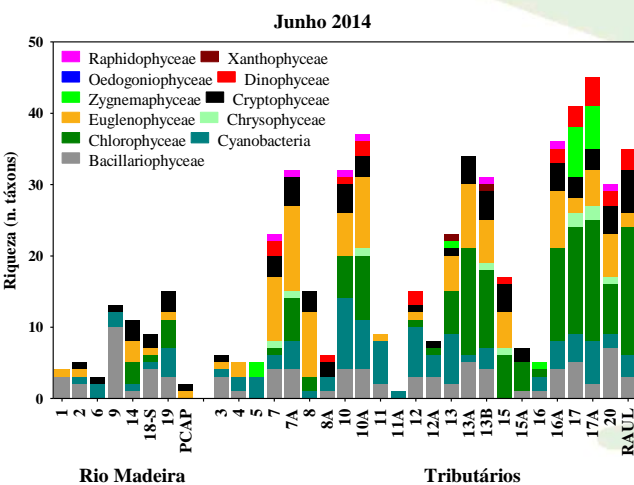
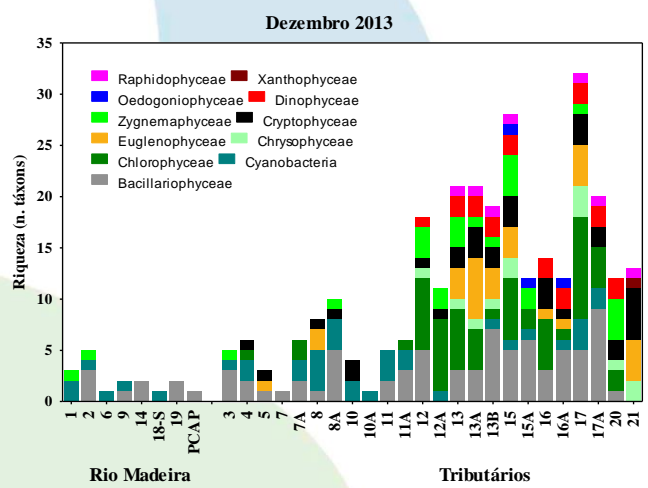
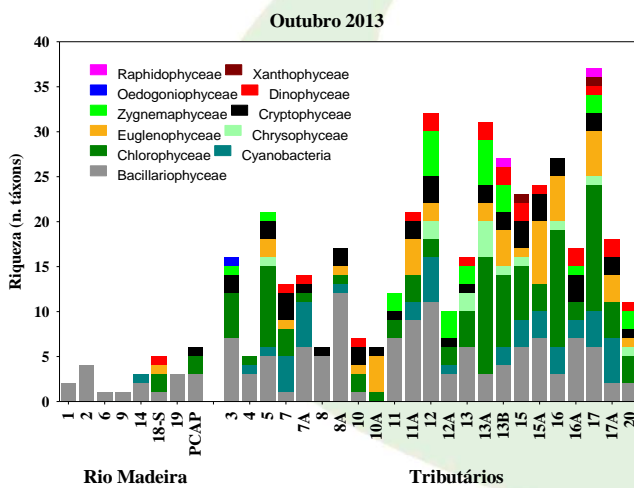
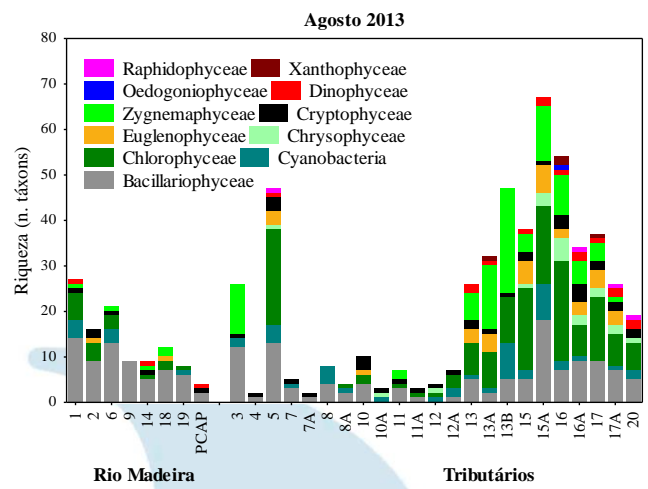
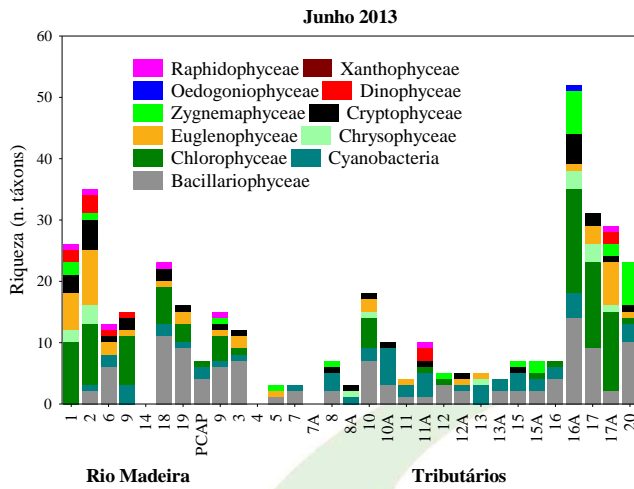
Fase	Pré-enchimento												Enchimento								Pós-enchimento										
Ano	2009	2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016					
Mês	Out	Jan	Ab	Jul	Out	Jan	Ab	Jul	Out	Jan	Ab	Jul	Out	Dez	Fev	Ab	Ju	Ag	Out	Dez	Fev	Ab	Ju	Ag	Out	Dez	Fev	Ab	Jul	Out	Jan
Bacillariophyceae	46	34	35	35	44	45	42	43	52	41	48	36	59	39	26	43	48	62	48	39	12	29	33	42	43	41	31	40	39	41	30
Cyanobacteria	19	17	23	18	29	30	41	23	37	25	46	21	38	18	21	40	34	33	20	21	14	25	30	29	15	16	20	25	21	22	25
Chlorophyceae	58	26	23	41	51	36	24	41	72	27	33	33	79	40	22	50	50	81	50	30	10	47	49	72	55	40	32	54	59	69	70
Chrysophyceae	3	5	5	4	4	6	8	6	5	6	7	5	6	7	5	9	8	6	6	7	4	5	4	6	6	5	5	6	5	4	5
Euglenophyceae	11	13	10	7	10	10	10	9	14	18	9	9	28	13	8	30	23	26	19	16	15	24	39	43	22	19	27	34	43	26	29
Cryptophyceae	4	6	5	3	5	6	5	5	6	4	5	5	6	5	4	8	6	8	6	5	6	9	10	9	3	5	6	7	7	5	4
Zygnemaphyceae	38	42	12	18	32	55	39	26	63	24	41	30	93	65	13	27	37	85	48	37	6	13	19	21	16	20	34	46	15	23	24
Dinophyceae	2	3	2	1	2	7	4	2	3	3	4	2	4	6	6	9	7	4	2	3	1	2	8	7	2	3	4	4	5	3	2
Oedogoniophyceae	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Xanthophyceae	3	0	0	4	1	0	0	0	3	0	2	0	0	1	0	1	1	3	1	3	0	0	1	9	5	0	3	2	1	3	1
Rhodophyceae	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raphidophyceae	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	3	1	1	1	2	3	1	1
Total	187	14	11	13	17	19	17	15	25	14	19	14	31	19	10	21	21	31	20	16	69	15	19	24	16	15	16	22	19	19	192

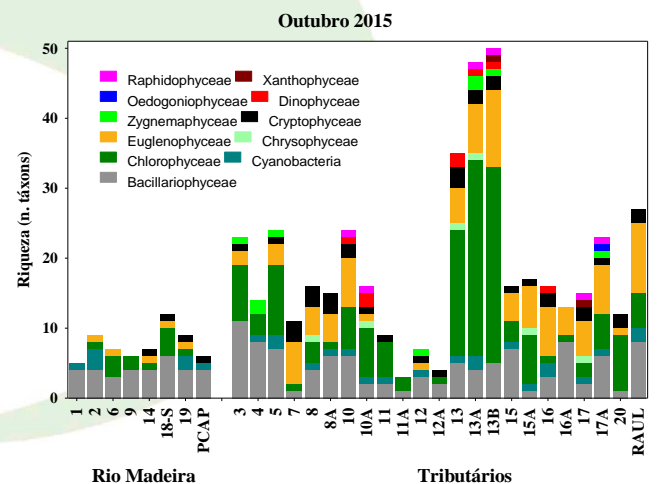
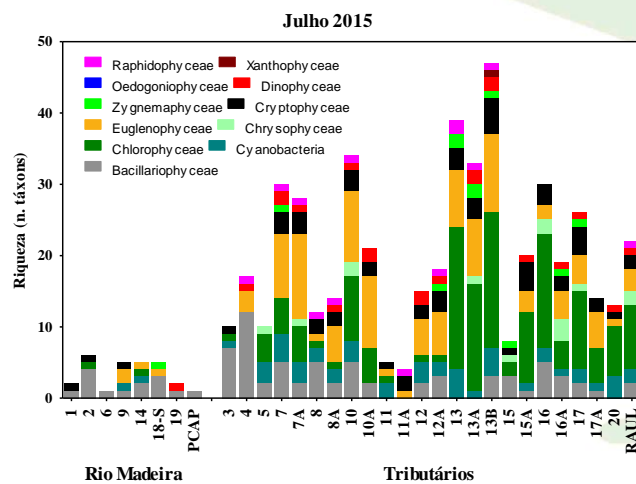
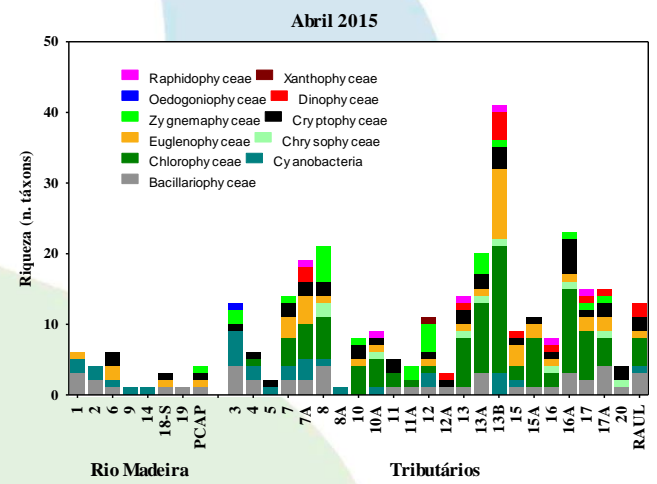
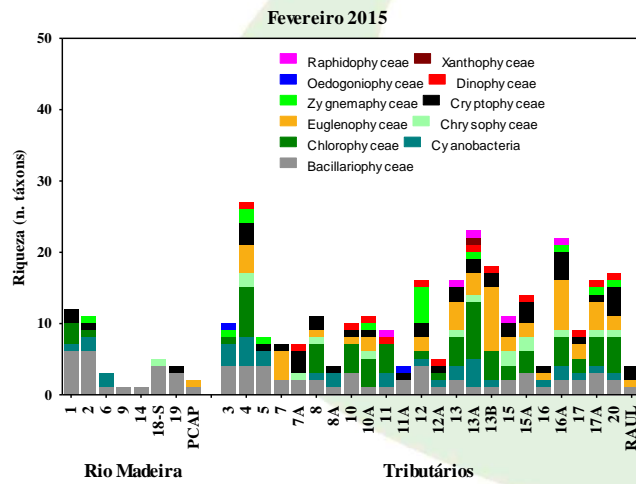
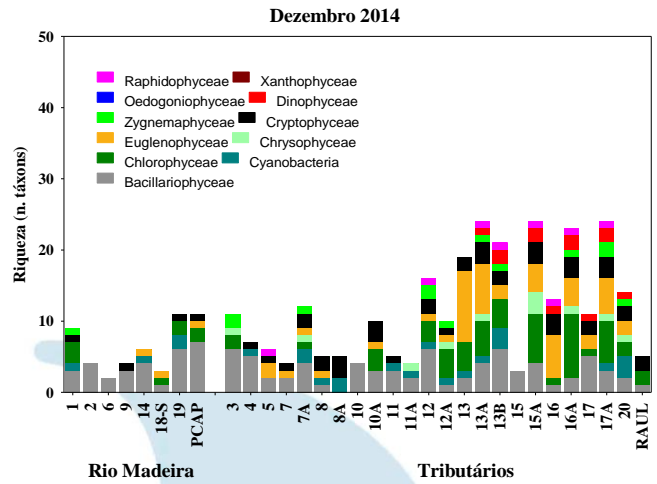
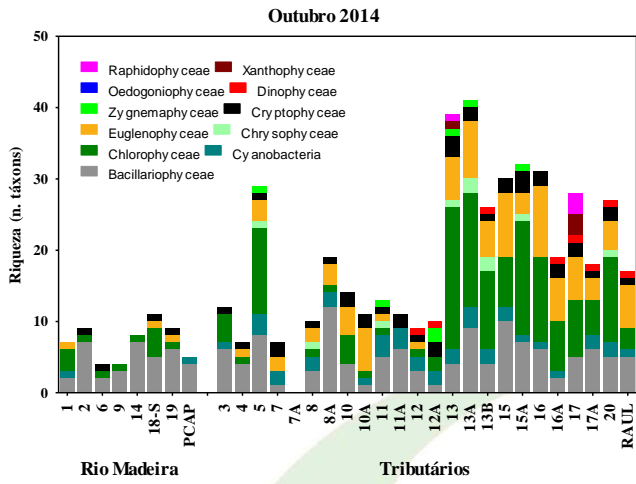


Diversidade alfa (número de táxons por amostra)

Os valores de riqueza de espécies foram baixos no rio Madeira, e podem ser associados a hidrodinâmica própria de sistemas lóticos, caracterizada por alto fluxo, e à alta turbidez deste rio, que limita o estabelecimento das populações tipicamente planctônicas. As diatomáceas, adaptadas a tais condições apresentaram maior contribuição à riqueza nas estações amostradas neste rio. Nos tributários, além das diatomáceas, Chlorophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae e Cyanobacteria também apresentaram importante contribuição à riqueza total (**Figura 5-15**).







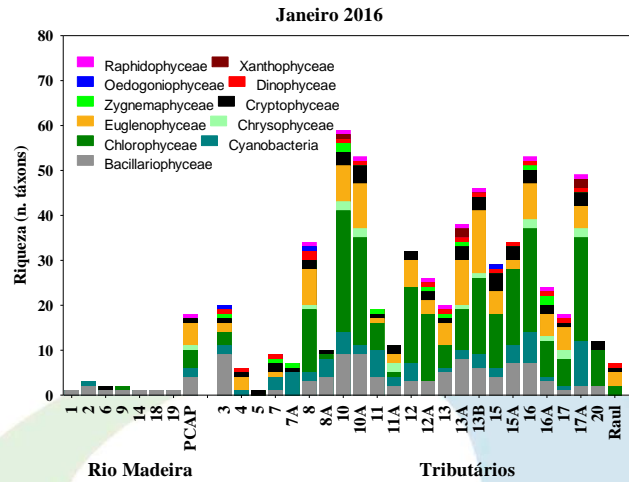


Figura 5-15 - Riqueza de espécies fitoplanctônicas na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2016.

A variabilidade temporal da riqueza de espécies fitoplanctônicas nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório, no rio Madeira, esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo e influência das margens quanto ao aporte de inóculos, com maiores valores na fase de pré-enchimento. Os tributários apresentaram padrão inverso, com acréscimo dos valores na fase pós-enchimento, o que pode estar relacionado a redução na velocidade de fluxo e aumento na disponibilidade luminosa (**Figura 5-16**).

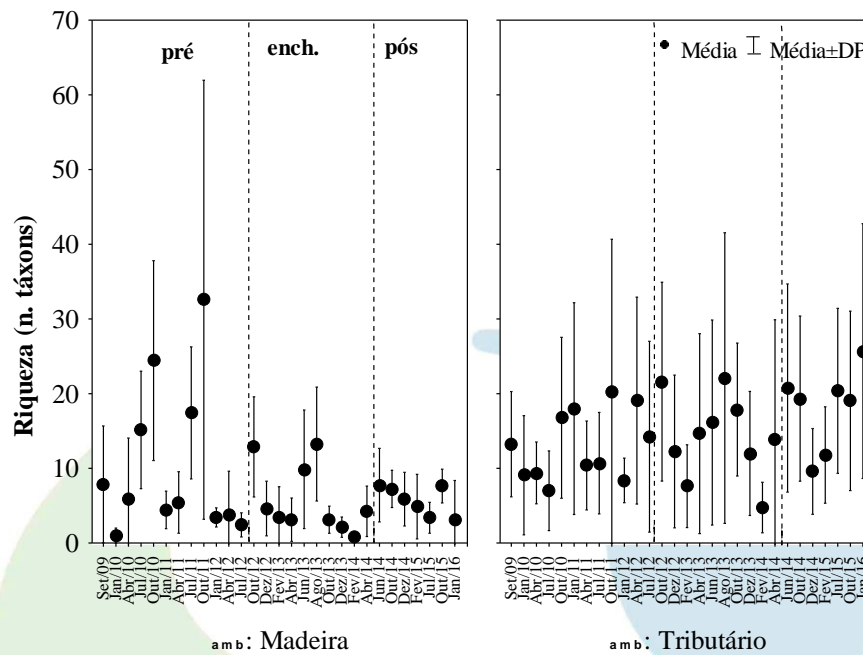


Figura 5-16 - Variação temporal da riqueza fitoplanctônica na área de influência da UHE Jirau, nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Diversidade Beta

Quanto à variabilidade temporal da diversidade beta, o rio Madeira e os tributários apresentaram acréscimo nos valores de diversidade beta na fase pós-enchimento (6% e 2%). Com valor de 1% na fase de pré-enchimento nos dois tipos de ambientes e 5% no rio Madeira e 1% nos tributários na fase de enchimento. Embora tenham apresentado acréscimo na última fase, a alta conectividade entre os pontos monitorados pode ter influenciado diretamente na baixa porcentagem de alteração na composição de espécies e homogeneidade biótica ao longo do gradiente ambiental.



Índice de Frequência das Espécies e Espécies Dominantes

Foi registrada maior contribuição de espécies raras, tanto no rio Madeira, quanto nos tributários, nas três fases, provavelmente devido às condições de alta velocidade de fluxo que dificultam o estabelecimento e persistência da comunidade fitoplanctônica. Os dois tipos de ambientes apresentaram maior número de espécies raras e acessórias na fase de pré-enchimento e menor número na fase de enchimento, devido provavelmente ao maior aporte de inóculos em condições de maior velocidade de fluxo. Menor número de espécies dominantes ocorreu na fase pós-enchimento (24 táxons) quando comparada a fase de pré-enchimento (27 táxons) e enchimento (25 táxons).

Nos tributários também foi registrado decréscimo no número de espécies dominantes na fase pós-enchimento (26 táxons) enquanto que 39 táxons dominaram na fase de pré-enchimento e 29 táxons na fase de enchimento. Nesses ambientes o decréscimo pode ser atribuído ao aumento do número de nichos e da riqueza na última fase.

As espécies dominantes foram representadas por bacilariofíceas, cianobactérias, clorofíceas, euglenofíceas, criptofíceas e rafidofíceas adaptadas a condições de baixa disponibilidade luminosa. Nos tributários foi registrado maior número de euglenofíceas e zignemafíceas abundantes, devido às condições de maior disponibilidade luminosa e maior aporte alóctone de matéria orgânica (REYNOLDS, 2002; PADISÁK et al., 2009).

Densidade e biomassa fitoplanctônica

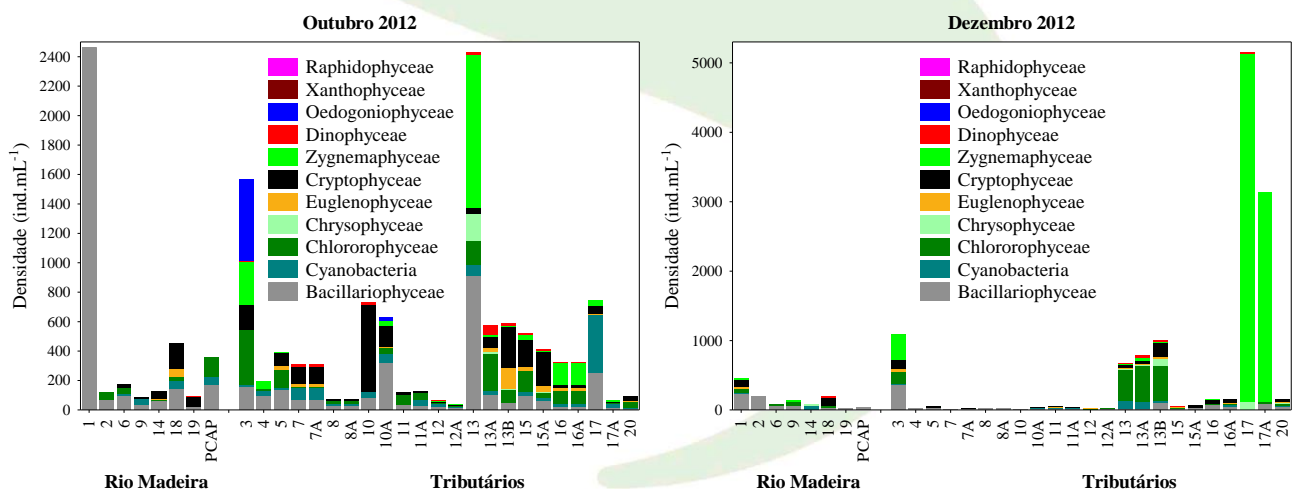
Os menores valores de densidade e biomassa verificados no rio Madeira, como já ressaltado em relatórios anteriores estão associados à alta vazão e turbidez deste ambiente, que são fatores limitantes do desenvolvimento fitoplanctônico (REYNOLDS, 1995; BORGES et al., 2003; TRAIN e RODRIGUES, 2004; RODRIGUES et al., 2009; SALMASO e ZIGNIN, 2010), e certamente foram determinantes da estrutura fitoplanctônica nesse sistema. A maior transparência da água e menor

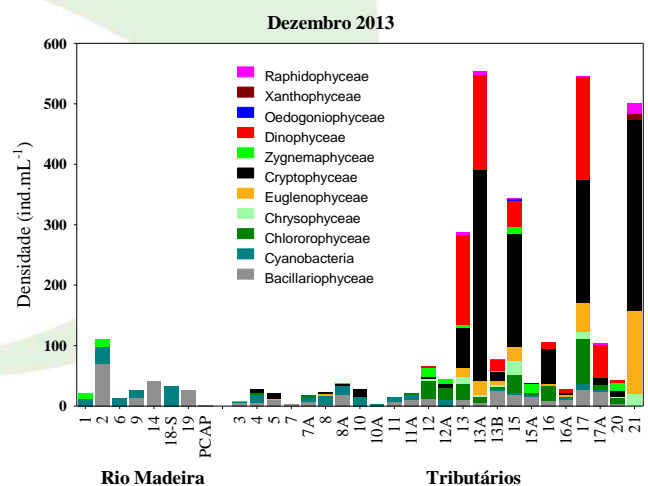
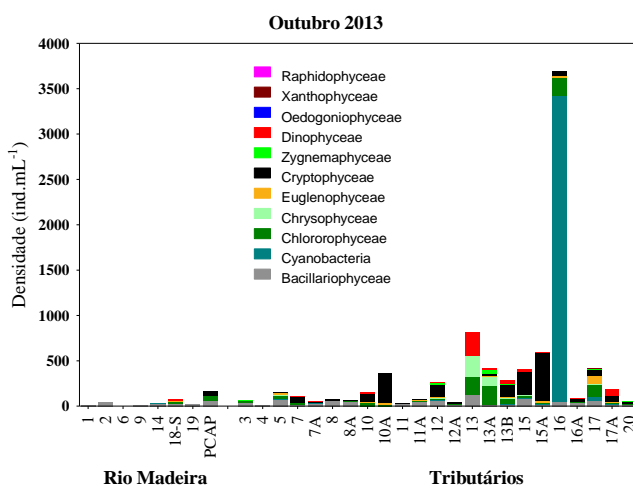
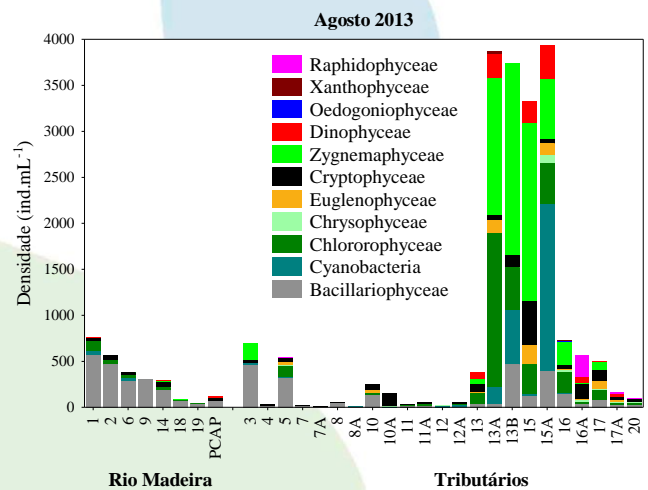
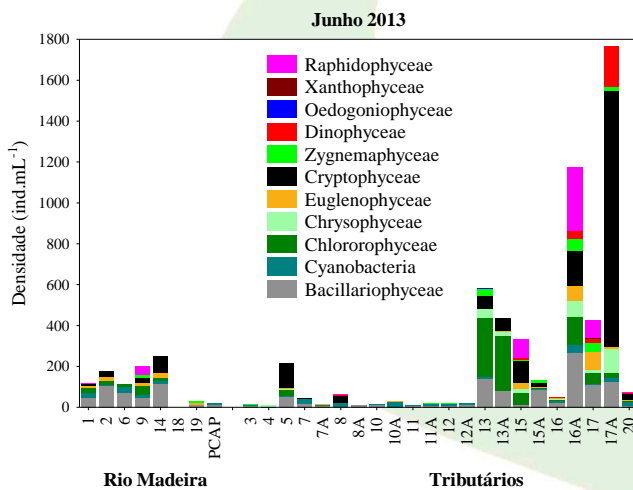
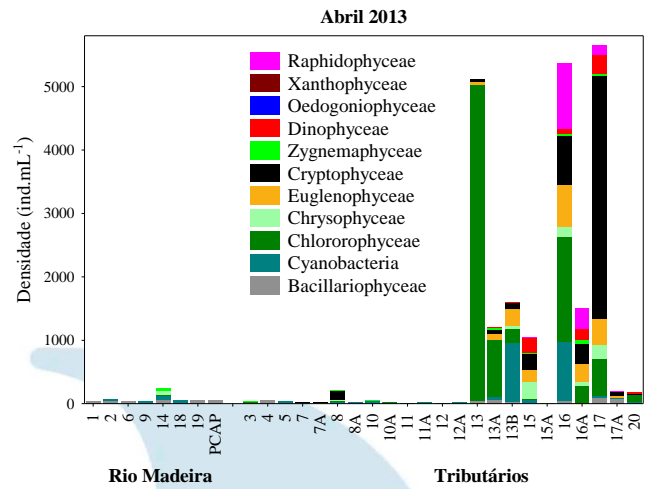
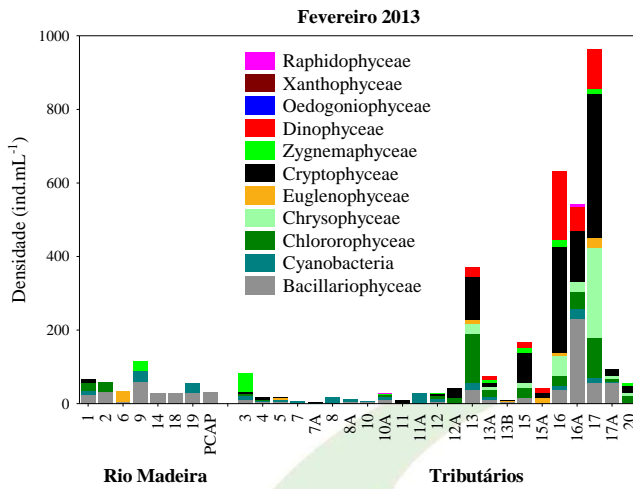


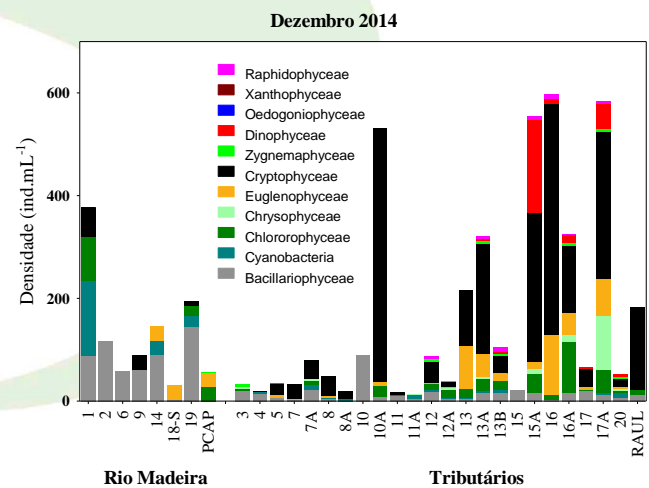
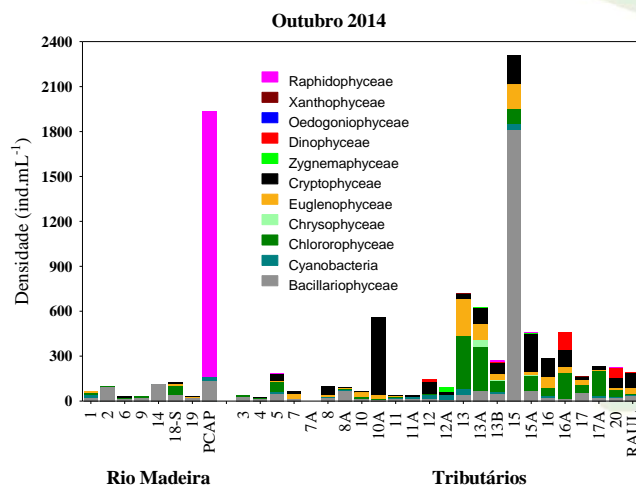
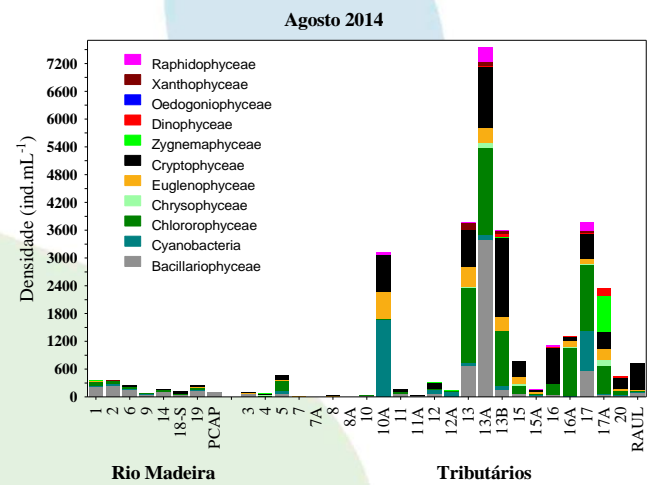
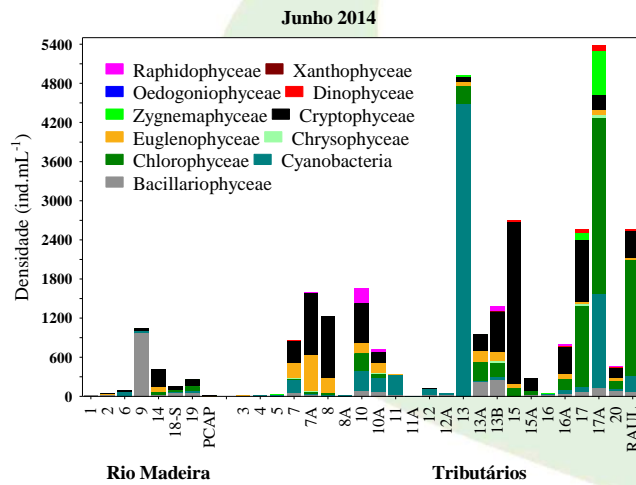
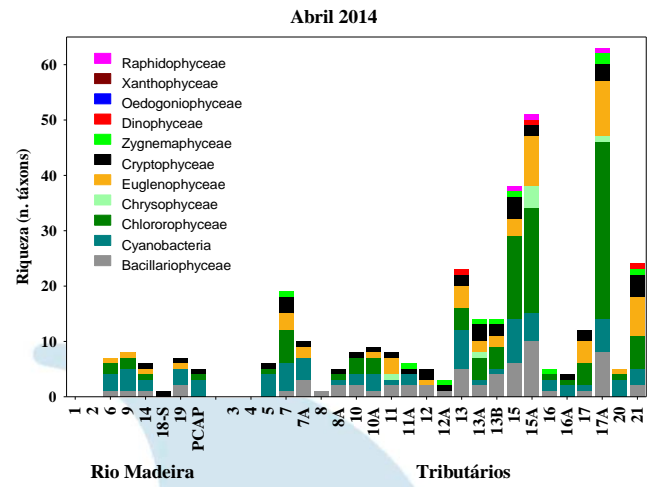
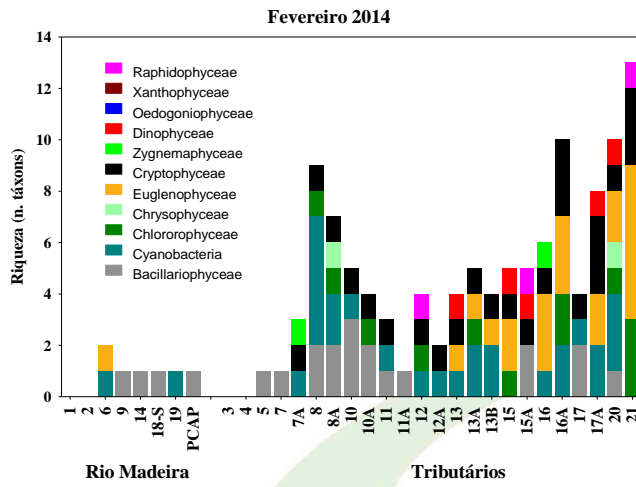
velocidade de fluxo verificadas nos tributários favoreceram os maiores valores de densidade e biomassa, sendo verificados valores acima de 1000 ind.mL^{-1} e $2,0 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ (**Figuras 5-17 e 5-18**).

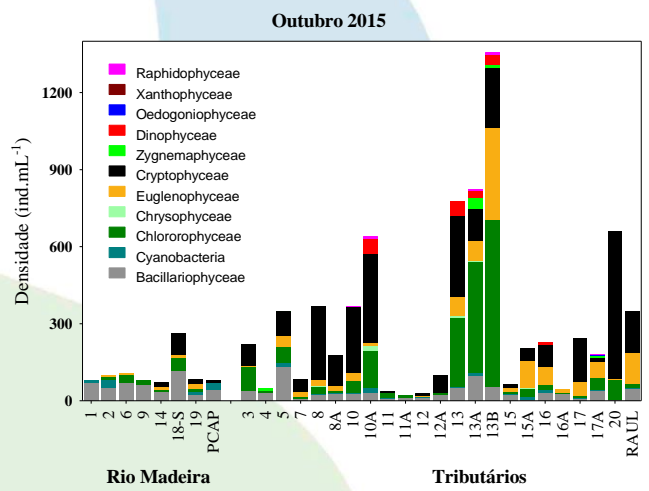
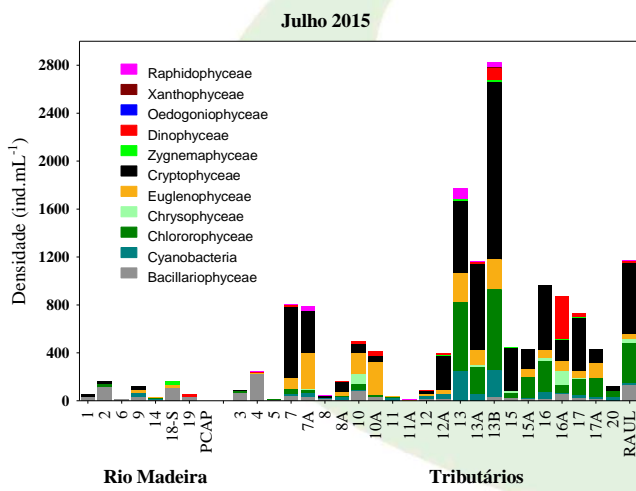
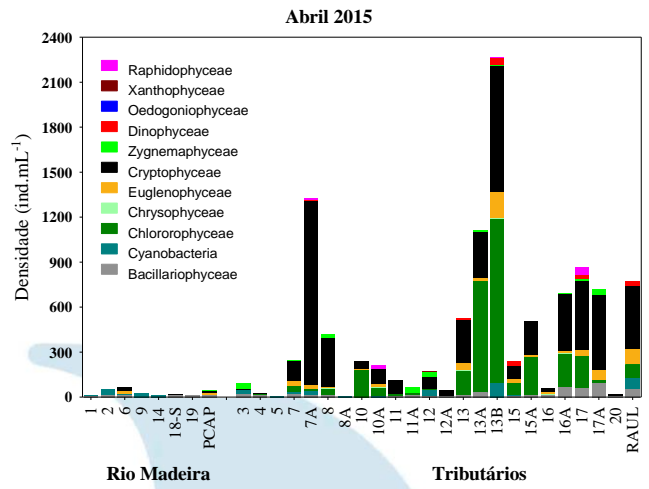
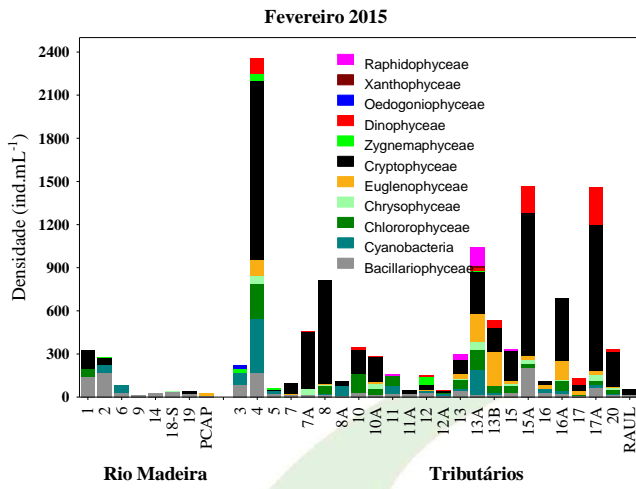
Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria e Euglenophyceae apresentaram maior contribuição à densidade e biomassa fitoplanctônica no rio Madeira. Cryptophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae e Chlorophyceae foram os grupos mais representativos nos tributários (**Figuras 5-17 e 5-18**). As criptofíceas são oportunistas e mixotróficas (Reynolds et al., 2002), podendo ser dominantes em ambientes com baixa a alta disponibilidade de nutrientes, estratificados ou com mistura da coluna de água, o que ressalta as condições de instabilidade das condições ambientais nos tributários.

Assim como registrado para a riqueza, a densidade e biomassa fitoplanctônica nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento, no rio Madeira, estiveram associadas a velocidade de fluxo e influência das margens quanto ao aporte de inóculos, com maiores valores na fase de pré-enchimento. Padrão inverso foi registrado nos tributários, que apresentaram os maiores valores nas fases de enchimento e pós-enchimento (**Figura 5-19**), devido provavelmente a redução na velocidade de fluxo e maior disponibilidade de luz e nutrientes.









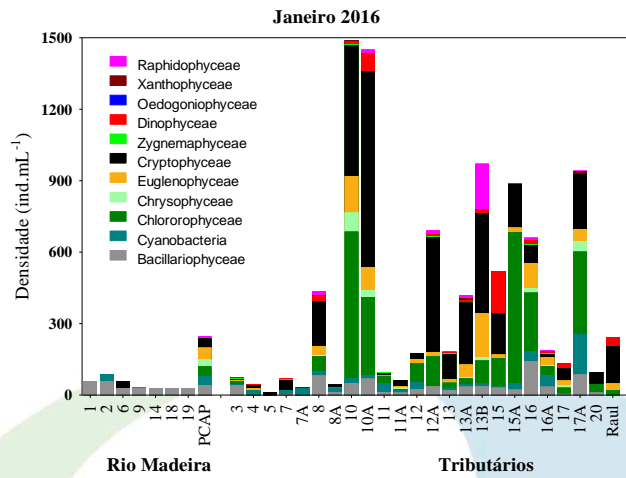
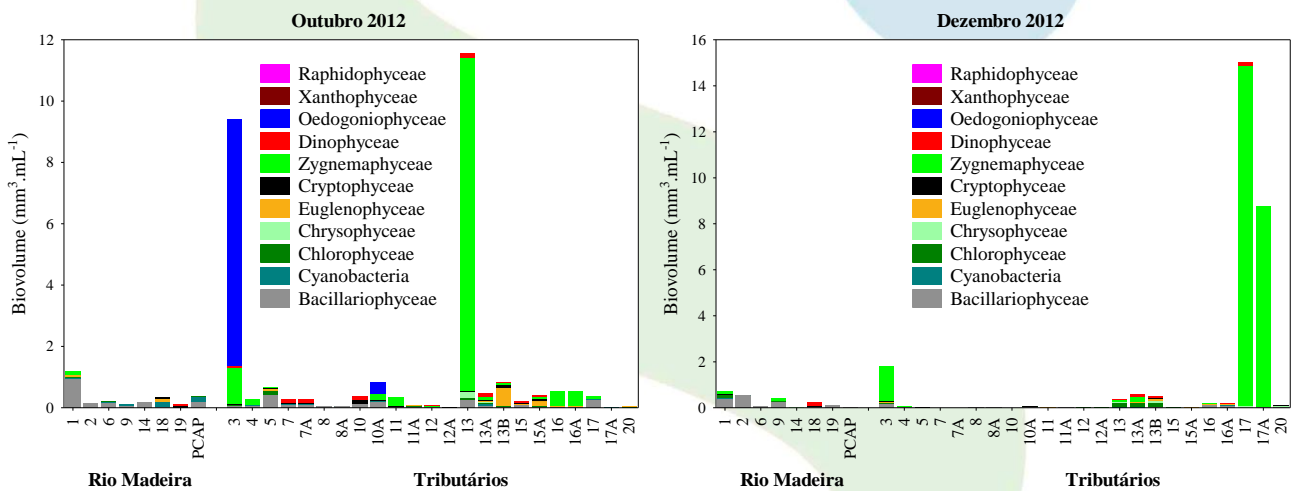
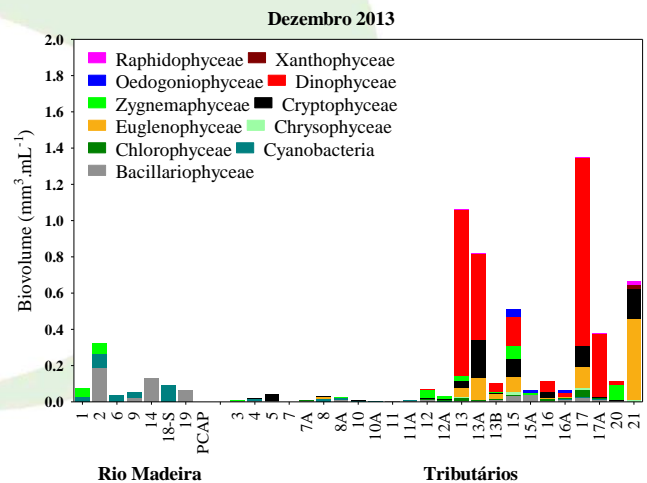
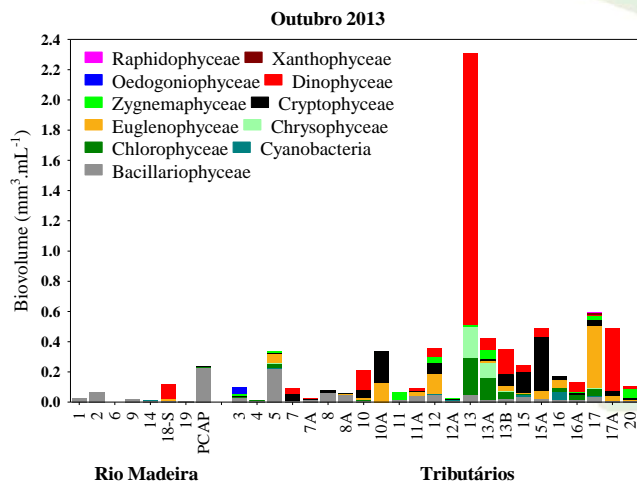
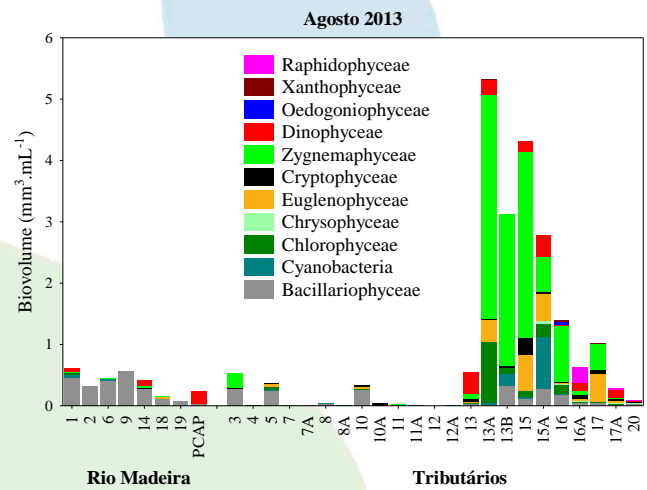
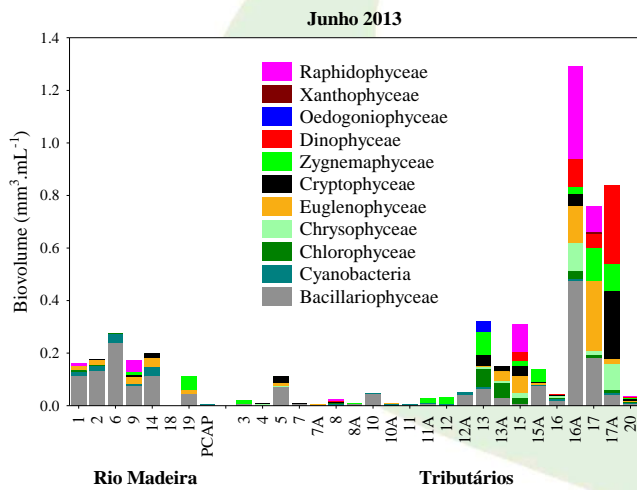
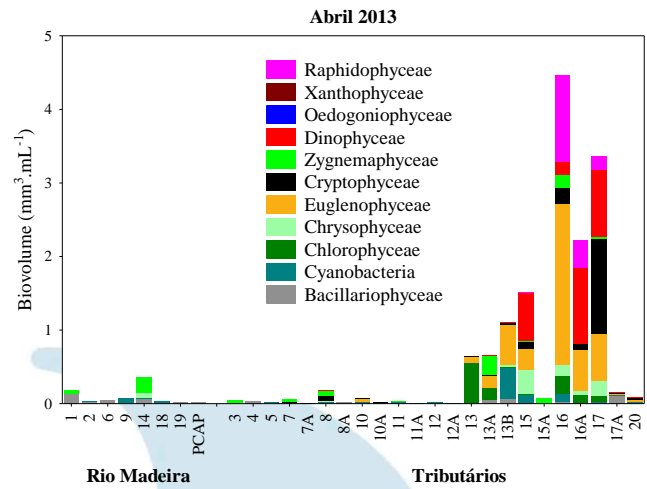
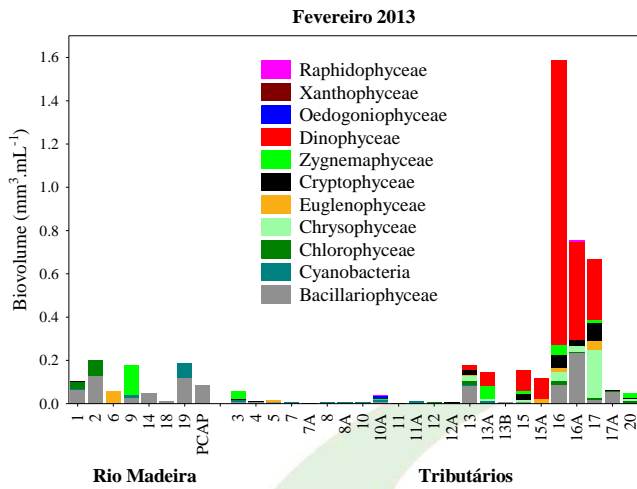
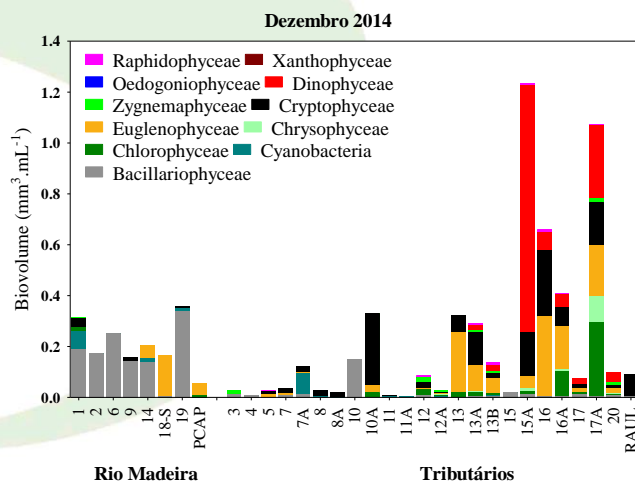
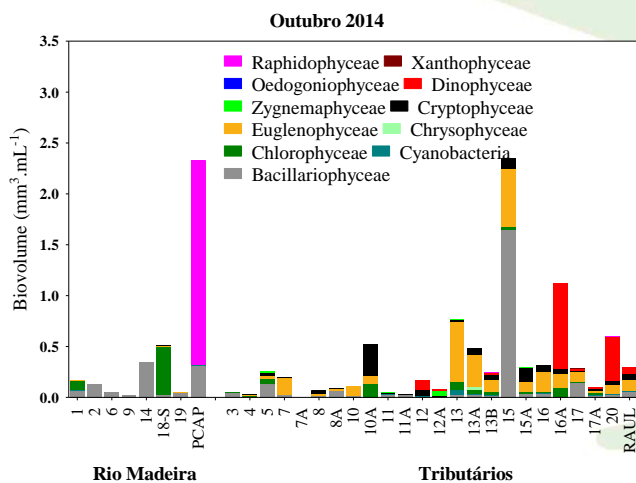
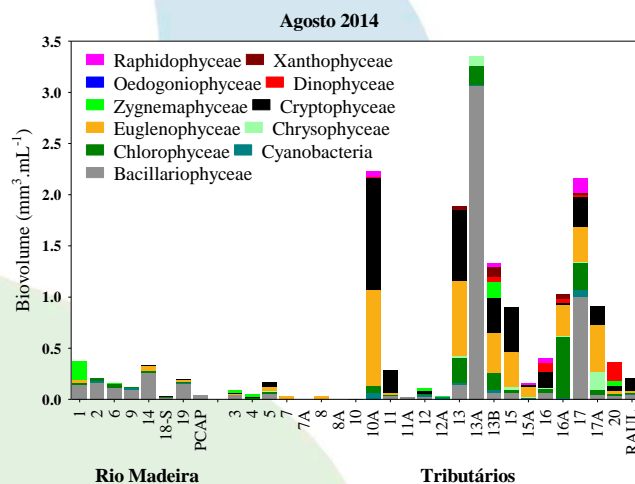
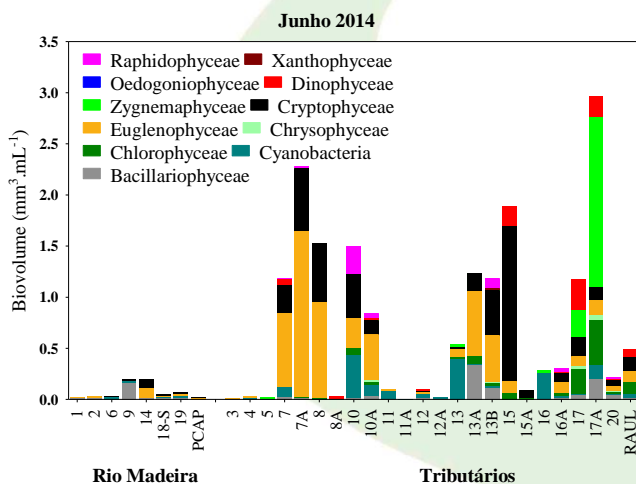
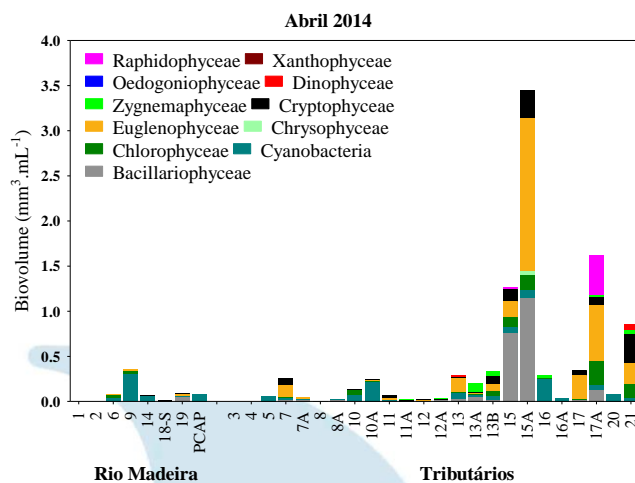
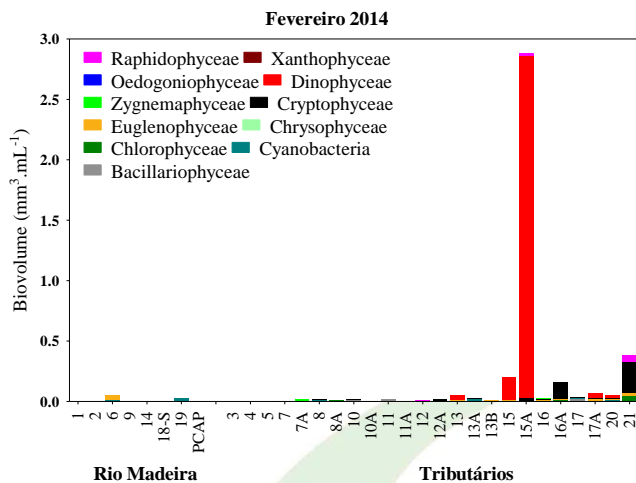
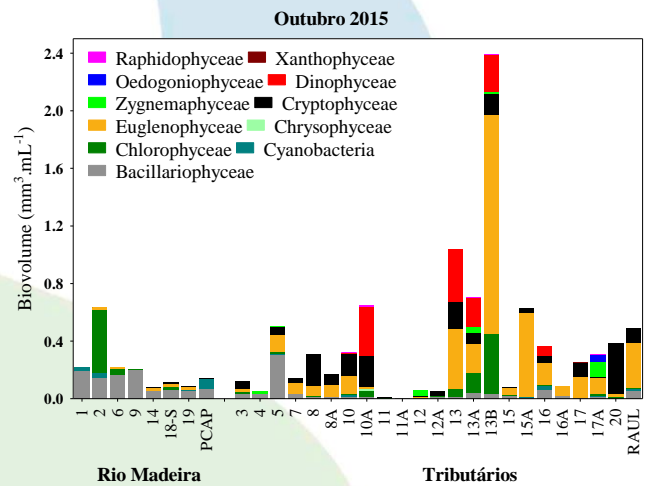
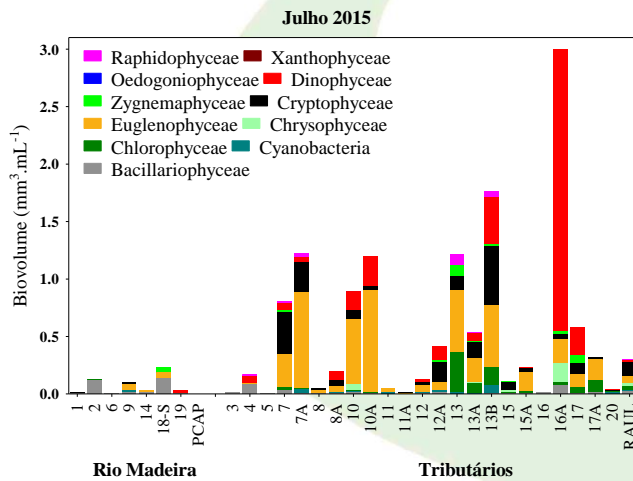
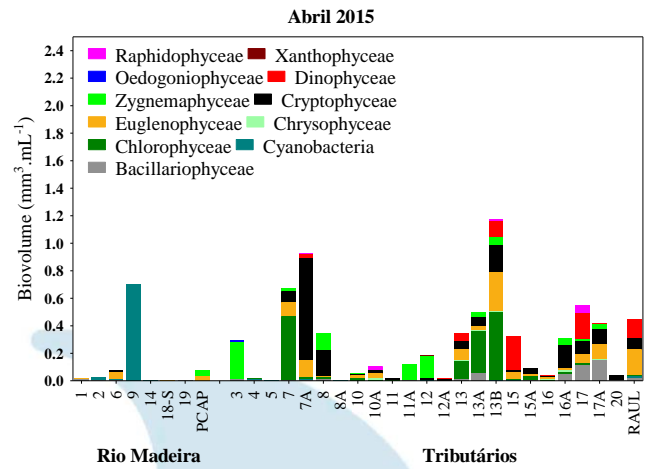
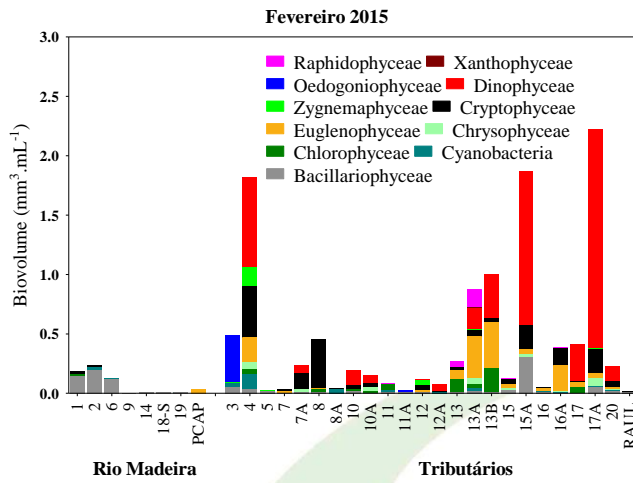


Figura 5-17 - Densidade fitoplanctônica na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2016.









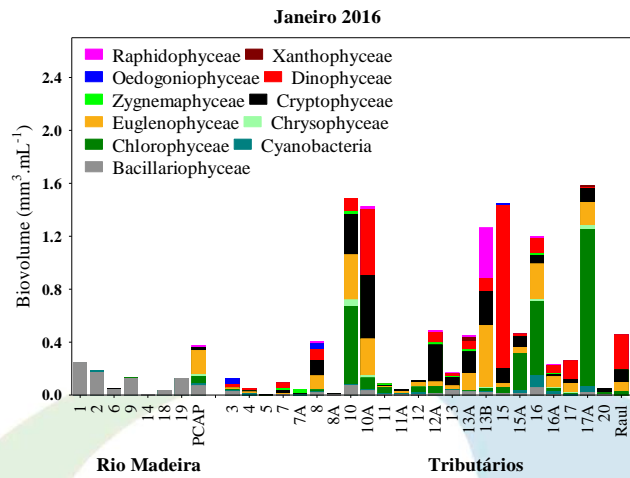
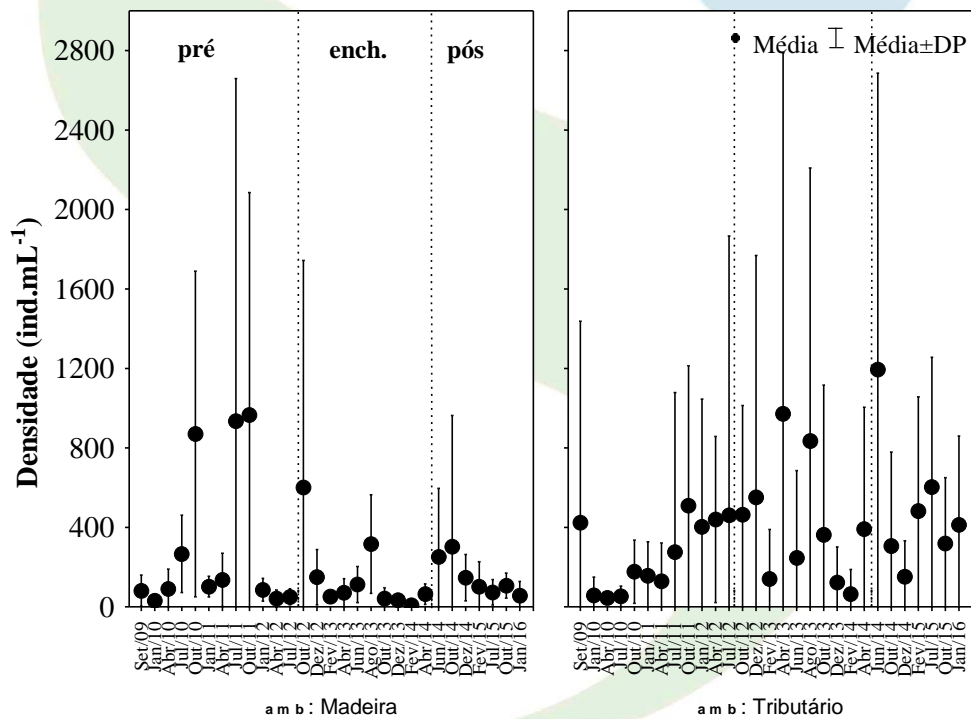


Figura 5-18 - Biomassa fitoplanctônica na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2016.



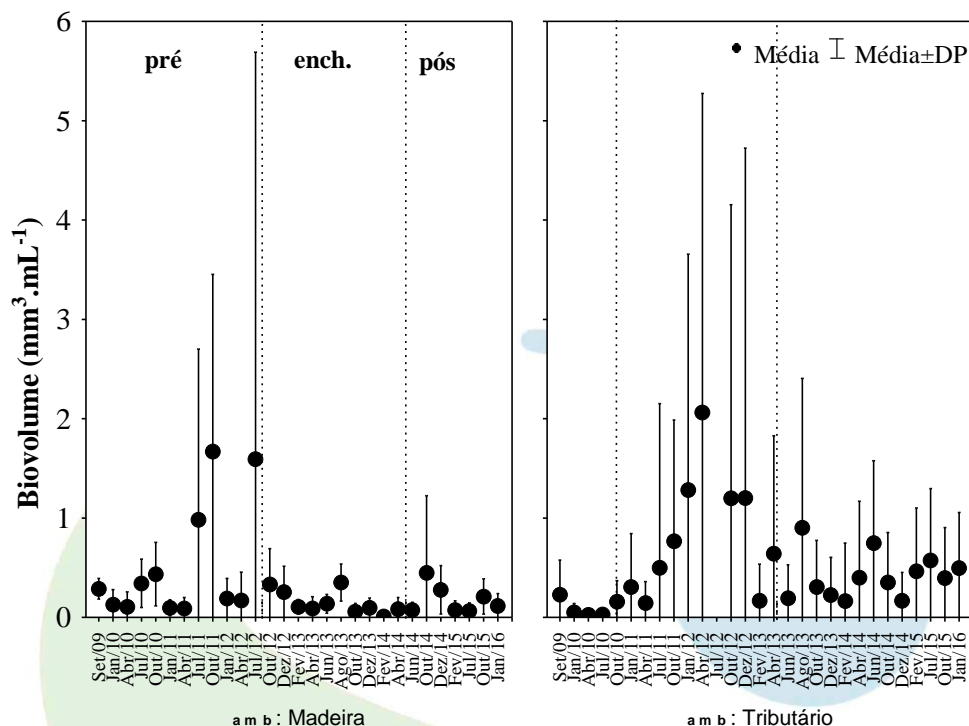


Figura 5-19 - Variação temporal da densidade e biomassa fitoplânctônica na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

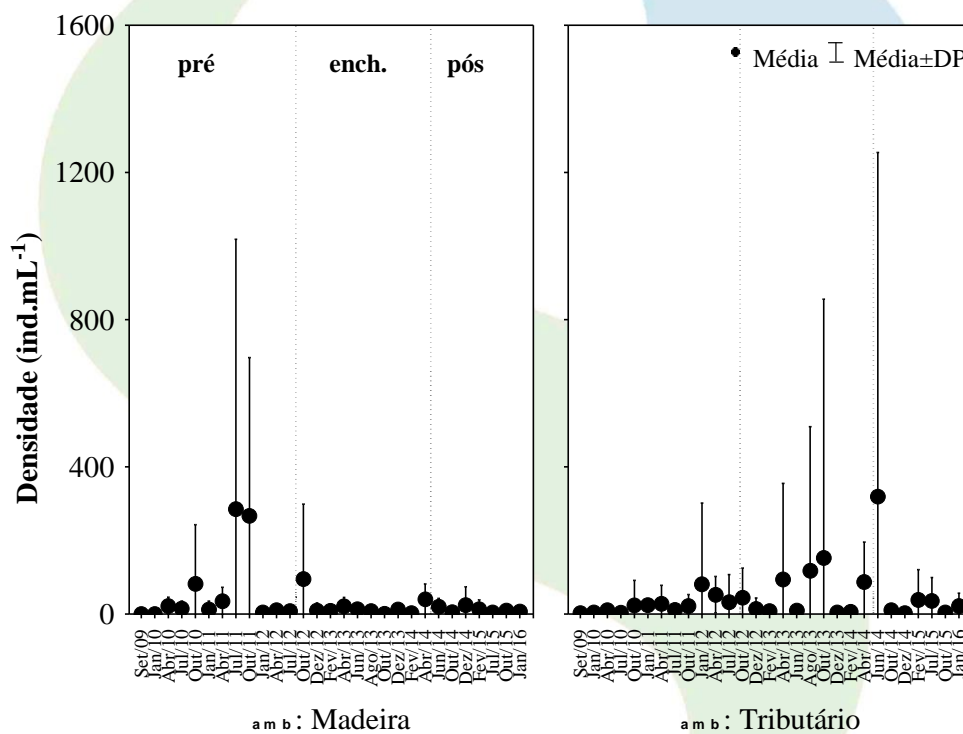
Cianobactérias na área de influência da UHE Jirau

Ao longo do período de estudo, as cianobactérias apresentaram baixa contribuição aos valores de riqueza, densidade e biomassa. Como ressaltado em relatórios anteriores, elas requerem certa constância ambiental para o seu desenvolvimento (REYNOLDS et al., 2002) o que explica o baixo desenvolvimento destas algas nos pontos amostrados, que apresentam alta turbidez e são predominantemente lóticos. Em geral, maior contribuição deste grupo foi registrada nos tributários (**Figura 5-20**).

Os valores de biovolume foram baixos e inferiores aos valores limites estabelecidos para águas da classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água fixados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. No entanto, os táxons registrados são toxigênicos e se desenvolverem grandes

populações podem diminuir a qualidade da água e acarretar riscos a saúde humana e do meio ambiente (KÜIPER-GOODMAN et al., 1999, CODD et al., 2005).

A variabilidade temporal da densidade e biomassa de cianobactérias no rio Madeira esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo e influência das margens quanto ao aporte de inóculos, com maiores valores na fase de pré-enchimento. Padrão inverso foi registrado nos tributários, que apresentaram os maiores valores nas fases de enchimento e pós-enchimento (**Figura 5-20**).



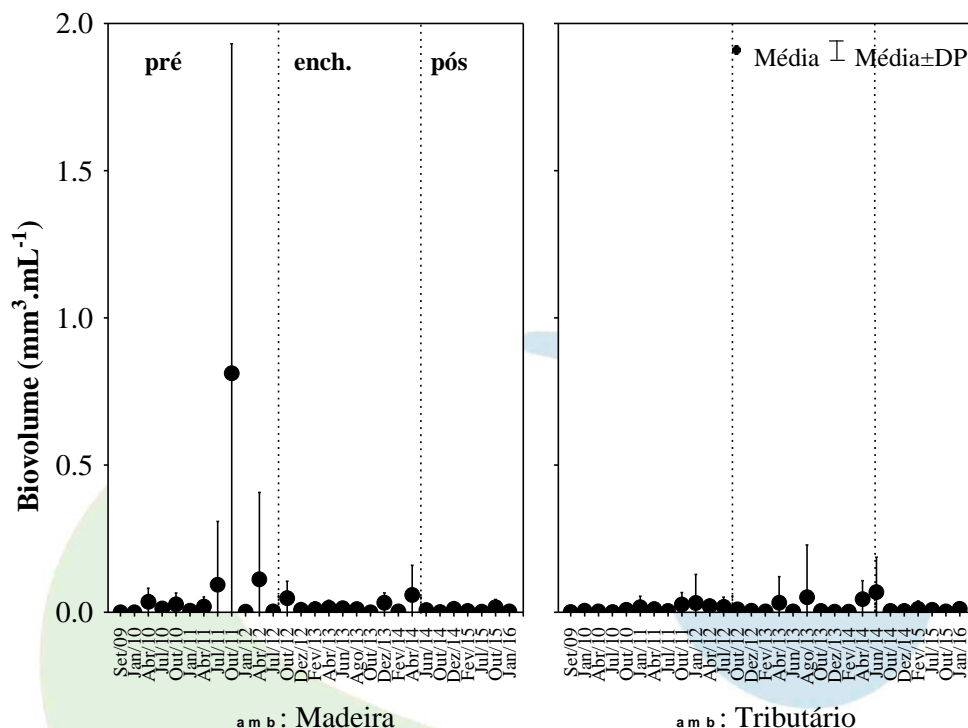


Figura 5-20 - Variação temporal da densidade e biomassa de cianobactérias na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Em atendimento a condicionante 2.5 e 2.6 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012 da UHE Jirau, durante o enchimento do reservatório, o ponto de captação da ETA de Nova Mutum Paraná, localizado a jusante do barramento da UHE Jirau, foi monitorado seguindo os limites estabelecidos na Portaria MS nº 2.914/2011. Esse monitoramento continua até o presente momento.

Desta forma, o monitoramento é mensal caso a densidade de cianobactérias for igual ou inferior a 10.000 cel/ml e, semanal caso essa densidade seja superior a 10.000 cel/mL. Caso ocorra registro de densidade de cianobactérias superior a 20.000 cel/mL (medida de alerta), serão realizadas análises das cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal, de acordo com a Portaria MS nº 2.914/2011.

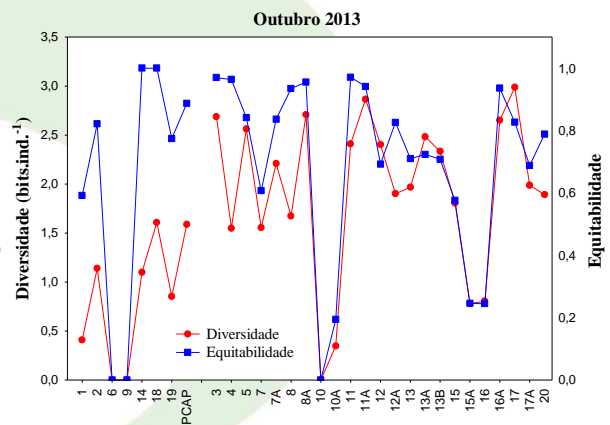
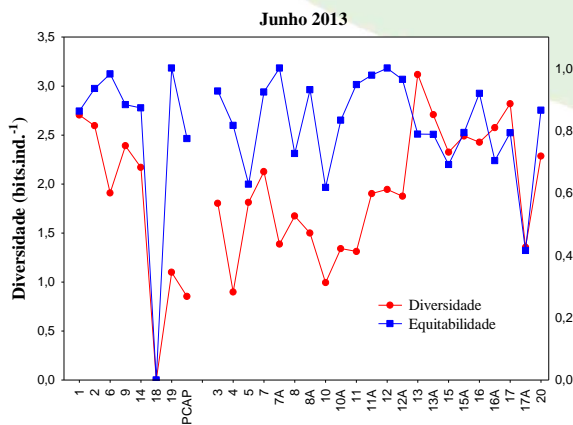
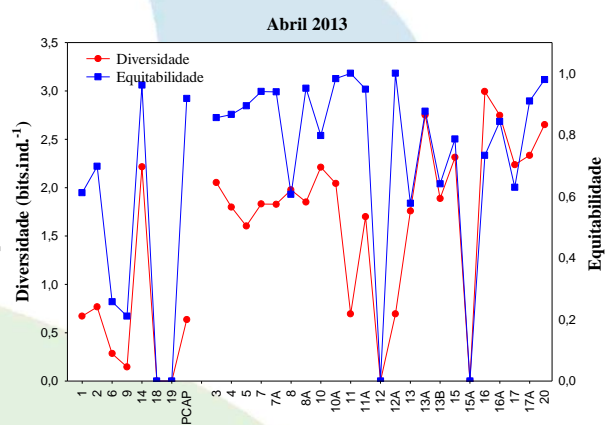
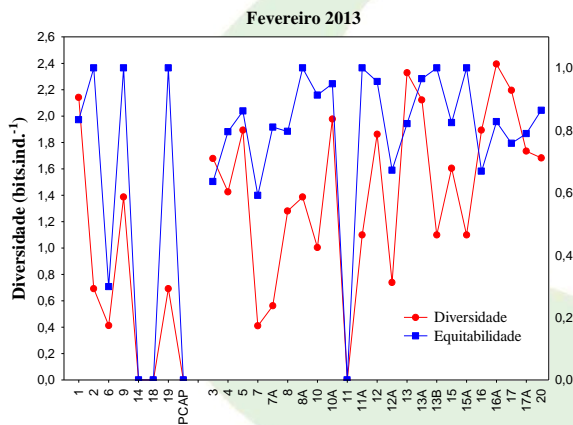
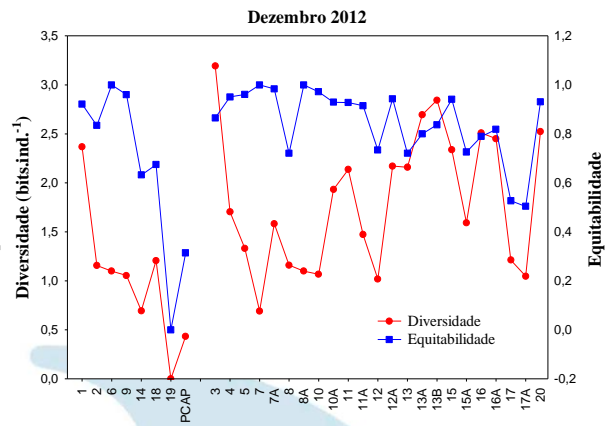
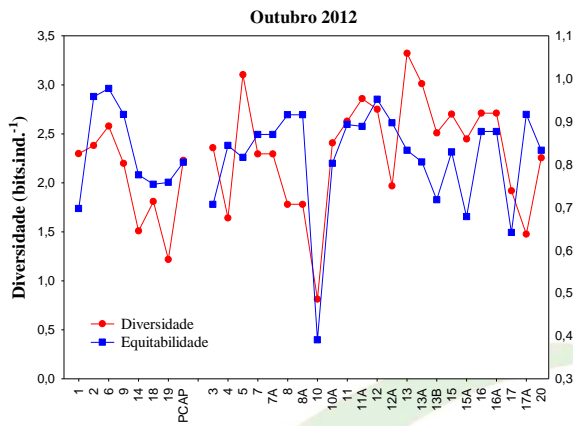


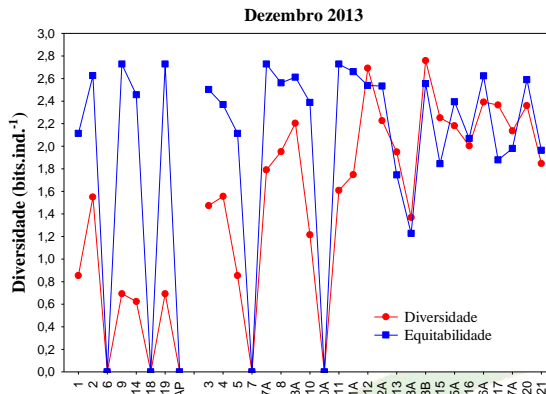
Ao longo dos vinte (20) meses da fase de enchimento do reservatório e nessa fase pós-enchimento, a densidade de cianobactérias foi significativamente inferior ao valor de 10.000 cel/ml.

Considerando os 35 meses de monitoramento da fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório, o ponto de captação da ETA de Nova Mutum apresentou elevados valores de turbidez e baixas concentrações de clorofila-*a* (resultados discutidos anteriormente). Além disso, a maior parte dos parâmetros limnológicos monitorados apresentaram valores de acordo com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, tais como as concentrações de oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, cloreto, sulfato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, clorofila-*a*, DBO₅ e coliformes termotolerantes.

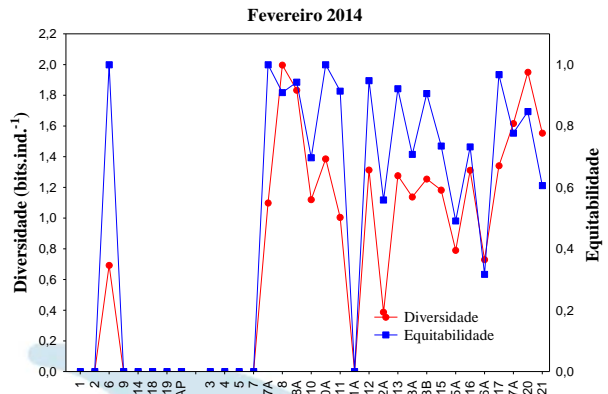
Diversidade de espécies e equitabilidade

A variabilidade temporal do índice de diversidade de espécies nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório, no rio Madeira, esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo e influência das margens quanto ao aporte de inóculos, com maiores valores na fase de pré-enchimento. Os tributários apresentaram valores similares do índice de diversidade nas três fases e quanto a equitabilidade foi registrado decréscimo no último período, devido, provavelmente, ao aumento da densidade e proporção de espécies dominantes (**Figuras 5-21 e 5-22**).

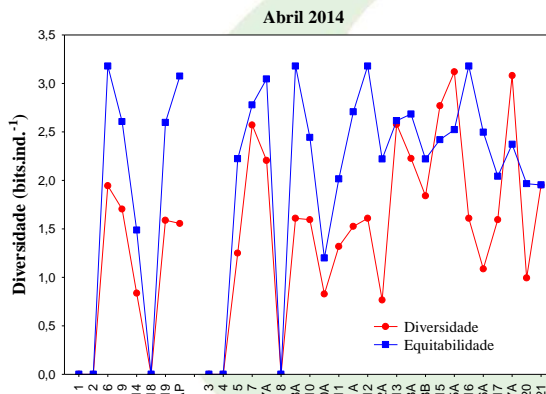




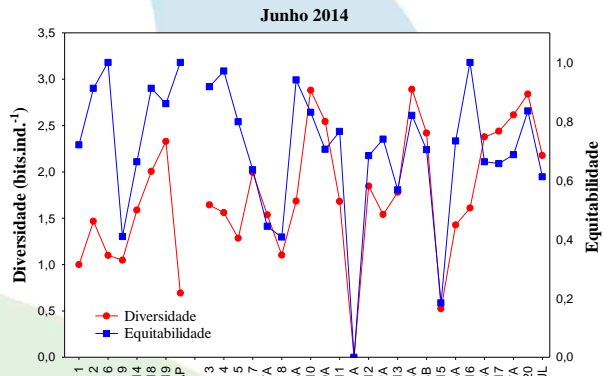
Rio Madeira Tributários



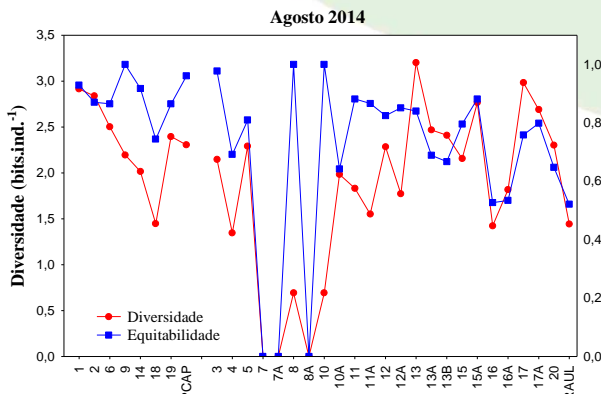
Rio Madeira Tributários



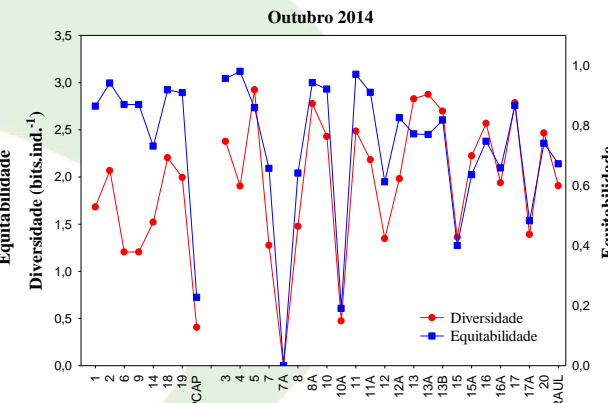
Rio Madeira Tributários



Rio Madeira Tributários



Rio Madeira Tributários



Rio Madeira Tributários

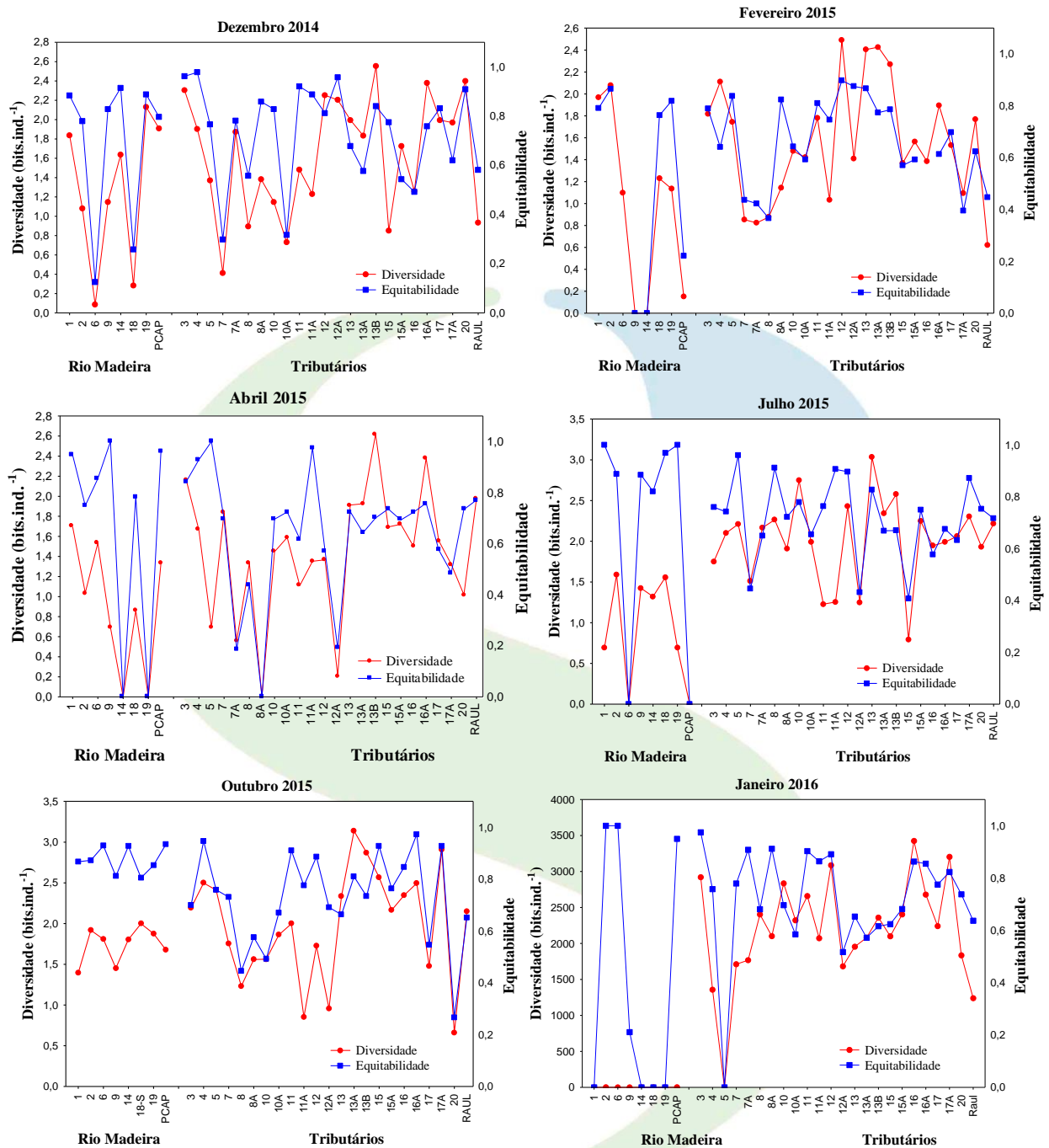


Figura 5-21 - Variação espacial e temporal da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2016.

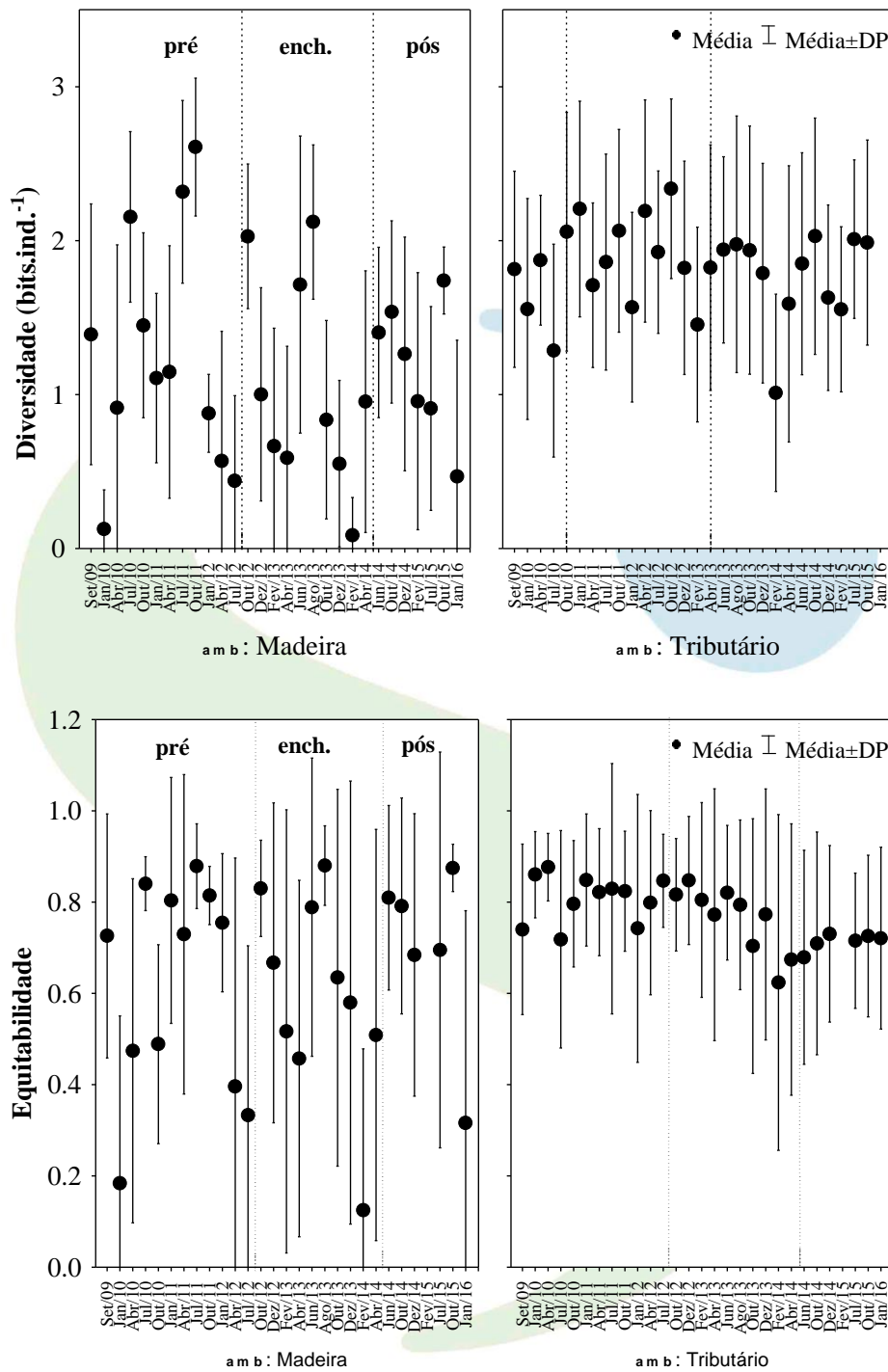


Figura 5-22 - Variação temporal da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Estrutura da Comunidade: Análise de Correspondência (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os escores obtidos por meio da DCA para os períodos, pontos de coleta e densidade das espécies fitoplanctônicas foram interpretados utilizando-se os dois primeiros eixos, os quais apresentaram os maiores autovalores (eixo 1 = 0,95 e eixo 2 = 0,77). Os resultados não evidenciaram uma clara separação entre o rio Madeira e os tributários, não sendo registradas mudanças significativas entre as três fases do reservatório (**Figura 5-23**).

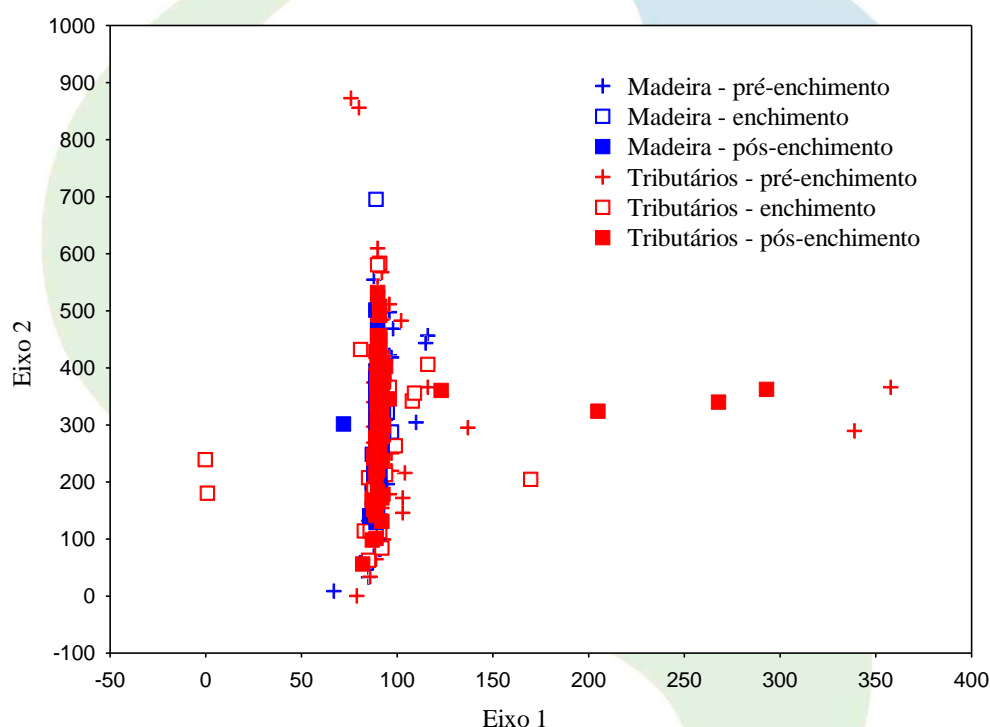


Figura 5-23 - Dispersão dos escores dos pontos, períodos de coleta no rio Madeira e tributários, ao longo dos dois primeiros eixos da DCA.

A CCA apresentou os dois primeiros eixos canônicos significativos de acordo com o teste de Monte Carlo ($p < 0,05$), que explicaram 1,0 % e 0,9% da variabilidade total dos dados, respectivamente. A baixa porcentagem de explicação observada indica que os fatores ambientais não constituíram



parâmetros estruturadores eficientes para a comunidade fitoplanctônica, provavelmente devido às condições lólicas dos pontos monitorados.

Observou-se um claro gradiente espacial no diagrama da CCA, com a separação dos pontos monitorados no rio Madeira e tributários. Não foram verificadas mudanças significativas quanto à variabilidade temporal nas três fases do reservatório (**Figura 5-24a**). A segregação espacial registrada foi influenciada pelos maiores valores de densidade de diatomáceas, cianobactérias e clorófitas no rio Madeira, a esquerda do diagrama, associadas aos maiores valores de condutividade, pH e carbono inorgânico (**Figura 5-24b**).

Alta complexidade taxonômica, maiores valores de densidade de zignemafíceas e representantes de grupos mixotróficos à direita, no diagrama, estiveram correlacionados com os maiores valores de temperatura, ferro, zona eufótica (Z_{eu}), alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e maiores concentrações de fósforo solúvel reativo (PSR) e nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos tributários (**Figura 5-24b**).

Os grupos morfológicos funcionais fitoplanctônicos III (cianobactérias filamentosas com aerótopos), VI (exclusivamente as bacilariofíceas) e VIII (cianobactérias fixadoras de nitrogênio) estiveram melhor representados no rio Madeira como evidenciado no diagrama. Os grupos I (pequenos organismos com alta relação superfície/volume), II (crisofíceas), IV (clorófitas, zignemafíceas, xantofíceas, cianobactérias), V (euglenofíceas, dinofíceas, criptofíceas) e VII (grandes colônias mucilaginosas) foram melhor representados nos tributários (**Figura 5-24b**).

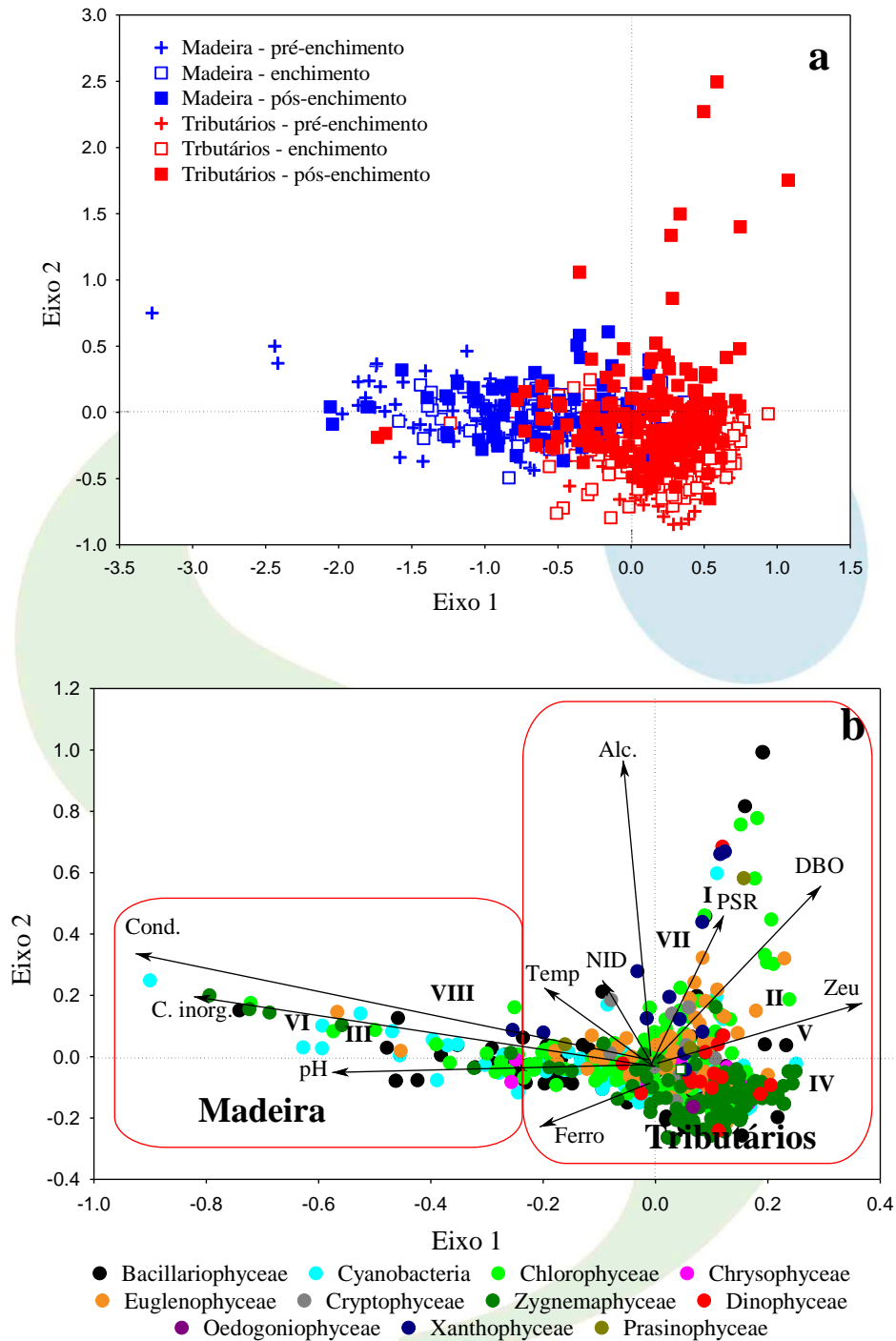


Figura 5-24 - Dispersão dos escores dos pontos de amostragem (a), táxons fitoplânctônicos e variáveis ambientais (b), ao longo dos dois primeiros eixos da CCA.

Zooplâncton

Composição

A análise da composição zooplanctônica ao longo de todo o monitoramento evidenciou a ocorrência de 392 táxons, na área de influência da UHE Jirau, destacando-se os rotíferos com 161 espécies, seguidos por protozoários testáceos com 127 espécies, cladóceros com 73 e copépodes com 32 táxons, incluindo suas formas jovens. Quando considerados os diferentes períodos de amostragem, observa-se a mesma tendência (predomínio de rotífero) para os períodos de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau, ao contrário dos resultados de diversidade regional do zooplâncton no período de pré-enchimento, quando os protozoários testáceos foram mais especiosos na grande maioria dos períodos de amostragem (**Quadro 5-4**).

Quadro 5-4 - Número de espécies do zooplâncton e de seus grupos constituintes registrados nos diferentes períodos de amostragem do programa de monitoramento da UHE Jirau. (A linha vermelha separa os períodos de pré-enchimento e enchimento, e a verde, o período pós-enchimento do reservatório).

GRUPOS/PERÍODOS	TESTÁCEOS	ROTÍFEROS	CLADÓCEROS	COPÉPODES	ZOOPLÂNCTON TOTAL
SET/09	57	46	16	6	125
JAN/10	70	43	21	6	140
ABR/10	92	67	30	13	202
JUL/10	63	52	13	8	136
SET/10	47	56	17	5	125
JAN/11	47	67	20	10	144
ABR/11	43	70	33	17	163
JUL/11	51	48	18	7	124
SET/11	52	49	15	9	125
JAN/12	38	30	8	3	79
ABR/12	66	49	29	10	154
JUL/12	51	64	16	10	141
OUT/12	44	65	24	6	139
DEZ/12	41	49	18	3	111



FEV/13	38	52	13	4	107
ABR/13	53	65	25	5	148
JUN/13	39	48	24	4	115
AGO/13	37	43	19	4	103
OUT/13	49	44	12	4	109
DEZ/13	52	56	33	5	144
FEV/14	29	48	30	5	112
ABR/14	22	47	22	9	100
JUN/14	28	50	23	12	113
AGO/14	40	40	15	5	100
OUT/14	36	43	11	3	93
DEZ/14	41	54	14	4	113
FEV/15	33	51	17	4	105
ABR/15	46	66	25	7	144
JUL/15	26	38	11	4	79
OUT/15	27	41	10	4	82
JAN/16	33	44	14	4	95

Entre as diferentes fases do monitoramento, observa-se também uma tendência de redução da diversidade regional desde a fase de pré-enchimento, especialmente relacionada a redução na diversidade de protozoários testáceos nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório (**Quadro 5-4 e Figura 5-25**).

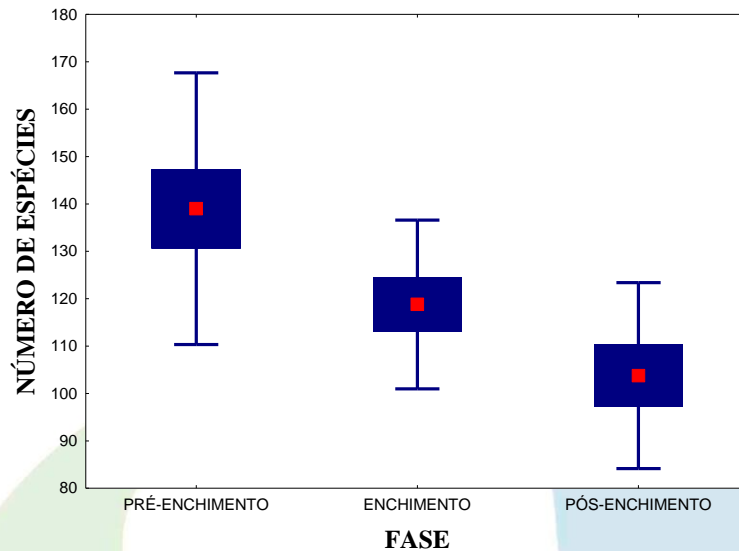


Figura 5-25 - Número de espécies do zooplâncton registrado para a área de influência da UHE Jirau, entre as fases de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório (o ponto central representa o valor médio, a caixa o erro padrão e a barra o desvio padrão da média).

Em relação à contribuição dos grupos para a diversidade regional do zooplâncton, o predomínio de rotíferos, registrado ao longo das fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório de Jirau, constitui um padrão comumente verificado em diversos estudos sobre o zooplâncton de água doce, em especial naqueles realizados em ambientes com influência de condições lânticas (LANSAC-TÔHA et al., 1999; 2004; 2005; NOGUEIRA, 2001; SAMPAIO *et al.*, 2002; VELHO et al, 2005; VIEIRA et al., 2007). Por outro lado, os protozoários testáceos têm se destacado principalmente em estudos sobre o zooplâncton de ambientes predominantemente lóticos, apresentando não apenas uma elevada diversidade, mas também uma elevada abundância relativa (Lansac-Tôha et al., 2004; Takahashi et al., 2009).

Tal padrão de composição tem sido observado ao longo do monitoramento da área de influência da UHE de Jirau. Assim, como já descrito anteriormente, observou-se uma marcada contribuição de protozoários testáceos, especialmente na fase pré-reservatório, e uma subsequente redução em sua



representatividade para a diversidade total do zooplâncton nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório de Jirau.

Essa alteração na participação dos grupos zooplanctônicos para a diversidade regional do zooplâncton, associada aquela tendência de redução na diversidade, já relatada anteriormente, parecem ser as primeiras evidências de alterações ambientais determinadas pelo enchimento do reservatório, provocadas, aparentemente, por modificação nas condições hidrodinâmicas, as quais parecem limitar a ocorrência de um maior número de espécies destes protozoários testáceos.

Riqueza de Espécies (Diversidade Alfa)

Corroborando a tendência descrita anteriormente para a diversidade regional do zooplâncton, os resultados de riqueza de espécies obtidos ao longo do monitoramento da área de influência do reservatório UHE Jirau, evidenciaram uma redução em seus valores na fase de enchimento e especialmente nos últimos períodos de amostragem da fase pós-enchimento do reservatório, quando comparada ao período de pré-enchimento (**Figuras 5-26 e 5-27**). Assim, para a fase pós-enchimento do reservatório, a riqueza de espécies do zooplâncton apresenta uma média aproximada de 13 espécies, tanto para o rio Madeira como para seus tributários. Na fase de enchimento essa média foi maior e mais variável entre os ambientes, variando entre 16 espécies no rio Madeira e 19 nos tributários, enquanto que na fase de pré-enchimento ela foi de 23 espécies no rio Madeira e 28 espécies nos tributários (**Figura 5-26**).

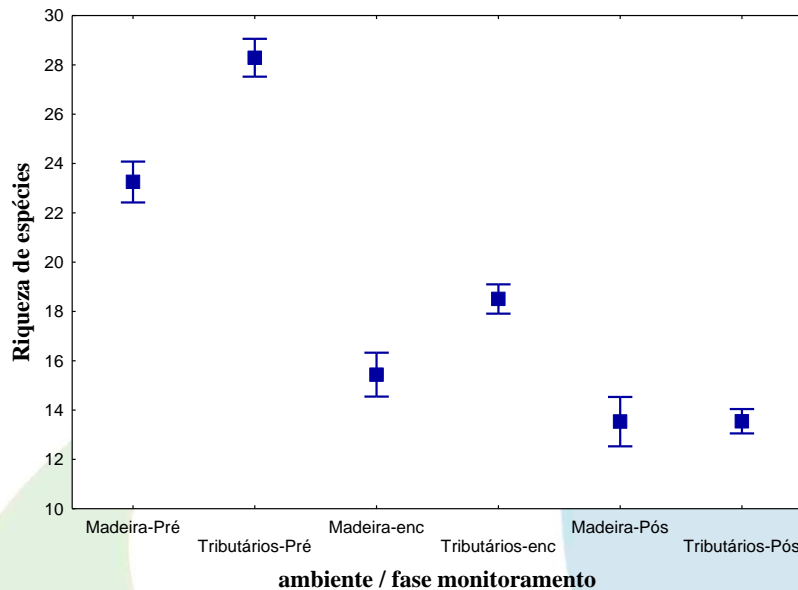
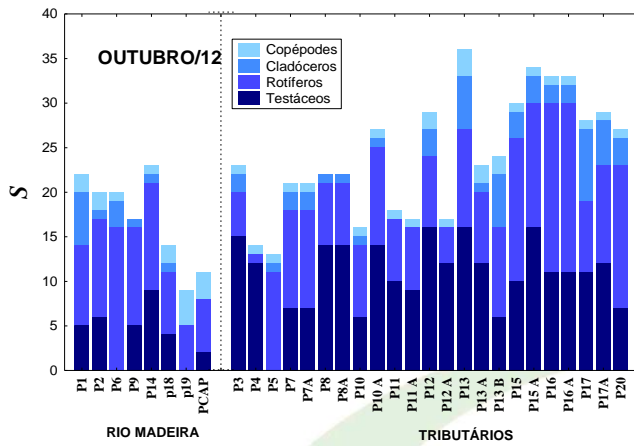
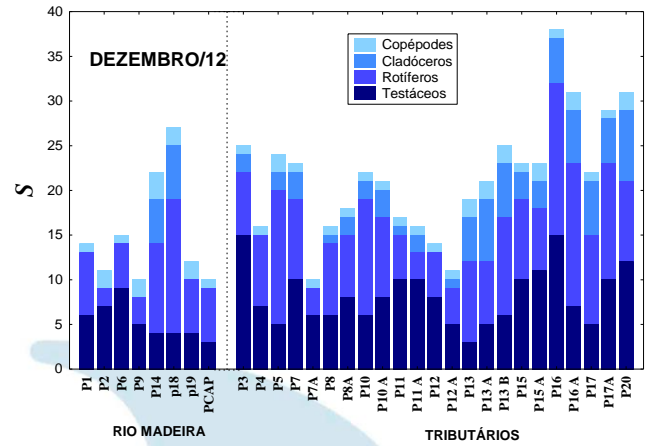


Figura 5-26 - Riqueza de espécies do zooplâncton, no rio Madeira e seus tributários, na área de influência do UHE Jirau, nas fases de pré-enchimento (PRÉ), enchimento (ENC) e pós-enchimento do reservatório (PÓS). (O ponto central representa o valor médio e a barra o erro padrão da média).

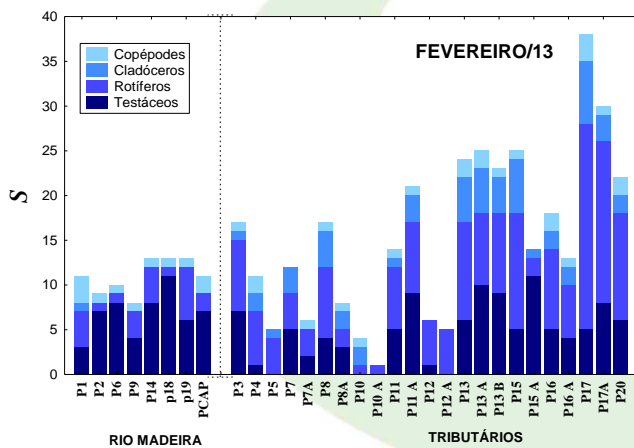
Especialmente, alguns padrões interessantes têm sido observados para as fases de enchimento e, em especial, pós-enchimento do reservatório. Quando comparados rio Madeira e os tributários, maiores valores médios são observados para os tributários, embora neste tipo de ambiente a riqueza seja muito mais variável, de forma que, tanto os maiores como os menores valores de riqueza têm sido verificados em tributários (**Figura 5-27**). Essa grande variação nos tributários parece relacionada a outro padrão espacial observado que tem evidenciado uma maior riqueza de espécies, devido a elevada contribuição de rotíferos e microcrustáceos (cladóceros e copépodes), nos tributários mais a jusante da área de estudo, certamente os mais influenciados pelo represamento, enquanto que nos tributários localizados mais a montante, o predomínio de protozoários testáceos e a reduzida riqueza dos demais grupos, determinam os menores valores de riqueza do zooplâncton nestas áreas do monitoramento (**Figura 5-27**).



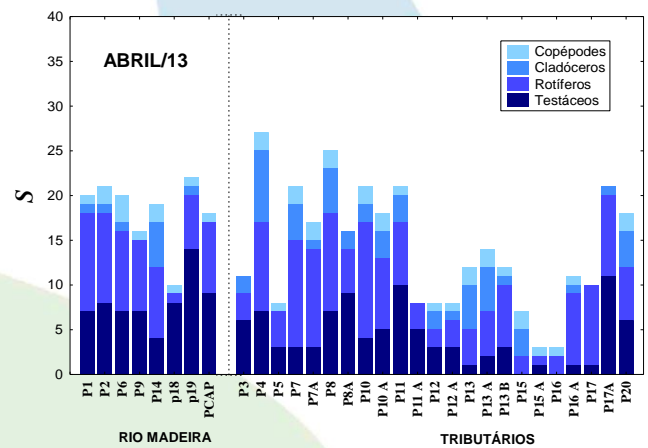
Pontos de amostragem



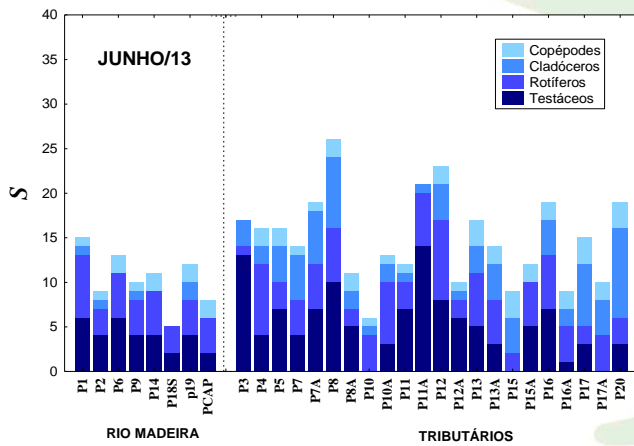
Pontos de amostragem



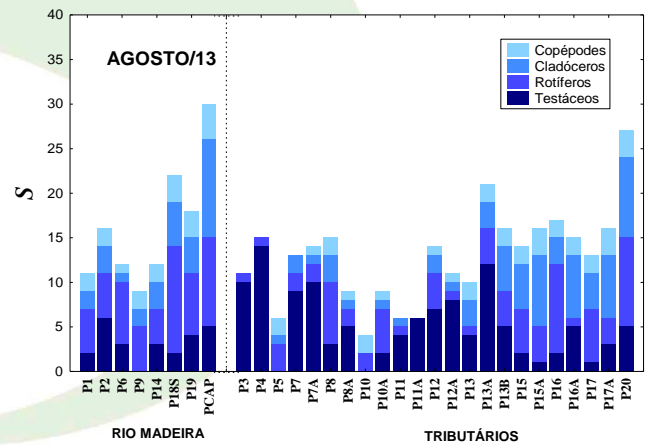
Pontos de amostragem



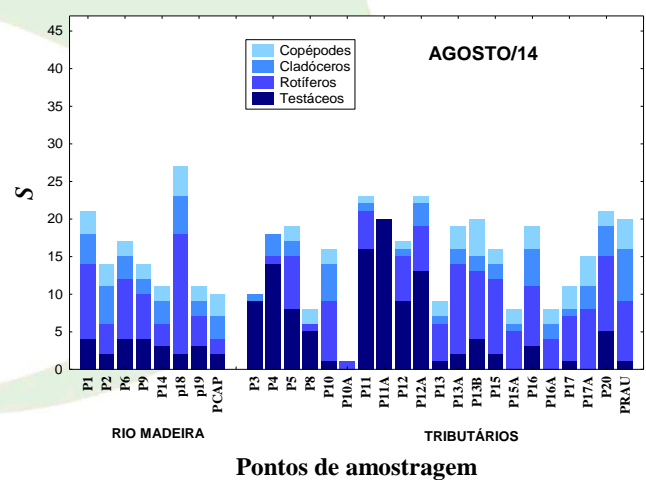
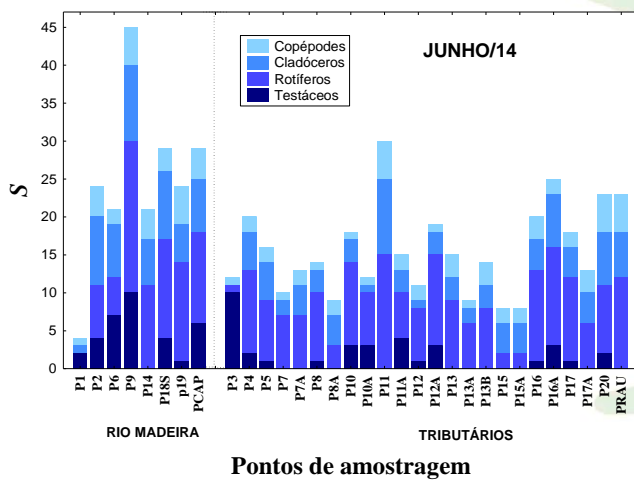
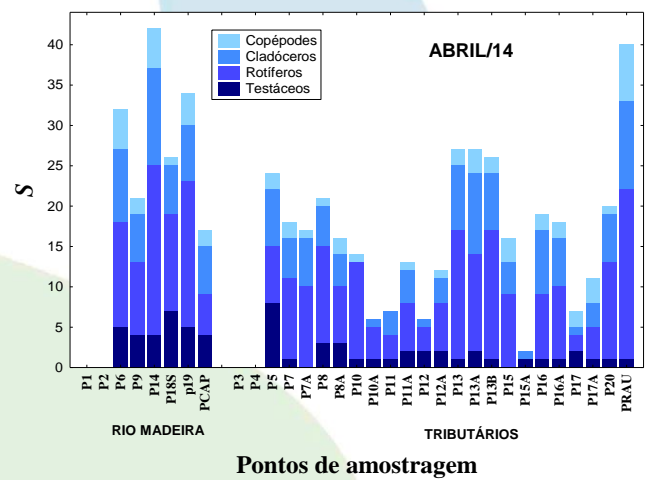
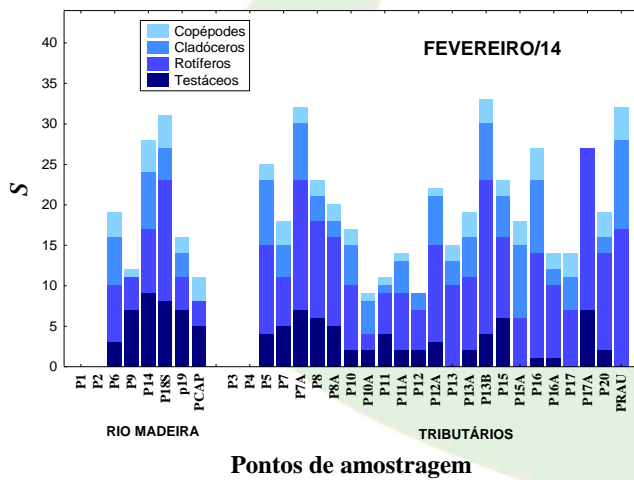
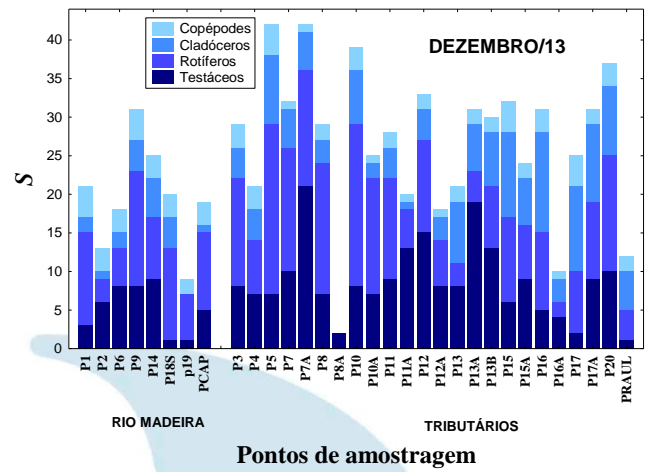
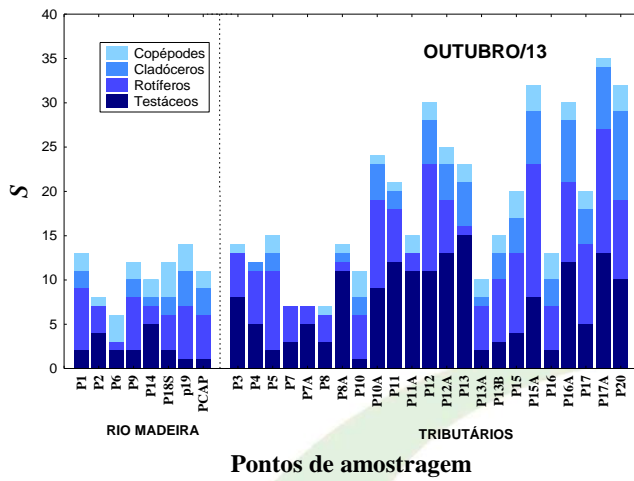
Pontos de amostragem

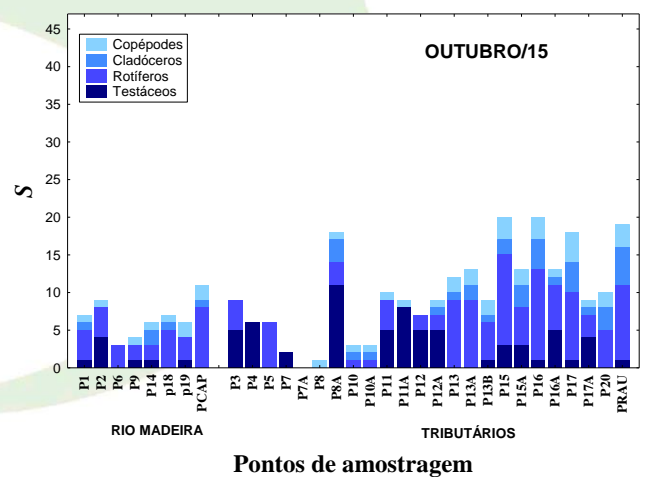
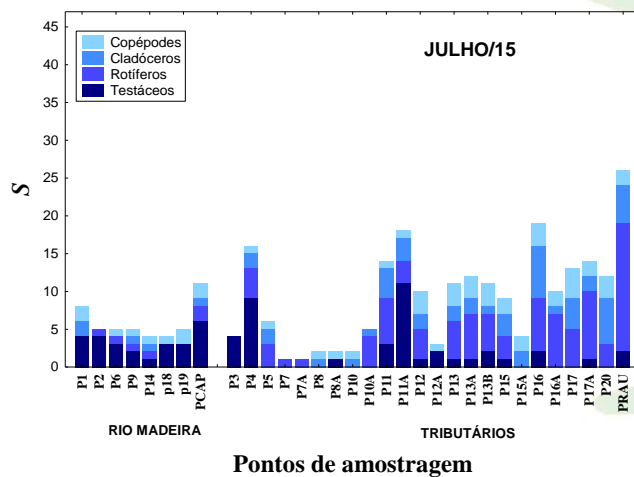
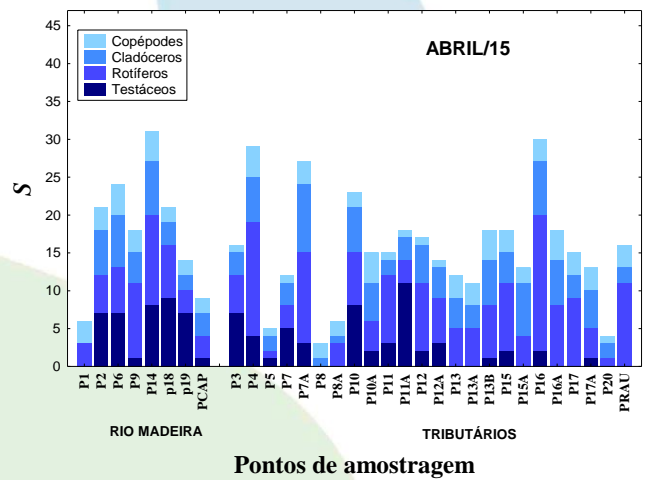
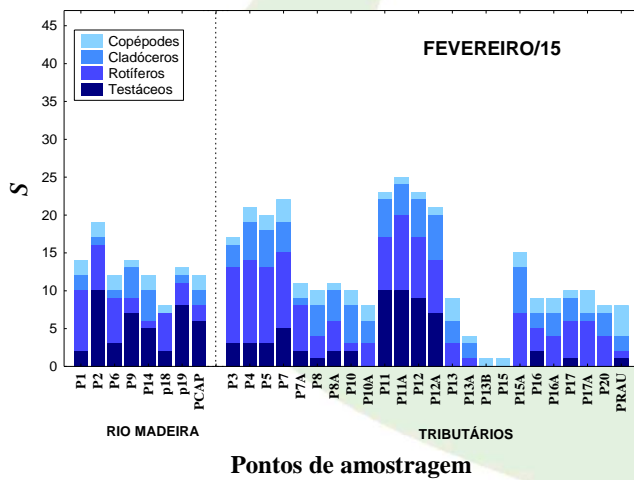
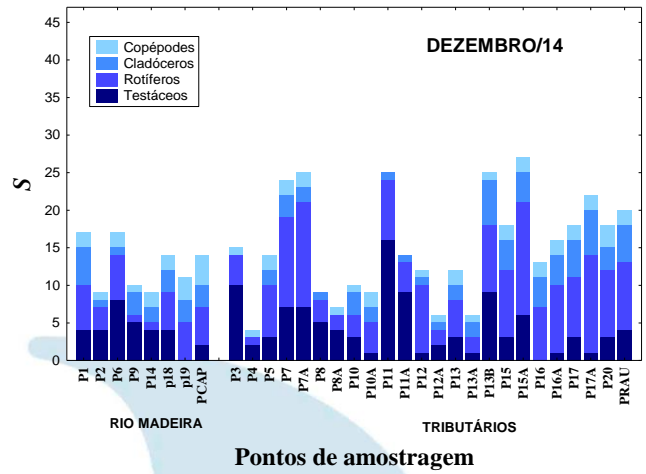
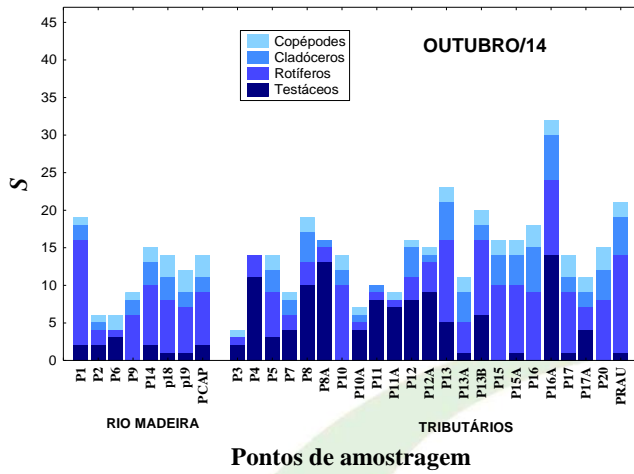


Pontos de amostragem



Pontos de amostragem





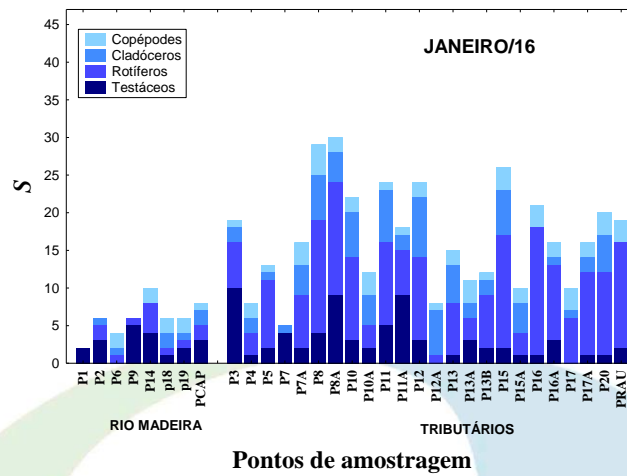


Figura 5-27 - Distribuição espacial e temporal da riqueza de espécies do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do UHE Jirau, nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Diversidade Beta

Em relação à diversidade Beta, índice que evidencia a alteração da composição de espécies entre os diferentes pontos de amostragem do rio Madeira, e entre seus tributários, os valores obtidos têm sido maiores no rio Madeira que em seus tributários, sugerindo que uma maior alteração de espécies ocorra entre os pontos do rio Madeira (**Figura 5-28**).

Ao longo das fases de estudo o que se observa é uma menor variação da diversidade beta entre e dentro de cada tipo de ambiente para a fase de pré-enchimento, enquanto que na fase de enchimento e, especialmente na fase pós-enchimento do reservatório de Jirau uma grande variação nos valores desta diversidade é evidenciado (**Figura 5-28**). Além disso, os resultados sugerem uma tendência de incremento da diversidade Beta, ou seja, um incremento na heterogeneidade da composição de espécies o rio Madeira, após o fechamento do reservatório, enquanto que nos tributários parece haver uma maior homogeneização da composição, com uma redução da diversidade Beta nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau (**Figura 5-28**).

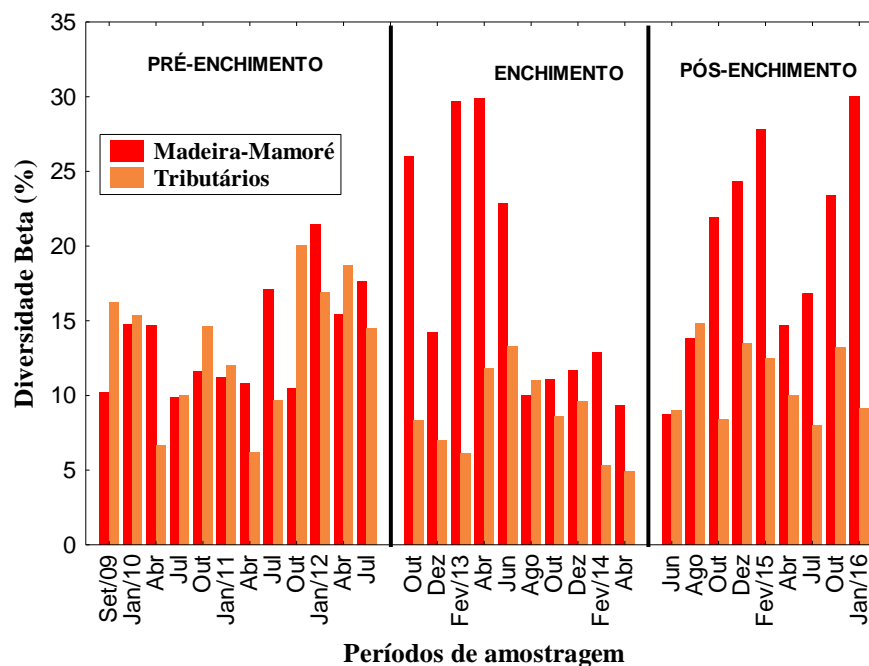


Figura 5-28 - Variação espacial da diversidade Beta do zooplâncton, calculada entre os pontos de amostragem, do rio Madeira e de seus tributários, ao longo de todo o monitoramento da área de influência da UHE Jirau.

Abundância numérica do zooplâncton

Os resultados de abundância numérica do zooplâncton obtidos para a área de influência de Jirau, nos períodos de enchimento e pós-enchimento do reservatório, tem evidenciado valores bastante reduzidos de densidade, em geral, inferiores a 2000 ind.m^{-3} (**Figura 5-30**). Exceções a essas reduzidas abundâncias têm sido registradas para alguns tributários localizados na região mais a jusante da área de estudo, onde as densidades algumas vezes, atingiram valores superiores a $10.000 \text{ ind.m}^{-3}$, mas raramente maiores que $50.000 \text{ ind.m}^{-3}$ (**Figura 5-30**). Deve-se ressaltar que, mesmo estes maiores picos de abundância do zooplâncton verificados em alguns tributários devem ser considerados baixos. Comparativamente, em lagos e reservatórios eutróficos e hipereutróficos, em geral aqueles que apresentam um elevado tempo de residência da água, a densidade da comunidade

zooplancônica pode atingir valores muito superiores aos aqui observados, próximos a 1.000.000 indivíduos/m³ (Lansac-Tôha et al., 2005).

Como já destacado em relatórios anteriores, considerando-se que a comunidade zooplancônica é composta por organismos com pouco poder natatório, estes são facilmente deslocados pelo fluxo de água. Assim, populações de organismos verdadeiramente planctônicas têm seu desenvolvimento fortemente limitado pela velocidade de corrente (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI et al., 1998), de forma que reduzidos valores de abundância dessa comunidade constituem uma característica comum a ambientes com características predominantemente lóxicas (KOBAYASHI et al., 1997, 1998; POURRIOT et al., 1997; BURGER et al., 2002; MWEBASA-NDAWULA et al., 2005).

Apesar de baixos ao longo de todo o monitoramento da área de estudo, quando avaliadas as alterações temporais da densidade, entre as fases do monitoramento, é observada uma tendência de redução também dos valores de densidade na fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório, quando comparadas a fase de pré-enchimento (**Figura 5-29**). No entanto, para a fase pós-enchimento, elevados valores médios de abundância do zooplâncton têm sido verificados para os tributários, certamente determinados por alguns picos de abundância que ocorrem nestes ambientes.

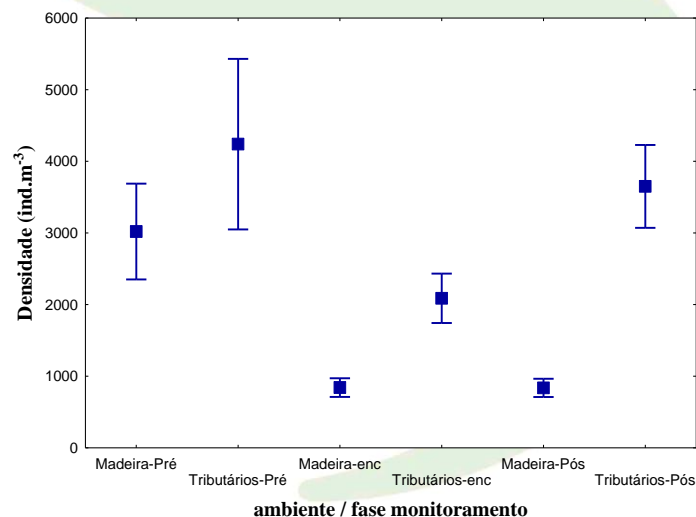


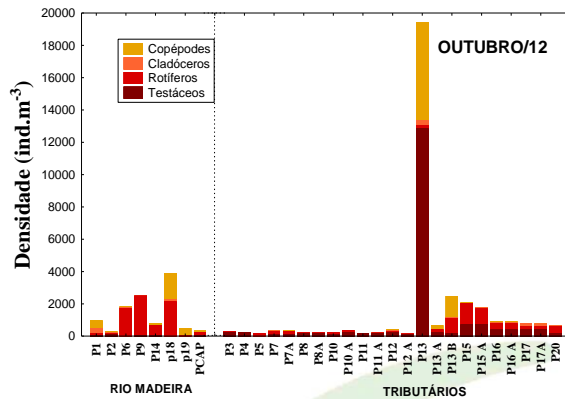
Figura 5-29 - Abundância numérica do zooplâncton, no rio Madeira e seus tributários, nas fases pré-enchimento (PRÉ), enchimento (ENC) e pós-enchimento (PÓS) do reservatório da UHE Jirau.



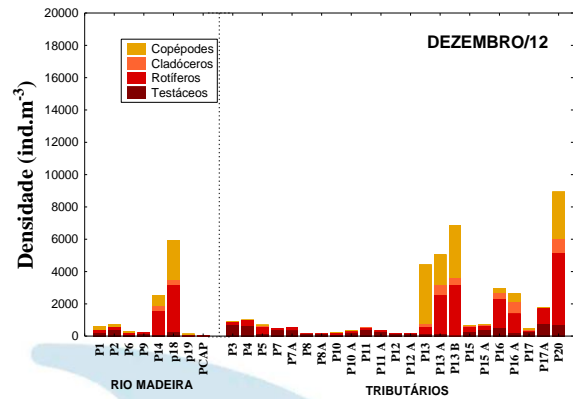
Assim, a densidade média do zooplâncton na fase de pré-enchimento foi de aproximadamente 3.000 ind.m⁻³ no rio Madeira e 4200 ind.m⁻³ nos tributários, enquanto que na fase de enchimento do reservatório ela foi de menos de 1000 ind.m⁻³ no rio Madeira de cerca de 2100 ind.m⁻³ nos tributários, e na fase pós-enchimento foi de aproximadamente 900 ind.m⁻³ no rio Madeira e 3700 ind.m⁻³ nos tributários (**Figura 5-29**).

Especialmente, como destacado acima, as densidades do zooplâncton tem sido, em média, maiores nos tributários do que no rio Madeira, mas também é evidente que essa abundância numérica é muito mais variável nos tributários do que no rio Madeira (**Figura 5-29**). Nesse sentido, assim como observado para a riqueza, um marcado padrão espacial também é observado nos tributários, com maiores valores desse atributo e predomínio de grupos planctônicos como rotíferos e microcrustáceos nos tributários localizados mais a jusante da área de estudo, enquanto que naqueles mais a montante se observa, em geral, o predomínio de protozoários testáceos e os menores valores de abundância do zooplâncton na área de estudo (**Figura 5-30**).

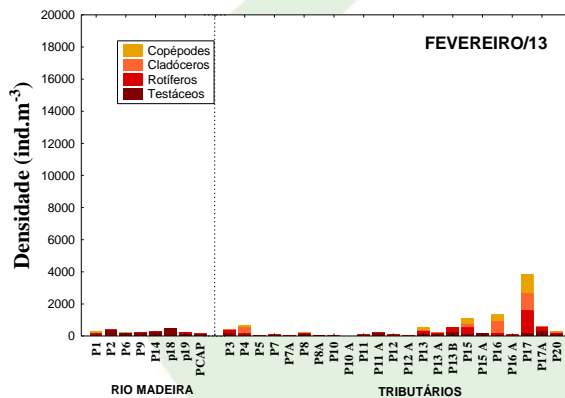
Assim, em relação à contribuição dos diferentes grupos para a abundância total da comunidade zooplanctônica, os resultados obtidos para especialmente para a fase pós-enchimento do reservatório de Jirau, tem evidenciado uma marcada diferença entre os pontos amostrados na área de influência da UHE Jirau, o que sugere, uma considerável heterogeneidade hidrodinâmica entre as regiões investigadas. Assim, como descrito anteriormente, tem sido observada uma maior contribuição dos grupos tipicamente planctônicos, como rotíferos e microcrustáceos, nas áreas de maior abundância do zooplâncton, ou seja, nos tributários localizados mais a jusante da área de estudo. Nos tributários de montante, pontos caracterizados pelas menores densidades do zooplâncton, predominaram os protozoários testáceos, enquanto que na maioria dos pontos localizados no rio Madeira, os rotíferos têm, em geral, se destacado (**Figura 5-30**). Esses resultados sugerem que a hidrodinâmica se destaca entre os fatores estruturadores da comunidade zooplanctônica na área de influência do reservatório de Jirau.



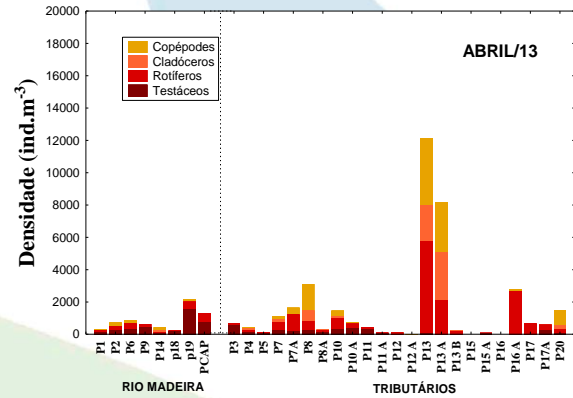
Pontos de amostragem



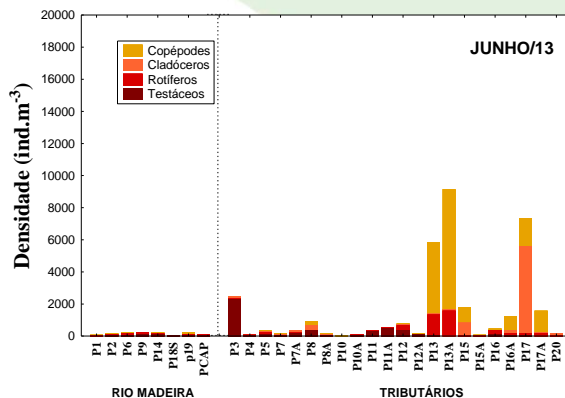
Pontos de amostragem



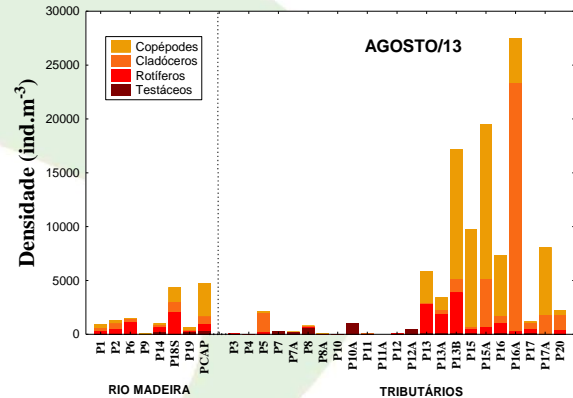
Pontos de amostragem



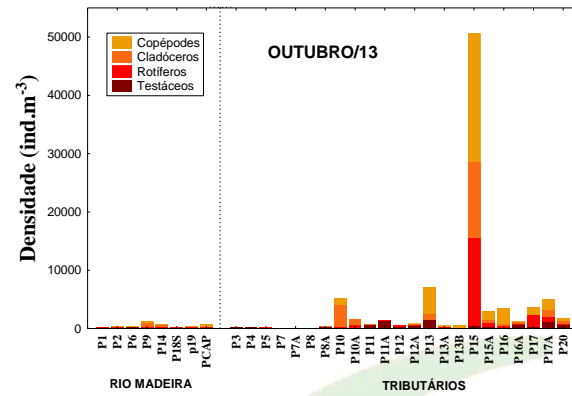
Pontos de amostragem



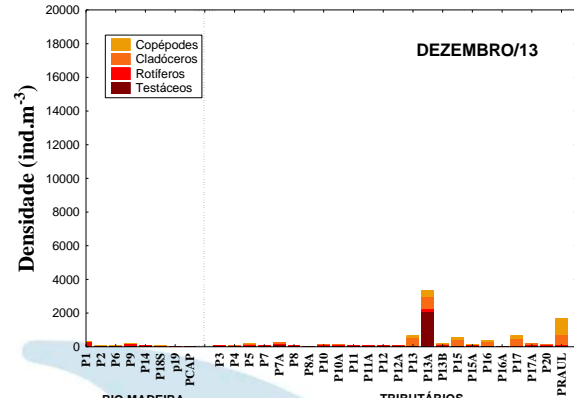
Pontos de amostragem



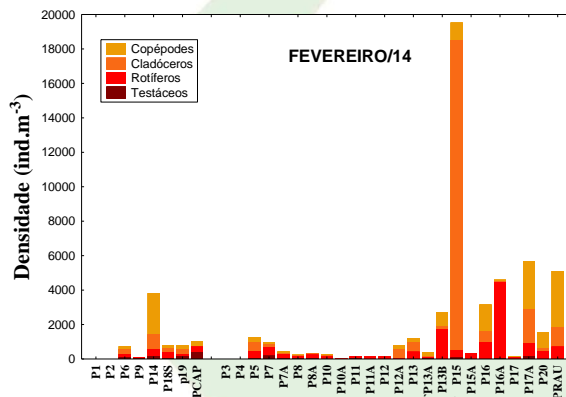
Pontos de amostragem



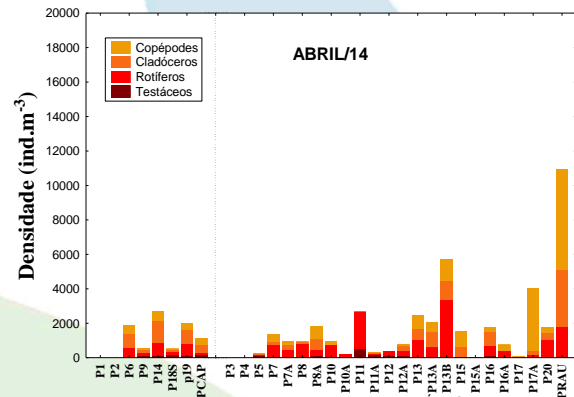
Pontos de amostragem



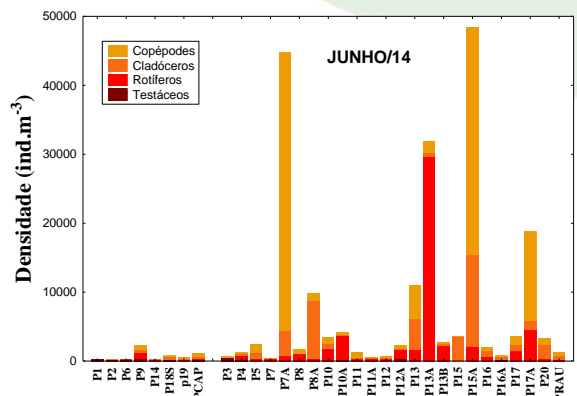
Pontos de amostragem



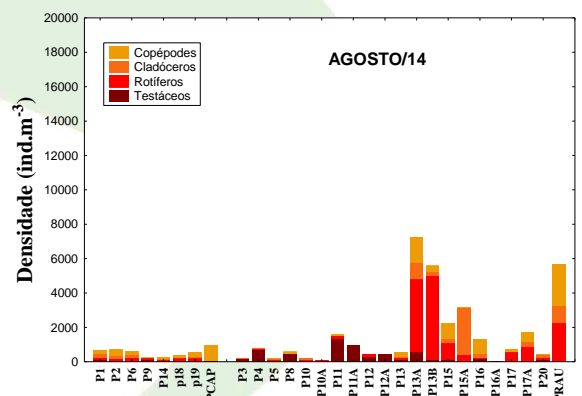
Pontos de amostragem



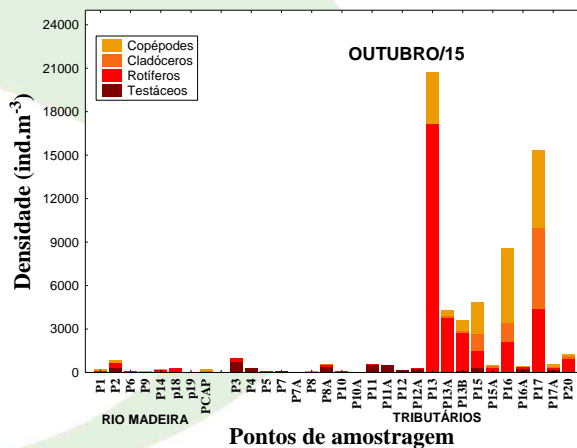
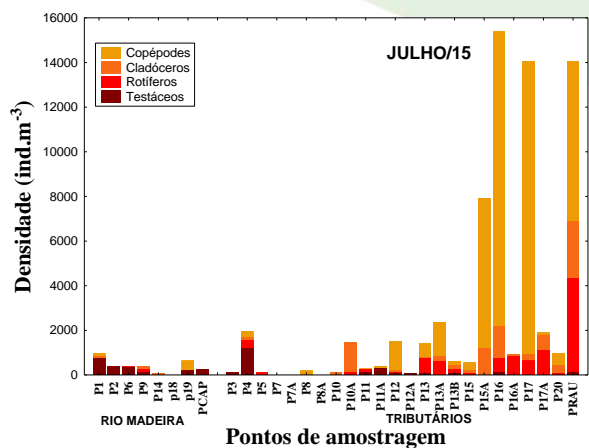
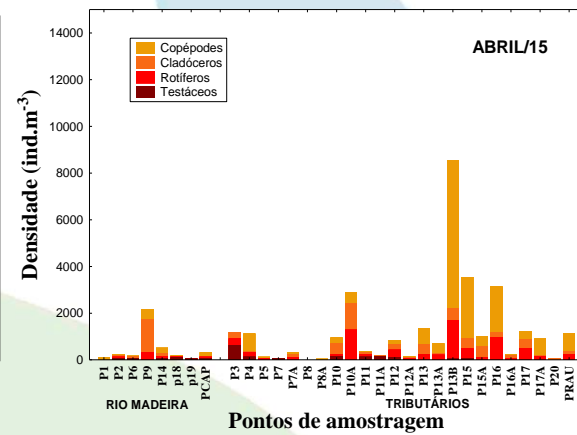
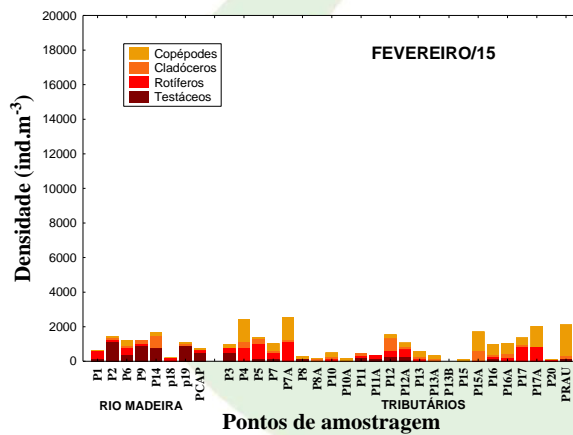
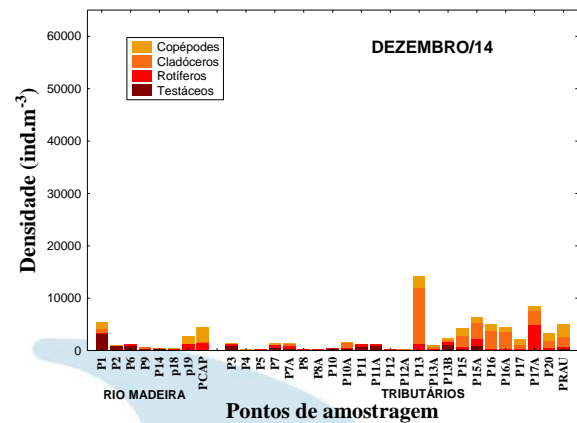
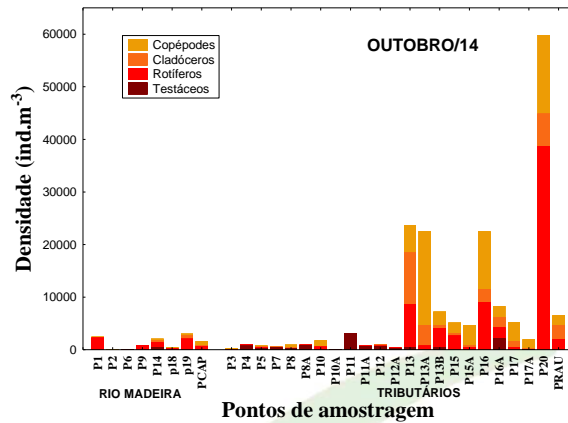
Pontos de amostragem



Pontos de amostragem



Pontos de amostragem



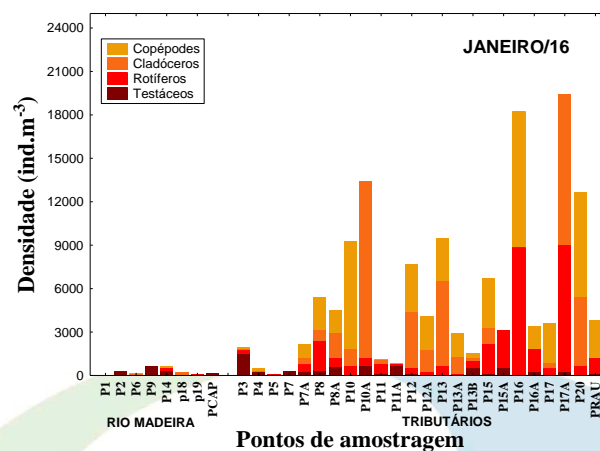


Figura 5-30 - Distribuição espacial e temporal da densidade do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do UHE Jirau, nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório (notar diferenças nas escalas entre os gráficos).

Biomassa

Os resultados obtidos para a biomassa do zooplâncton tem, em geral, apresentado os mesmos padrões espaciais e temporais verificados para a abundância numérica da comunidade (5-31 e 5-32). Desta forma, também para a biomassa os valores observados são bastante reduzidos (em geral inferiores a $1000 \mu\text{gPS.m}^{-3}$), se comparados a valores obtidos em estudos sobre a biomassa do zooplâncton de lagos e reservatórios produtivos. Bonecker et al. (2007), estudando reservatórios paranaenses, registraram valores de biomassa do zooplâncton flutuando entre 7.540 e 105.580 $\mu\text{gPS.m}^{-3}$. Sendacz et al. (2006), em investigação em reservatórios de diferentes níveis tróficos do estado de São Paulo, encontraram valores de biomassa variando entre 11.500 e 357.000 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$, e Leitão e Rocha (2000) observaram valores de biomassa do zooplâncton variando entre aproximadamente 4.000 e 62.000 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$.

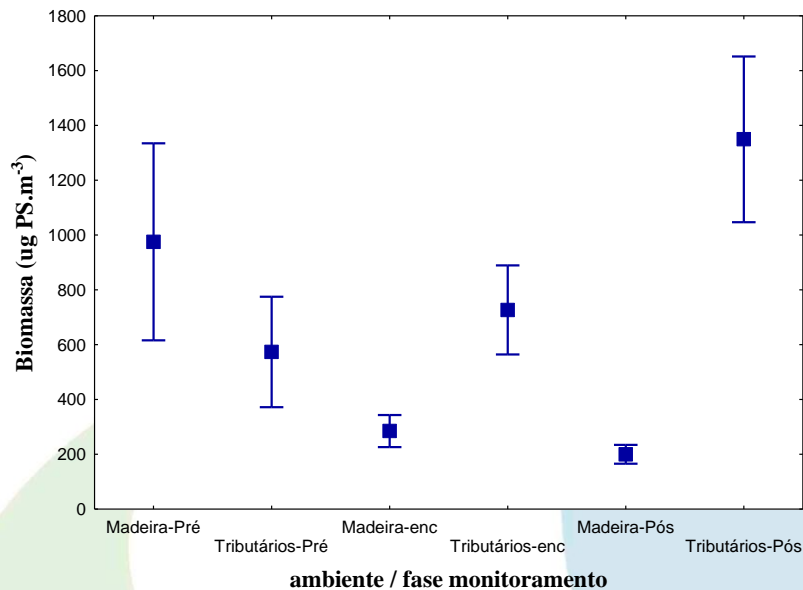


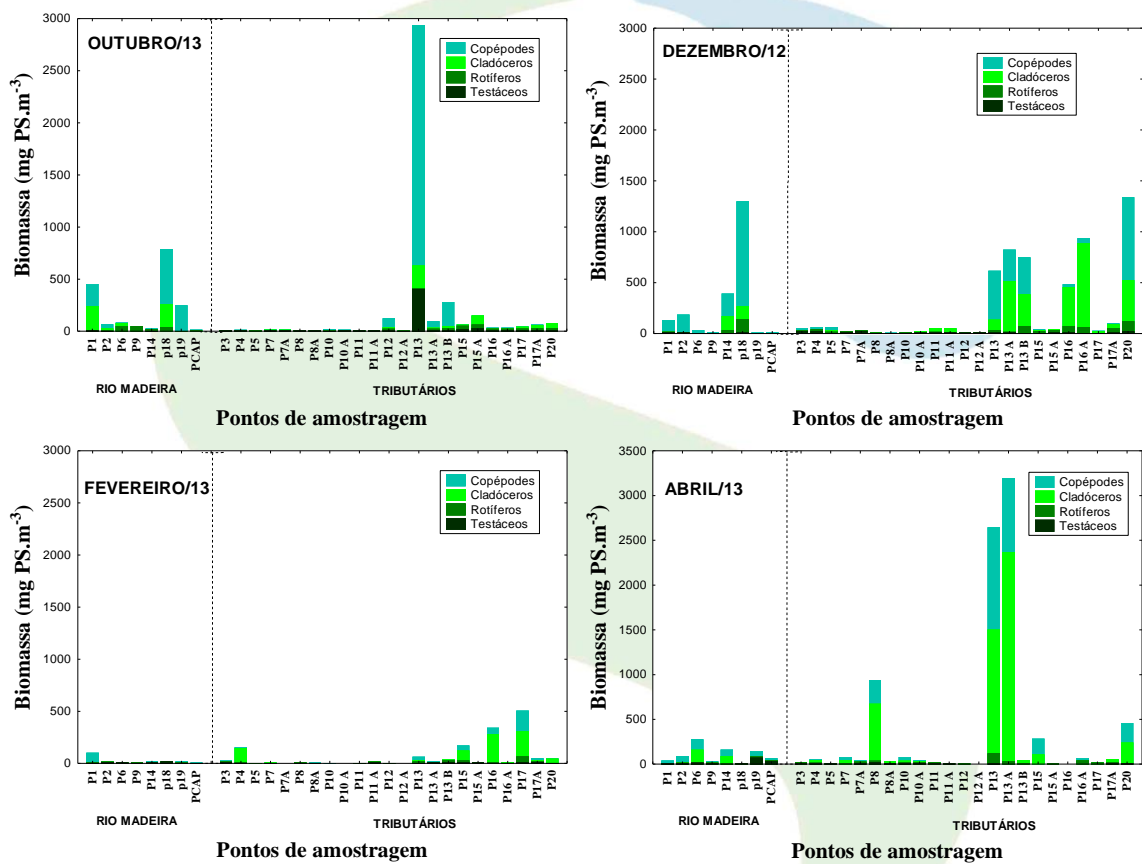
Figura 5-31 - Abundância numérica do zooplâncton, no rio Madeira e seus tributários, na área de influência da UHE Jirau, nas fases de pré-enchimento (PRÉ), enchimento (ENC) e pós-enchimento do reservatório (PÓS). (O ponto central representa o valor médio e a barra o erro padrão da média).

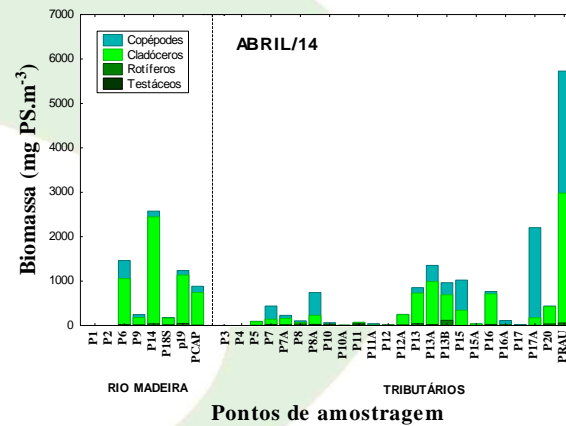
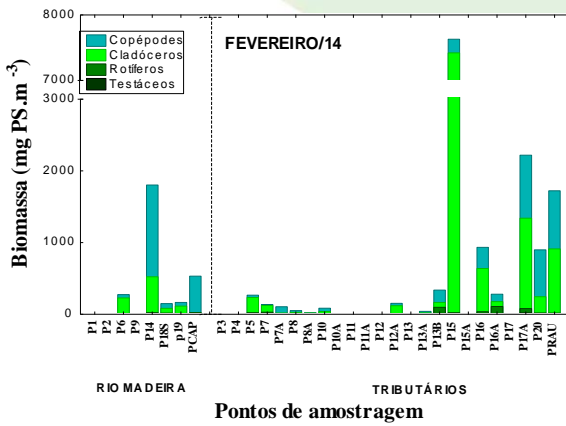
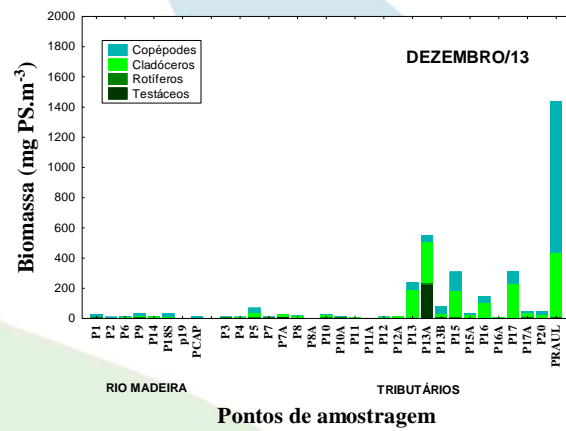
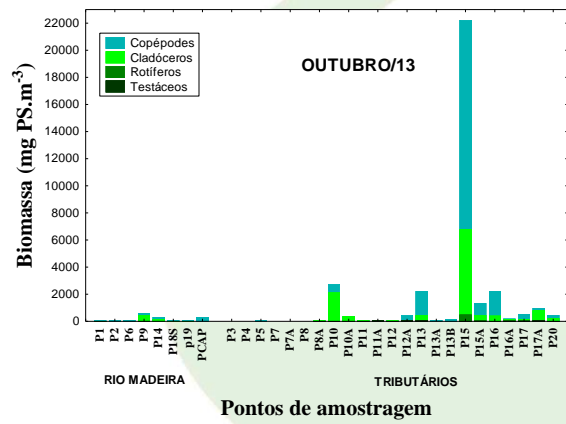
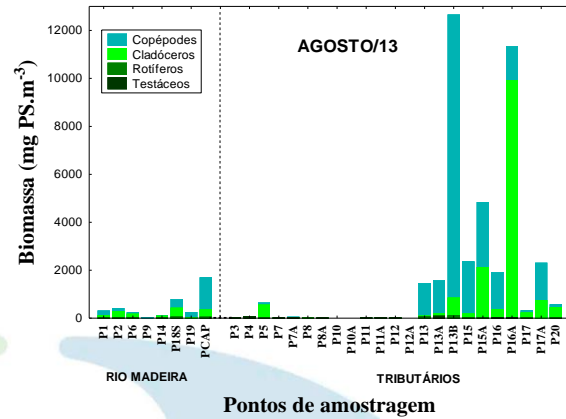
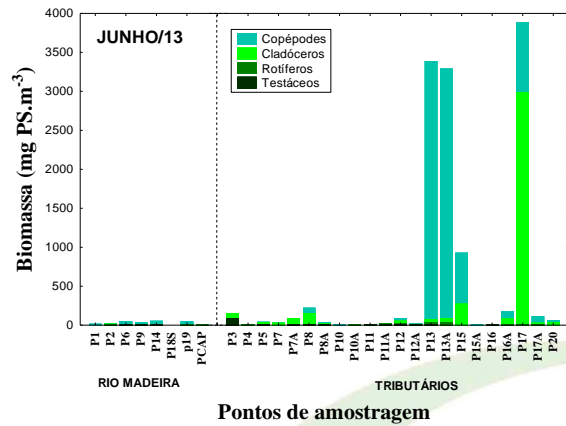
Espacialmente, também são evidenciados maiores valores de biomassa e mais variáveis nos tributários do que no rio Madeira, principalmente nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório. Assim, os valores médios de biomassa do zooplâncton flutuaram entre aproximadamente 950 no rio Madeira e 550 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ nos tributários, na fase de pré-enchimento; entre 250 no rio Madeira e 700 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ nos tributários, na fase de enchimento do reservatório; e entre 150 no rio Madeira e 1350 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ nos tributários, na fase de pós-enchimento na fase pós-enchimento do reservatório de Jirau.

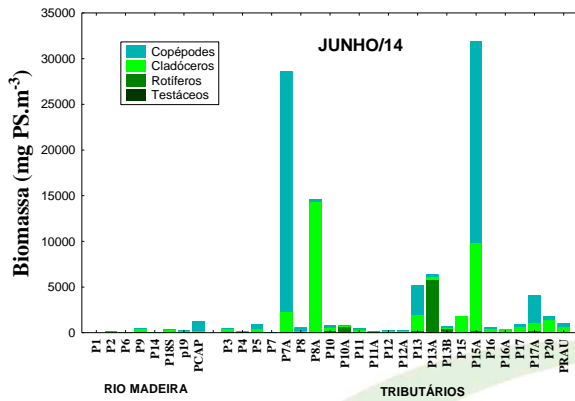
Por outro lado, alguns padrões de biomassa são distintos daqueles observados para a densidade do zooplâncton. Para a biomassa se observou uma marcada tendência de redução em seus valores no rio Madeira, desde a fase de pré-enchimento até a fase pós-enchimento do reservatório, enquanto que para os tributários os valores incrementaram marcadamente a partir do enchimento do reservatório, sendo os maiores valores de densidade registrados nos últimos meses de estudo, na fase pós-enchimento do reservatório de Jirau (**Figuras 5-31 e 5-32**). Tal padrão se deve certamente ao



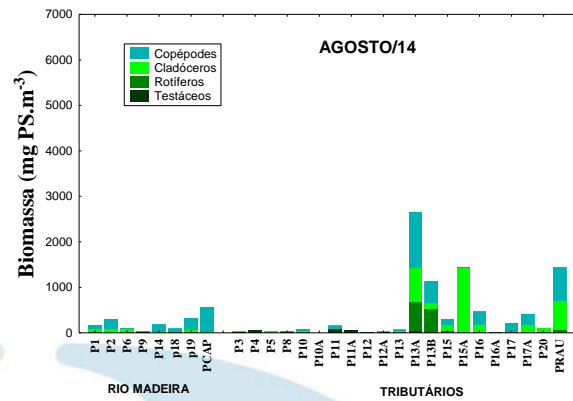
incremento na participação de microcrustáceos na determinação da densidade, que é muito mais expressivo em termos de biomassa do zooplâncton (considerando serem estes os maiores organismos do zooplâncton de água doce) especialmente nesta última fase de estudo (pós-enchimento do reservatório). Isso é bastante evidente, se não em todos, pelo menos naqueles tributários localizados mais a jusante da área de estudo, certamente mais influenciados pelo barramento de Jirau (**Figuras 5-32**).



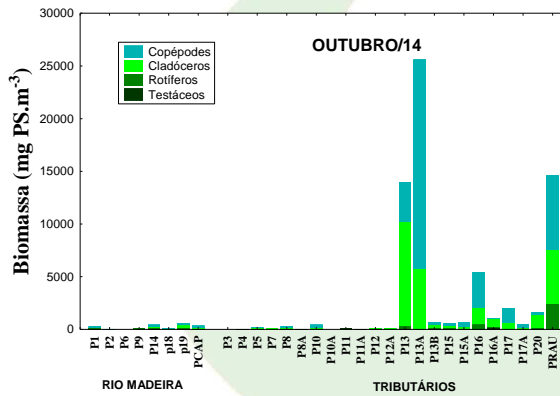




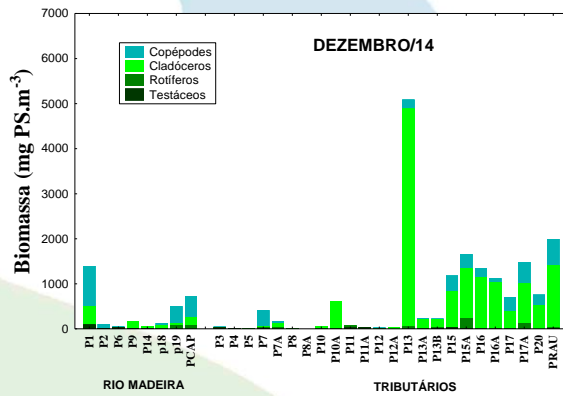
Pontos de amostragem



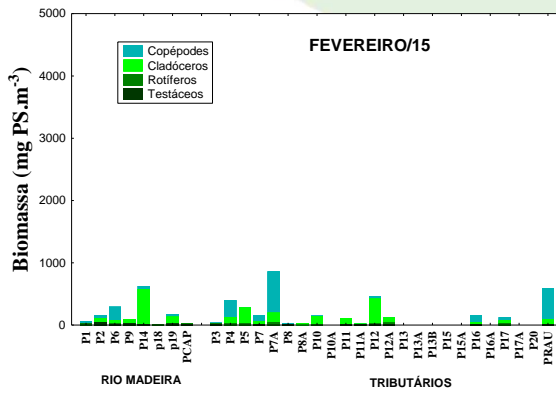
Pontos de amostragem



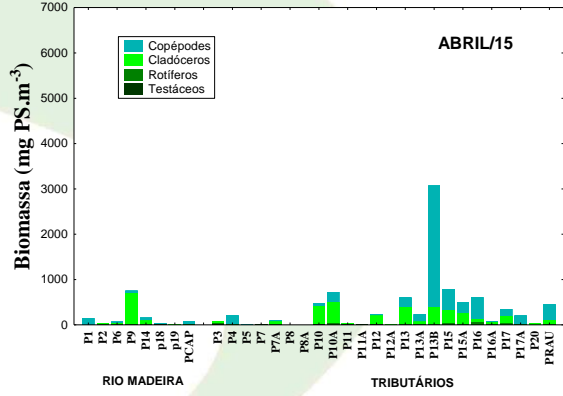
Pontos de amostragem



Pontos de amostragem



Pontos de amostragem



Pontos de amostragem

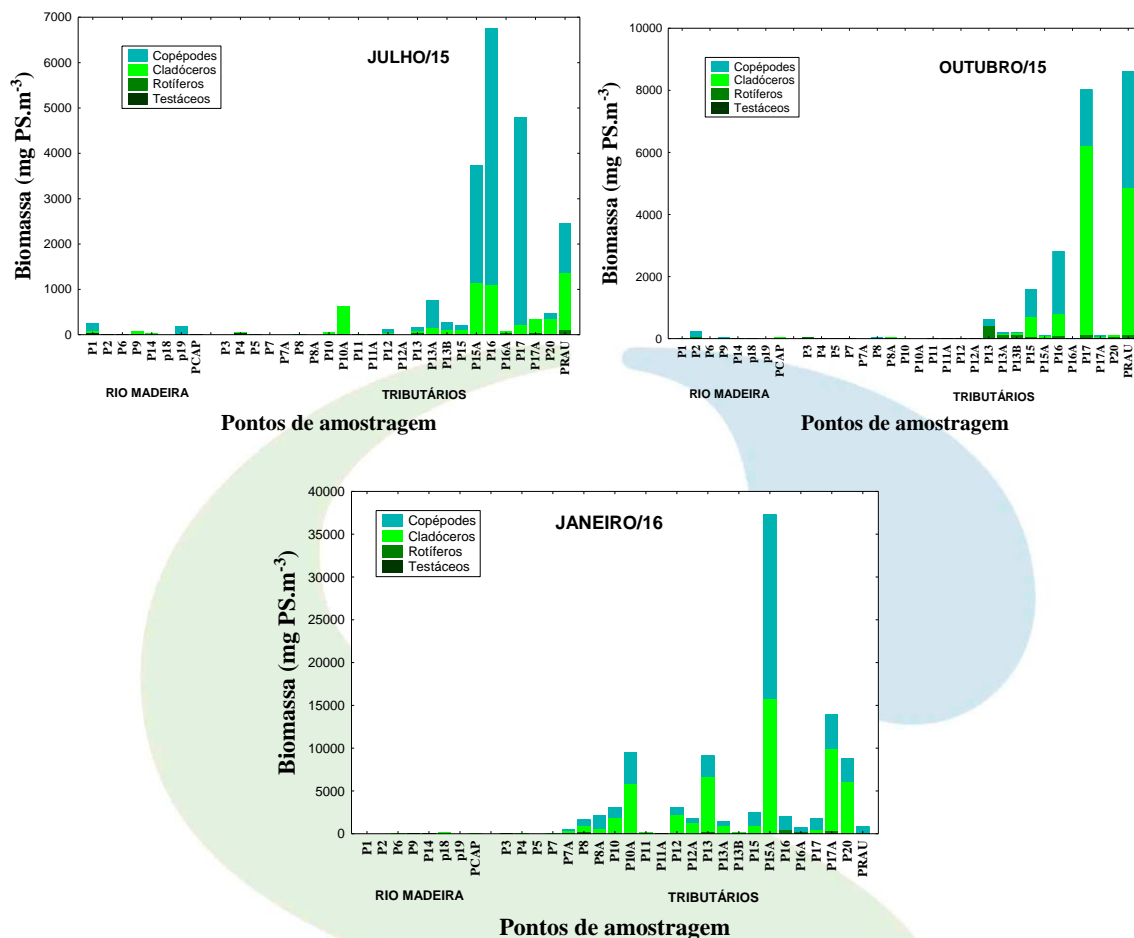


Figura 5-32 - Distribuição espacial e temporal da biomassa do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do UHE Jirau, nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório (notar diferenças nas escalas entre os gráficos).

Índice de diversidade e equitabilidade

Assim como observado para a riqueza de espécies e densidade do zooplâncton, também para o índice de diversidade se verifica uma tendência de redução em seus valores desde a fase de pré-enchimento até a fase pós-enchimento do reservatório, tanto para o rio Madeira como para seus tributários (**Figura 5-33**). Assim, índices de diversidade superiores a 2 bits.ind.⁻¹, considerados elevados, foram observados para a fase de pré-enchimento, declinando para valores em torno de 1,9

bits.ind.⁻¹ na fase de enchimento do reservatório de Jirau, e para valores médios próximos de 1,5 bits.ind.⁻¹ na fase pós-enchimento do reservatório. Entre os ambientes, rio Madeira e tributários, observa-se uma inversão no padrão, com maiores valores de índice de diversidade nos tributários, na fase de pré-enchimento, enquanto que na fase pós-enchimento, maiores valores deste índice, em média, são observados para o rio Madeira (**Figura 5-33**).

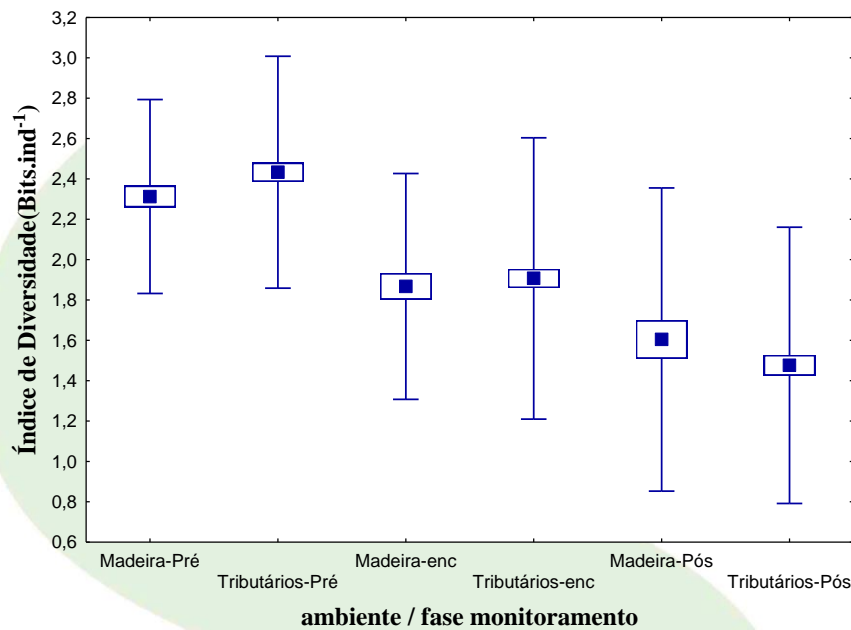
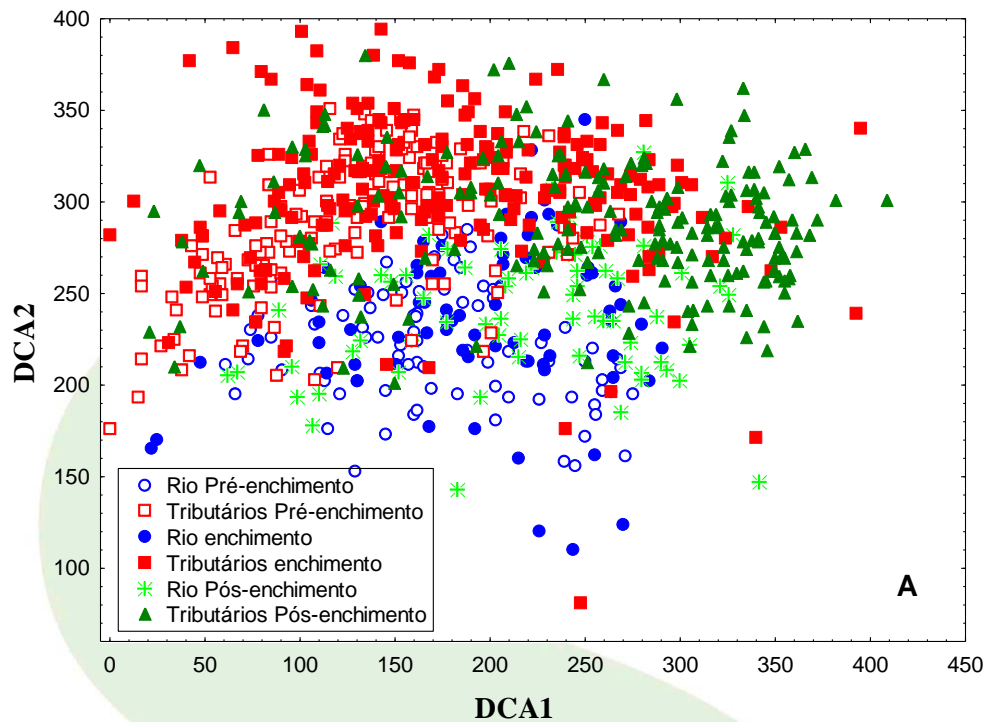


Figura 5-33 - Variação do índice de diversidade (H') do zooplâncton registrada para a área de influência da UHE Jirau, no rio Madeira e em seus tributários, ao longo de todo o monitoramento.

Estrutura da Comunidade: Análise de Correspondência (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os resultados de Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) têm evidenciado uma maior segregação espacial que temporal das amostras de zooplâncton, discriminando especialmente as amostras obtidas na calha principal do rio Madeira daquelas tomadas em seus tributários. Tal distinção é evidenciada, em geral, para as amostras obtidas ao longo de todo o monitoramento,

incluindo cada uma das fases estudadas: pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório (**Figura 5-34A**).



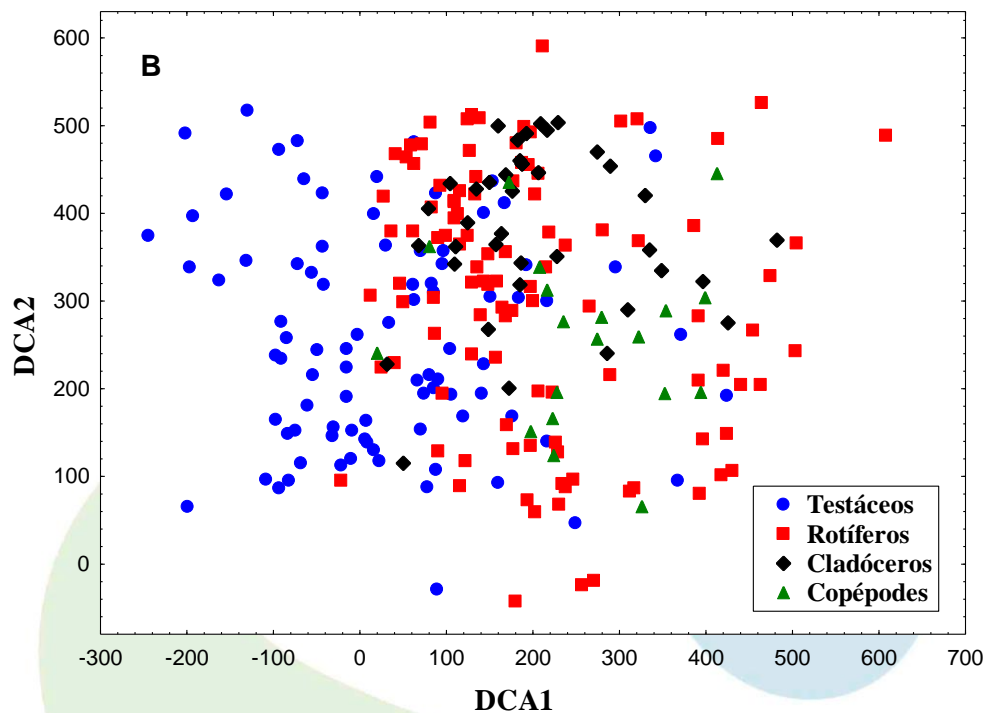


Figura 5-34 - Distribuição dos escores dos pontos de amostragem (A) e dos principais táxons zooplantônicos (B), derivados de uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) realizada a partir dos dados de abundância numérica das espécies zooplantônicas, obtidos à superfície, nas fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau.

Temporalmente, apesar de uma marcada sobreposição das amostras, no que se refere às fases de estudo, começa a ser evidenciada alguma discriminação das amostras, principalmente aquelas da fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório, e em especial para as amostras dos tributários. Assim, as amostras dos tributários na fase de pré-enchimento estão, em geral, mais positivamente correlacionadas ao eixo 1 da DCA, as amostras do enchimento, estão em geral distribuídas ao longo de todo eixo, enquanto que as amostras dos tributários na fase pós-enchimento encontram-se mais negativamente correlacionadas a esse eixo (**Figura 5-34 A**).

Em relação à distribuição das espécies zooplânctônicas, tem sido evidenciada a segregação entre as espécies de protozoários testáceos, mais positivamente correlacionadas ao eixo 1 da DCA e que, em



geral, caracterizam amostras de ambientes predominantemente lóticos, de grande parte das espécies de rotíferos e microcrustáceos, mais negativamente correlacionadas a este eixo, e que frequentemente caracterizam amostras de locais com maior tempo de residência da água (**Figura 5-34 B**). Assim, considerando a tendência de distribuição temporal das amostras ao longo do eixo 1 da DCA, começa a ficar evidente também uma mudança temporal na organização da comunidade zooplanctônica, de forma que, os testáceos parecem caracterizar bem, não apenas as amostras dos tributários, mas também grande parte das amostras da fase de pré-enchimento do reservatório (**Figura 5-34 B**).

Os resultados da Análise de Correlação Canônica (CCA), tem corroborado os padrões espaciais e temporais evidenciados pela DCA, de forma que a CCA também tem sugerido uma maior segregação espacial do que temporal das amostras, no que diz respeito tanto à organização da comunidade zooplanctônica, quanto para as variáveis abióticas (**Figura 5-35 A**). Assim, também para a CCA, tem sido evidente a segregação de grande parte das amostras do rio Madeira caracterizadas, principalmente, pelos maiores valores de pH, condutividade, sólidos totais, das amostras dos tributários, caracterizadas, em geral, pelos maiores valores de turbidez, velocidade de corrente, nitrogênio total, temperatura e abundância fitoplanctônica (**Figura 5-35 A**).

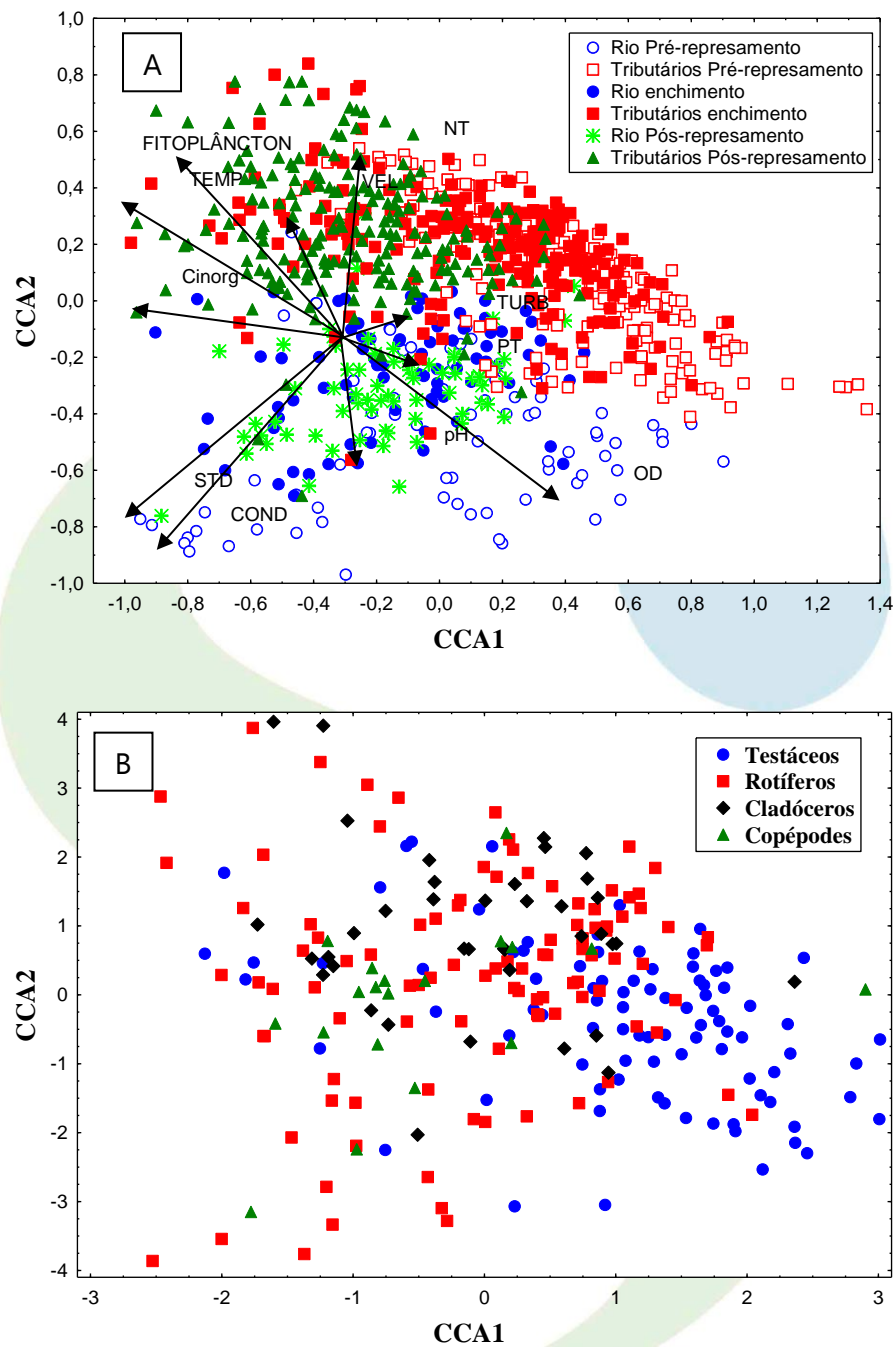


Figura 5-35 - Distribuição dos escores dos pontos de amostragem (A) e dos principais táxons zooplancônicos (B), derivados de uma Análise de Correlação Canônica (CCA), realizada a partir dos dados de abundância numérica das espécies zooplancônicas e as variáveis ambientais, obtidos à superfície, nas fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau.



Temporalmente, assim como evidenciado pela DCA, as amostras da fase pós-enchimento do reservatório começam a apresentar um padrão distinto de distribuição no diagrama, com uma tendência de estarem mais negativamente correlacionadas ao eixo um e serem caracterizadas, em geral, por valores mais elevados de temperatura da água e de abundância fitoplanctônica, especialmente as amostras dos tributários (**Figura 5-35 A**).

Em relação à comunidade zooplânctônica, mantém-se a tendência descrita para a DCA, com a grande maioria das espécies de protozoários testáceos, e também um número considerável de espécies de rotíferos e cladóceros caracterizarem o zooplâncton dos tributários, enquanto que algumas espécies de rotíferos e microcrustáceos parecem ser mais importantes nas amostras dos rios Madeira e Mamoré.

Além disso, os resultados da CCA começam a sugerir algum efeito do barramento na organização da comunidade, de forma que os protozoários testáceos, mais positivamente correlacionados ao eixo 1, parecem caracterizar principalmente as amostras da fase de pré-enchimento, enquanto que os grupos tipicamente planctônicos, com a maioria das espécies de rotíferos e microcrustáceos, estão mais positivamente correlacionados a esse eixo, caracterizando grande parte das amostras da fase pós-enchimento do reservatório (**Figura 5-35 B**).

Zoobentos

Composição

A comunidade bentônica foi composta por 177 táxons, incluindo os filos Nematoda, Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), Annelida (Oligochaeta e Hirudinea) e Arthropoda (Prostigmata, Crustacea e Insecta) na área de influência da UHE Jirau, durante as fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório. Maiores valores de riqueza total de táxons foram registrados na fase de enchimento, principalmente nos tributários.

Os insetos aquáticos (principalmente Chironomidae) e anelídeos (Oligochaeta) foram os mais ricos e abundantes durante o período do monitoramento. Maior contribuição destes grupos foi registrada nos tributários.

Diversidade alfa (número de táxons por amostra)

No rio Madeira e nos tributários, os maiores valores médios de riqueza de táxons foram observados na fase de enchimento, principalmente nos tributários. No rio Madeira, na fase de enchimento, os maiores valores médios de riqueza foram registrados em abril e dezembro de 2013, ao passo que nos tributários, os maiores valores de riqueza foram observados em outubro de 2012, abril, junho, agosto e dezembro de 2013. Menores valores de riqueza de invertebrados foram registrados na fase pós-enchimento (**Figura 5-36**). Durante o monitoramento, maiores valores de riqueza de invertebrados, em geral, foram registrados nas fases pré-enchimento e enchimento, na área de influência da UHE Jirau.

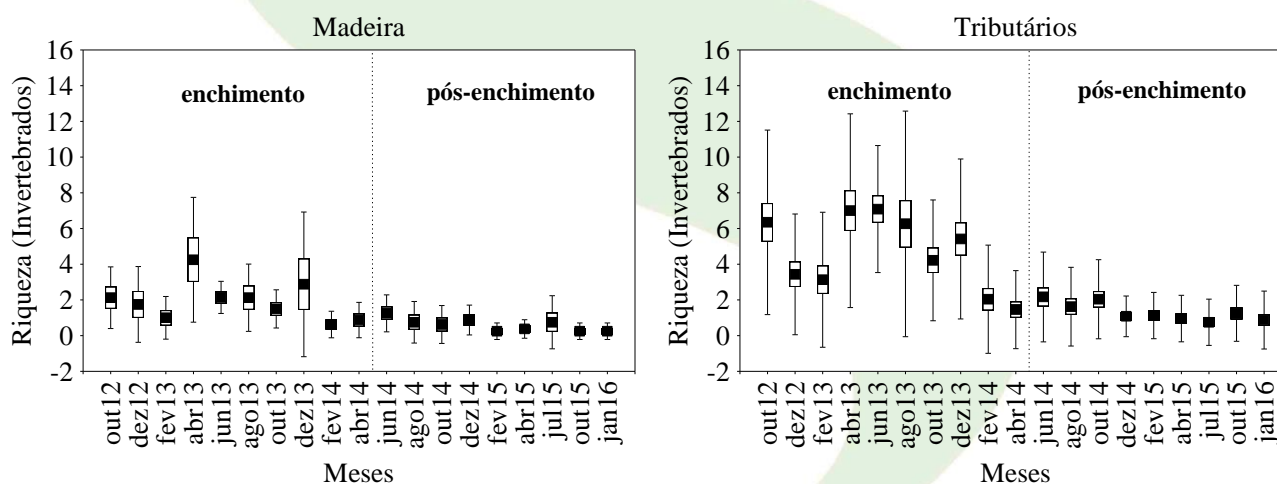


Figura 5-36 - Variação temporal e espacial da riqueza de invertebrados na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Maiores valores de riqueza de Oligochaeta foram registrados nos tributários, na fase de enchimento. No rio Madeira, maiores valores médios foram observados em abril e junho de 2013, enquanto nos tributários em outubro de 2012 e abril de 2013. Durante a fase pós-enchimento, os valores de riqueza de Oligochaeta foram inferiores (**Figura 5-37**).

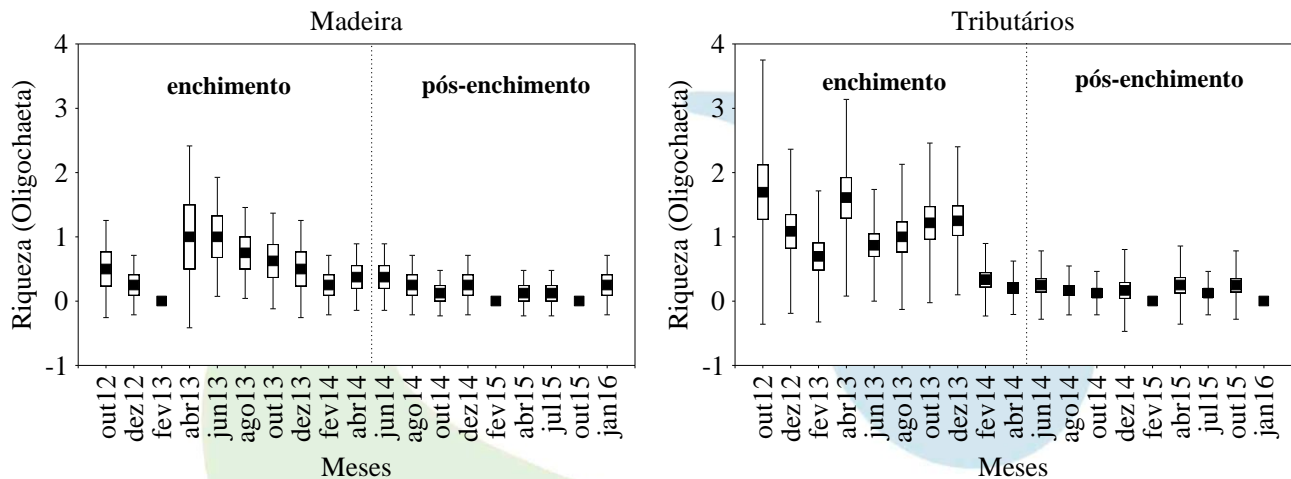


Figura 5-37 - Variação temporal e espacial da riqueza de Oligochaeta na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Nenhum indivíduo de Plecoptera foi registrado nas fases de enchimento e pós-enchimento. No rio Madeira, os maiores valores de riqueza de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foram registrados em abril e dezembro de 2013, ao passo que nos tributários, as maiores riquezas foram observadas em outubro de 2012, abril, junho e dezembro de 2013 na fase de enchimento. Menores valores de riqueza de EPT foram observados na fase pós-enchimento (**Figura 5-38**).

Durante a fase pré-enchimento foi registrado maiores valores de riqueza de EPT na área de influência da UHE Jirau.

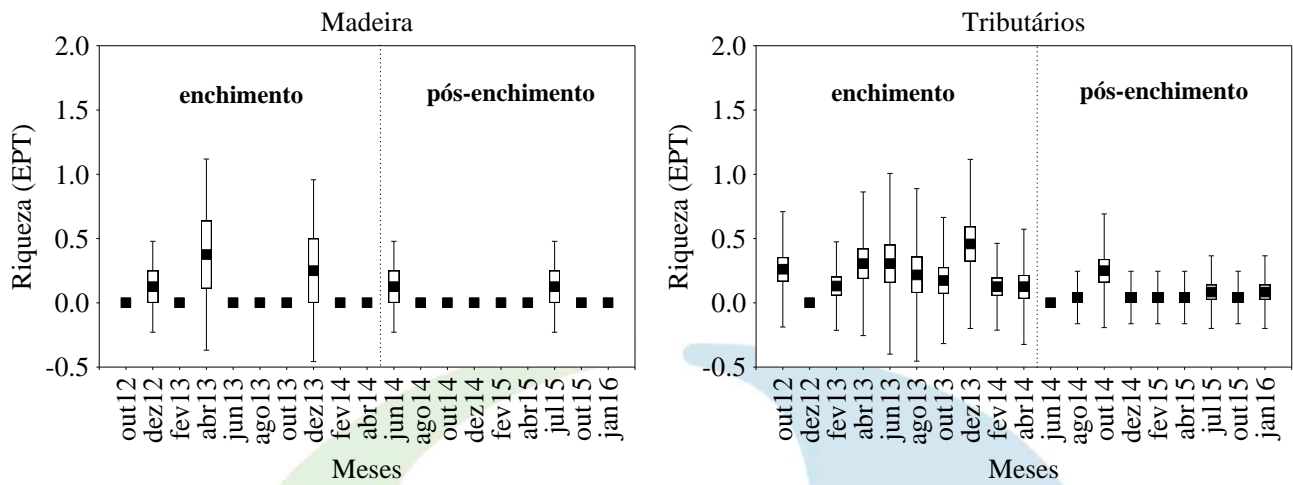


Figura 5-38 - Variação temporal e espacial da riqueza de EPT na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento do reservatório).

Na fase de enchimento do reservatório foram constatados maiores valores médios de riqueza de Chironomidae nos tributários. No rio Madeira, os maiores valores de riqueza deste inseto foram registrados em abril e dezembro de 2013, ao passo que nos tributários, as maiores riquezas foram observadas em outubro de 2012, abril, junho, agosto e dezembro de 2013. Na fase pós-enchimento, maiores valores de riqueza de Chironomidae foram registrados nos tributários (**Figura 5-39**).

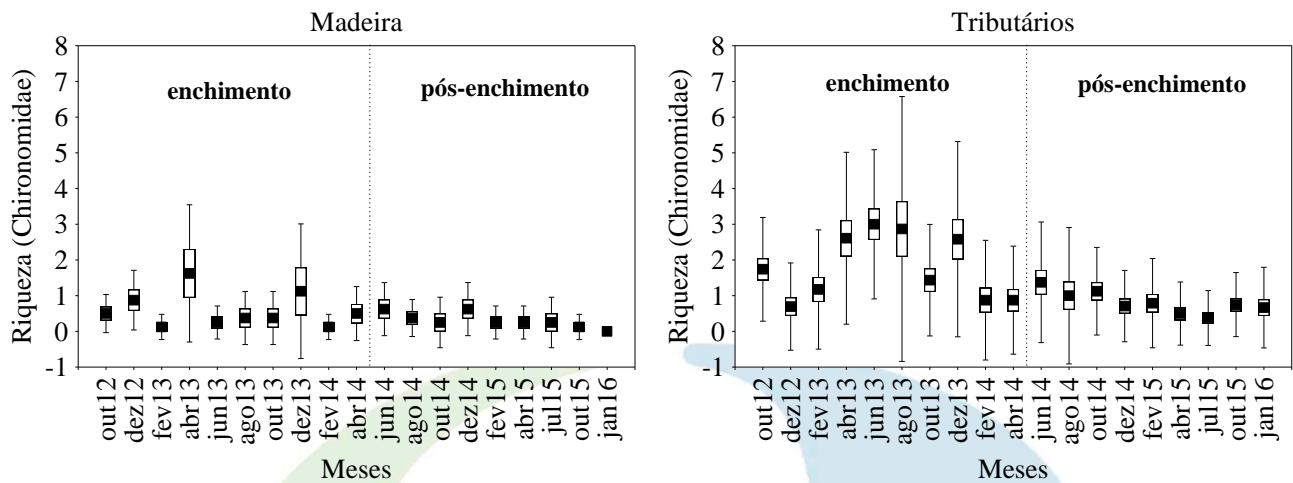


Figura 5-39 - Variação temporal e espacial da riqueza de Chironomidae na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Diversidade beta

Durante o monitoramento, em geral, foram registradas uma fauna bentônica mais heterogênea no rio Madeira-Mamoré. Na fase de enchimento do reservatório, em dezembro de 2012 e 2013, os resultados de diversidade beta evidenciaram maior alteração na composição taxonômica nos tributários. No rio Madeira, maiores valores de diversidade beta foram registrados em outubro de 2012 e 2013, e junho de 2013 (fase de enchimento), e em junho e dezembro de 2014, e abril de 2015 (fase pós-enchimento). Por outro lado, maior diversidade beta foi observada em dezembro de 2012 (fase de enchimento) nos tributários (**Figura 5-40**).

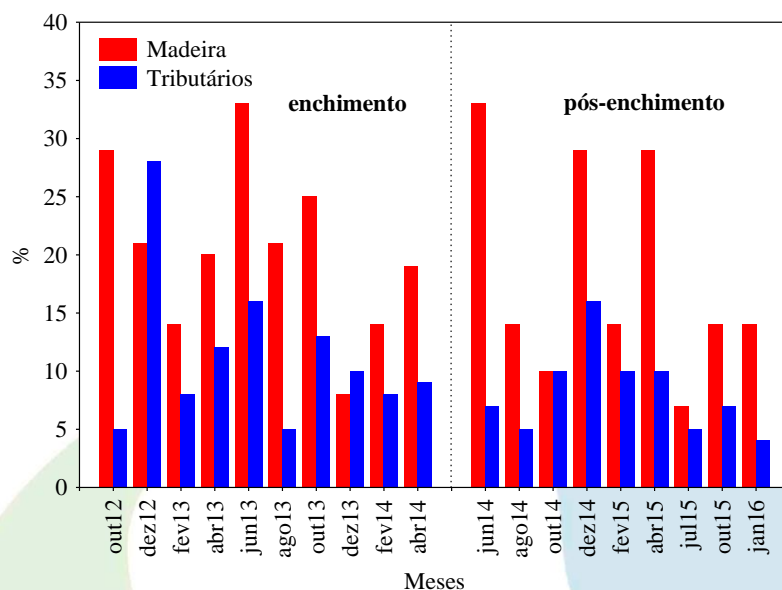


Figura 5-40 - Variação espacial da diversidade Beta na área de influência da UHE Jirau.

Densidade

Maiores valores de densidade numérica de invertebrados bentônicos, em geral, têm sido registrados nos tributários, principalmente na fase de enchimento. Nesta fase, maiores valores de densidade média foram observados em abril e junho de 2013 no rio Madeira, e em outubro de 2012, abril e agosto de 2013 nos tributários. Na fase pós-enchimento, a abundância de invertebrados foi menor, e os maiores valores foram registrados em junho e agosto de 2014 e janeiro de 2016 nos tributários (**Figure 5-41**). A maior densidade média de invertebrados foram registrada na fase pré-enchimento, especialmente nos tributários.

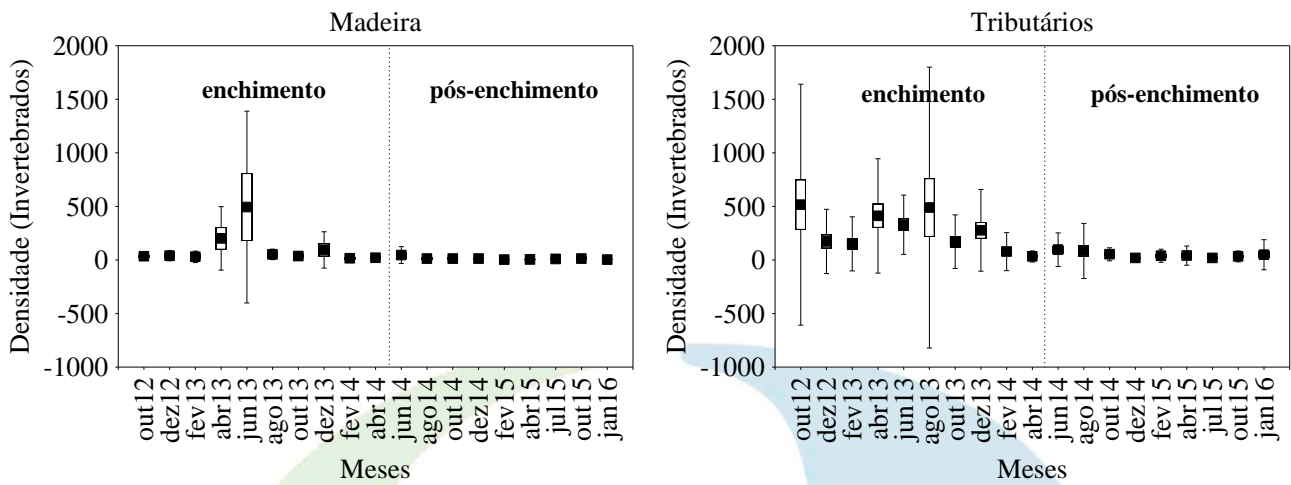


Figura 5-41 - Variação temporal e espacial da densidade de invertebrados bentônicos na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Oligochaeta constituem um dos principais representantes da fauna bentônica, em termos de abundância em diversos ambientes aquáticos, não sendo exceção na área de influência da UHE Jirau. Maiores valores de densidade de Oligochaeta foram registrados na fase de enchimento, no rio Madeira e nos tributários. No rio Madeira, elevada abundância foi constatada em junho de 2013, e nos tributários em outubro de 2012 e 2013, abril e dezembro de 2013 (**Figura 5-42**). Oligochaeta foi abundante na fase pré-enchimento na área de influência da UHE Jirau.

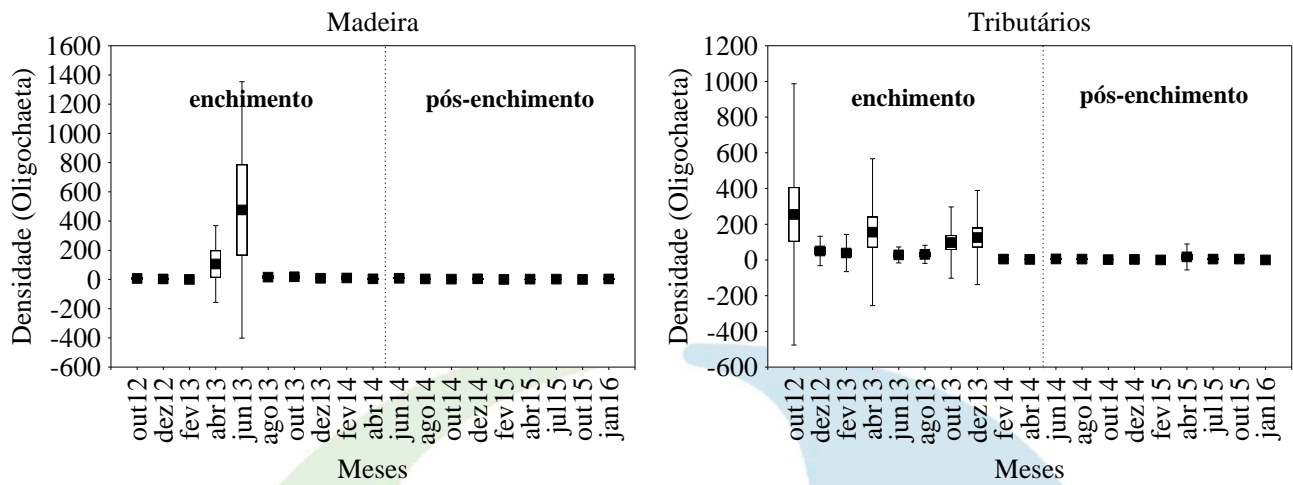


Figura 5-42 - Variação temporal e espacial da densidade de Oligochaeta na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Nas fases de enchimento e pós-enchimento, as maiores densidades de EPT foram registradas nos tributários. Na fase de enchimento, maiores valores foram observados em abril e dezembro de 2013, no rio Madeira; e em outubro de 2012, abril, junho, agosto e dezembro de 2013 nos tributários. Na fase pós-enchimento, maiores valores médios de densidade foram registrados nos tributários em outubro de 2014 e 2015, abril e julho de 2015 (**Figura 5-43**). Elevadas densidades de EPT foram registradas na fase pré-enchimento.

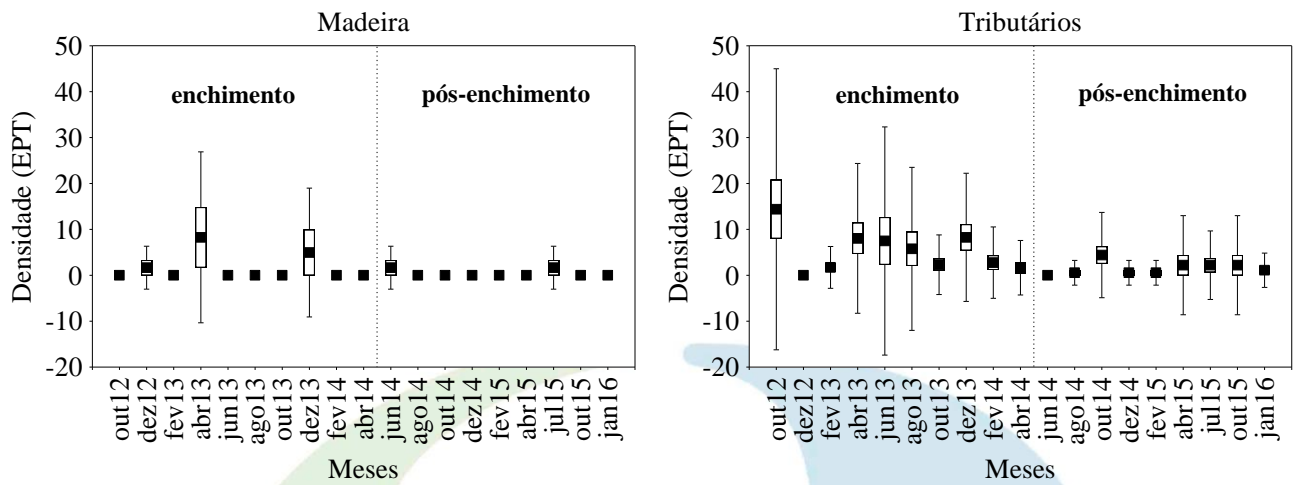


Figura 5-43 - Variação temporal e espacial da densidade de EPT na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Chironomidae constituem um dos principais representantes da fauna bentônica, em termos de abundância em diversos ambientes aquáticos, não sendo exceção na área de influência da UHE Jirau. Maiores valores de abundância das larvas de Chironomidae foram registradas nos tributários. Na fase de enchimento, no rio Madeira, maiores densidades médias foram observadas em dezembro de 2012, abril e dezembro de 2013, ao passo que nos tributários, maiores valores de abundância de Chironomidae foram registradas em outubro de 2012, abril, junho, agosto e dezembro de 2013. Na fase pós-enchimento, no rio Madeira, maior valor de densidade foi constatado em junho de 2014, e nos tributários em junho e agosto de 2014 e janeiro de 2016 (**Figura 5-44**). Maiores valores de abundância de larvas de Chironomidae foram registrados na fase pré-enchimento.

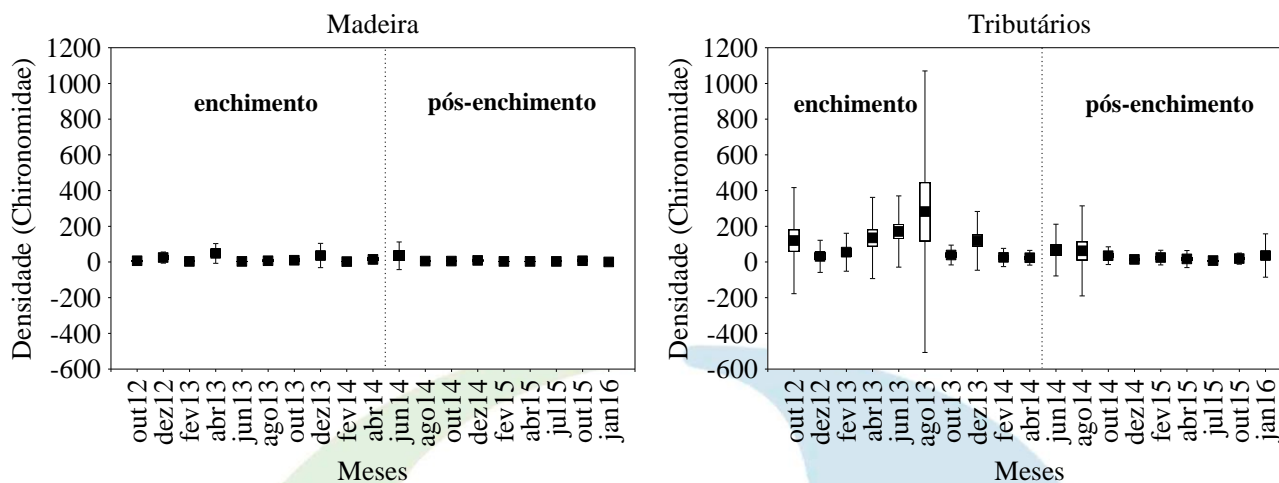


Figura 5-44 - Variação temporal e espacial da densidade de Chironomidae na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Diversidade de táxons e equitabilidade

Maiores valores de diversidade e equitabilidade, em geral, foram registrados nos tributários em ambas as fases de enchimento e pós-enchimento. Maiores valores destes atributos foram observados na fase de enchimento, no rio Madeira e nos tributários. No rio Madeira, os maiores valores de diversidade e equitabilidade foram observadas em abril de 2013 (fase enchimento) e julho de 2015 (fase pós-enchimento). O valor de equitabilidade foi maior também em junho de 2013 e junho, agosto e outubro de 2014. Nos tributários, os maiores valores médios de diversidade e equitabilidade foram registrados em outubro de 2012, abril e junho de 2013 na fase de enchimento e junho e outubro de 2014 na fase pós-enchimento (**Figura 5-45**).

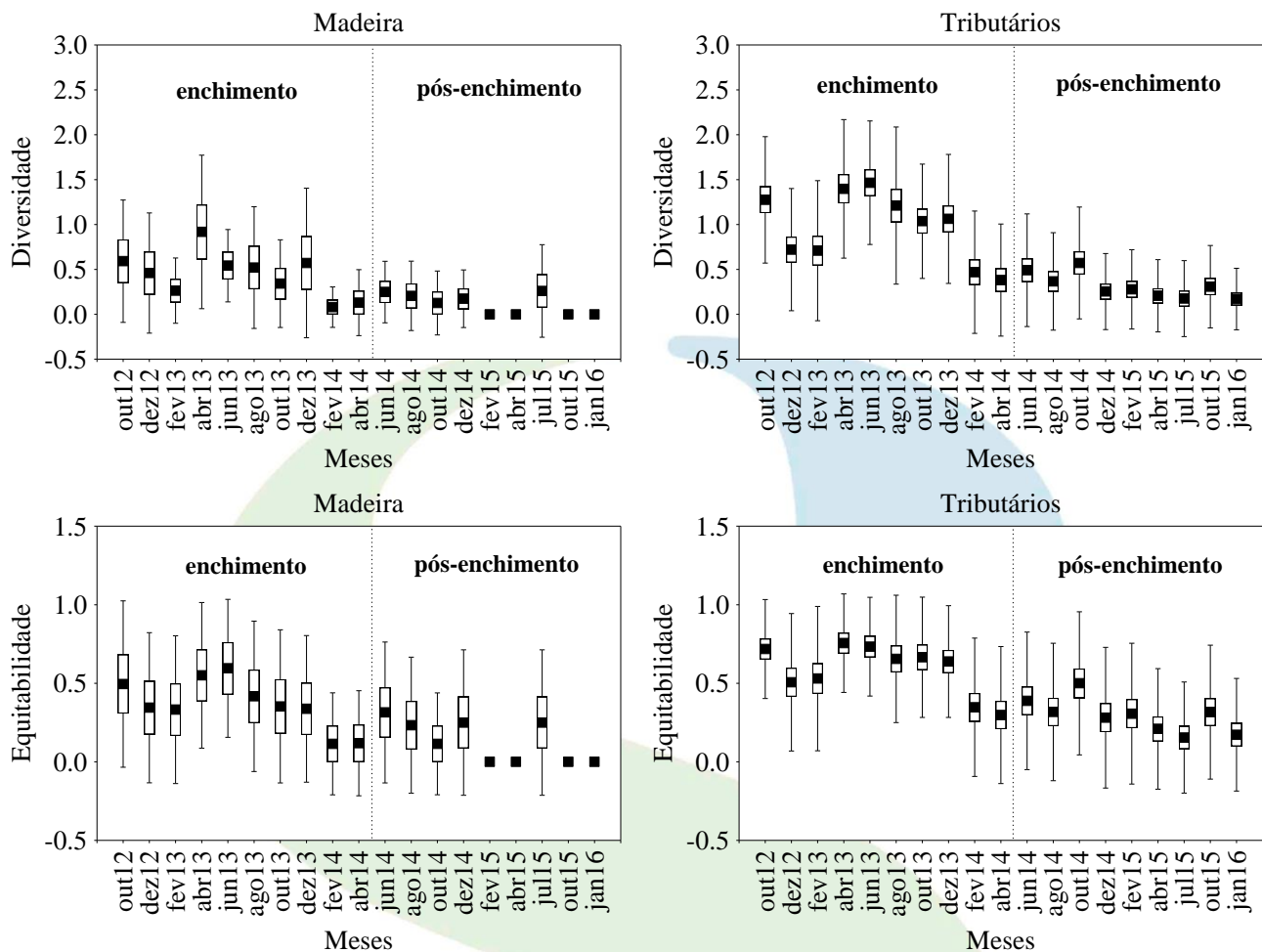


Figura 5-45 - Diversidade e equitabilidade da comunidade bentônica na área de influência da UHE Jirau, no período de outubro de 2012 a abril de 2014 (fase de enchimento) e junho de 2014 a janeiro de 2016 (fase pós-enchimento).

Estrutura da Comunidade: Análise de Correspondência (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os autovalores dos eixos 1 e 2 da DCA foram 0,84 e 0,55, respectivamente. Os resultados da DCA evidenciaram, em geral, uma maior discriminação entre as fases pré-enchimento e enchimento/pós-enchimento, apesar de algumas sobreposições. A maioria dos pontos da fase pré-enchimento foi

discriminada a direita do diagrama, ao passo que os pontos de amostragem das fases de enchimento e pós-enchimento foram distribuídos no lado esquerdo do diagrama (**Figura 5-46**).

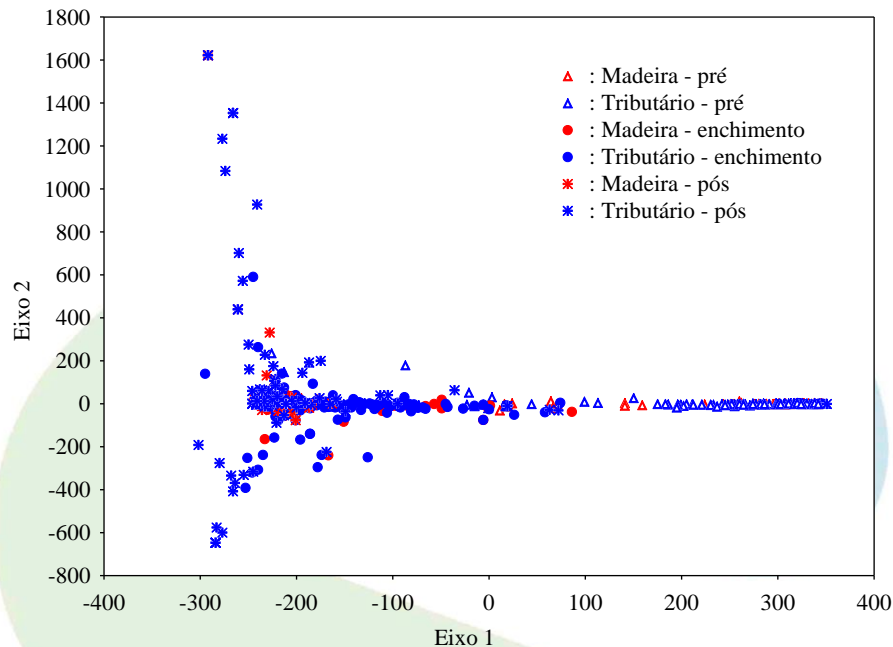


Figura 5-46 - Distribuição dos escores da DCA, derivada da densidade de invertebrados bentônicos do rio Madeira (vermelho) e tributários (azul), durante o período de monitoramento.

Os resultados da CCA evidenciaram um discreto gradiente temporal e espacial com uma separação entre as fases pré e enchimento/pós, apesar de algumas sobreposições. O eixo 1 da CCA foi significativo de acordo com o teste de Monte Carlo, no entanto, a porcentagem de explicação foi baixa (0,9%). Entre as variáveis selecionadas para a análise, o oxigênio dissolvido (OD, -0,77) e pH (-0,55) foram negativamente correlacionadas com o eixo 1. Em relação à comunidade de invertebrados bentônicos, os resultados da CCA evidenciaram uma fauna composta principalmente por Diptera (insetos) nos tributários, nas fases de enchimento e pós-enchimento (**Figura 5-47**).

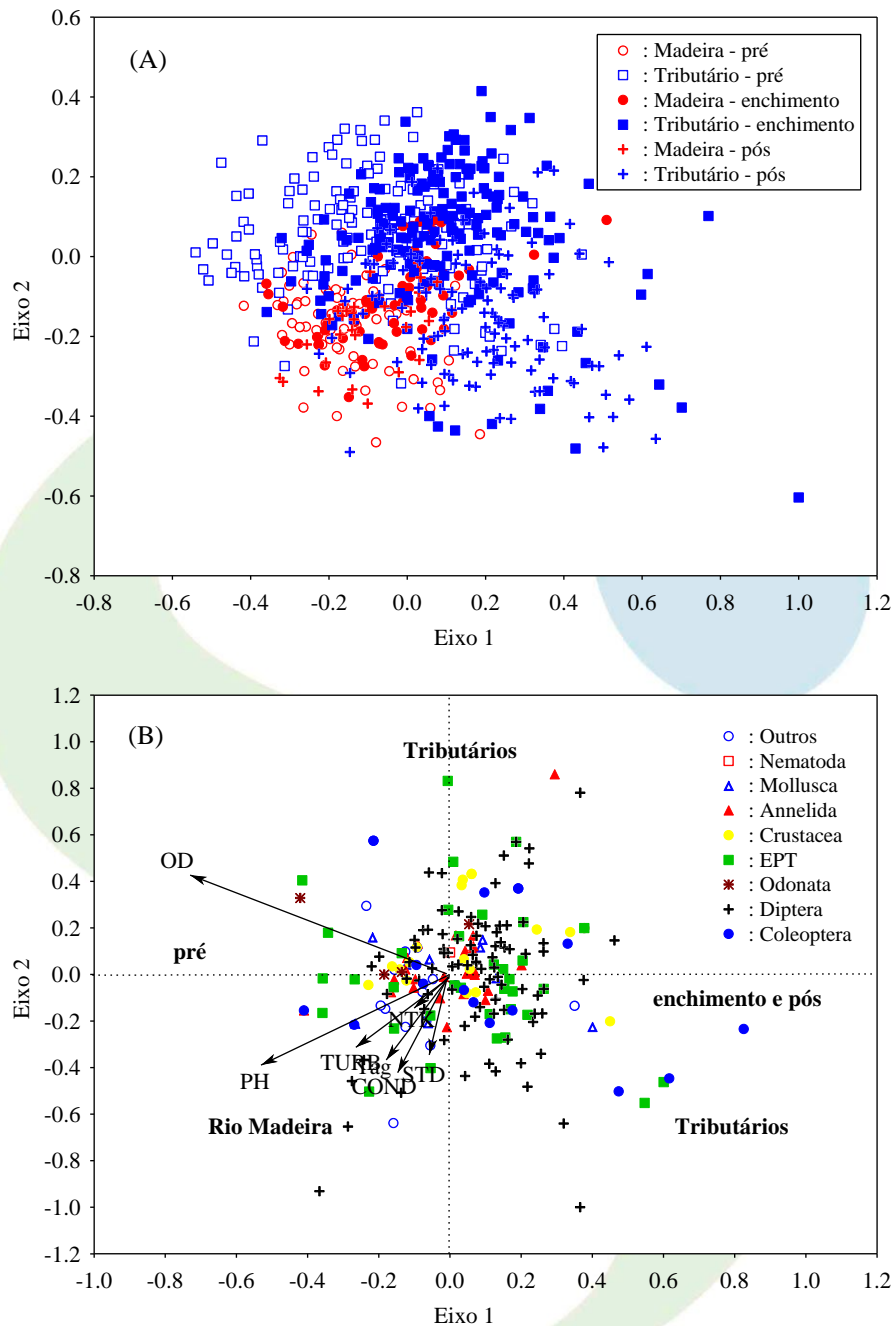


Figura 5-47 - Distribuição dos escores da análise de correlação canônica (CCA) derivados da densidade de invertebrados bentônicos e variáveis ambientais, durante o período de monitoramento. (A) ordenação dos pontos de coletas/meses e (B) ordenação dos táxons de invertebrados bentônicos.



5.1.3 Perfil Vertical Diário nos Tributários

Conforme determinado na condicionante 2.4 da LO nº 1097/2012, durante o enchimento do reservatório da UHE Jirau, os valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez estão sendo mensurados diariamente, ao longo de um perfil vertical, em alguns tributários do rio Madeira, incluindo o rio Mutum Paraná, o rio Cotia, a área alagada do rio Mutum Paraná, o igarapé São Lourenço, o igarapé Jirau e a igarapé Raul (**Anexo II**). Vale ressaltar que estes locais, com exceção do igarapé Raul, já faziam parte da malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico, que são monitorados desde setembro de 2009 (fase pré-enchimento).

Esse monitoramento de perfil vertical dos tributários foi realizado no início da fase de enchimento do reservatório (outubro de 2012) e se estende até o momento. Pode-se destacar, ainda, que a partir de maio de 2014 o monitoramento diário passou a ser feito em um perfil vertical de 50 cm, em atendimento ao ofício nº 02001.004044/2014-38-CGENE/IBAMA emitido em abril de 2014. Os resultados obtidos nesse monitoramento diário também foram entregues, conforme solicitado no ofício 02001.001314/2013-78 DILIC/IBAMA item 3, quinzenalmente para o IBAMA, em formato digital (planilhas eletrônicas editáveis) e através de relatórios simplificados. A partir de 03 de agosto de 2015, esses resultados passaram a ser entregues trimestralmente, conforme o Ofício 02001.007861/2015-29 CGENE/IBAMA.

A partir do período de enchimento do reservatório (outubro de 2012), os valores de temperatura da água demonstraram um padrão sazonal, similar ao já registrado durante o monitoramento realizado na fase pré-enchimento. Entre os meses de dezembro e abril, os locais com maiores profundidades (pontos P15, P17 e igarapé Raul) apresentaram maiores diferenças nos valores de temperatura mensurados na superfície e fundo dos pontos de coleta. De maneira geral, períodos com maiores diferenças nos valores de temperatura têm sido alternados com períodos com menores diferenças nesses valores, o que indica que a aparente estratificação térmica não é permanente. Durante o

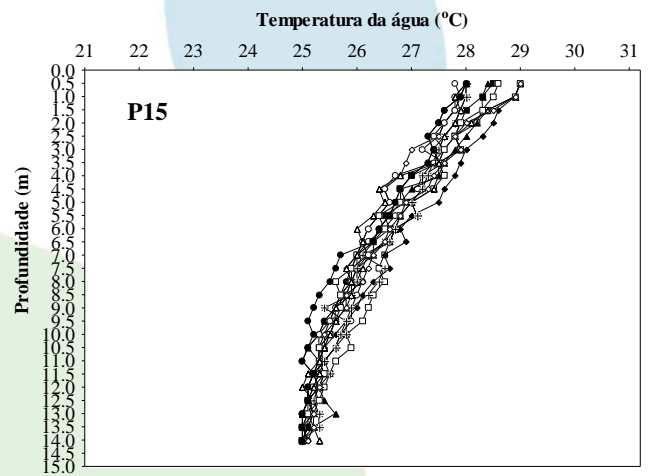
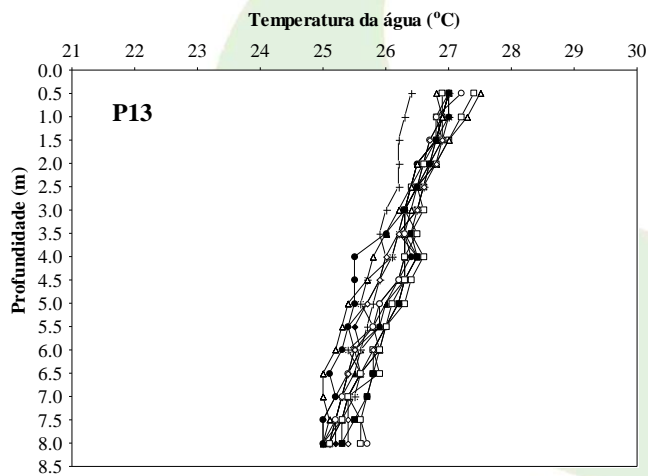
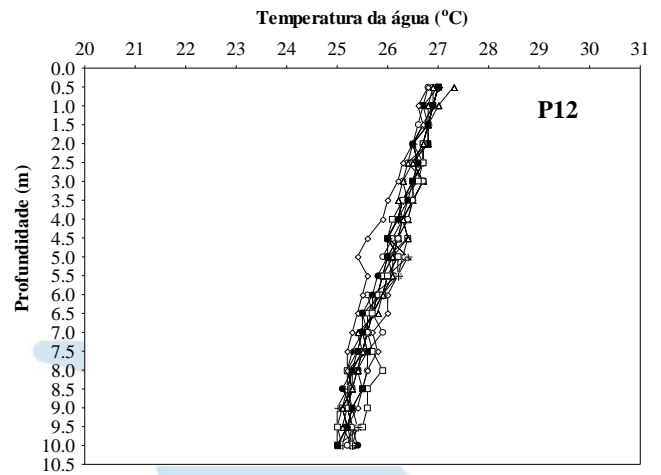
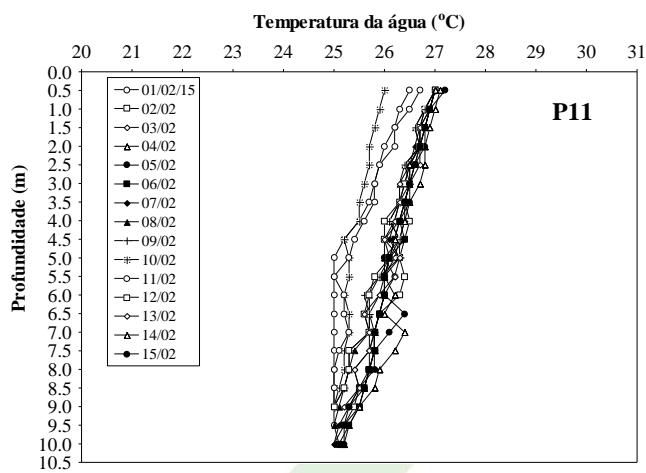
período de vazante e águas baixas, os valores de temperatura apresentaram similaridade entre as diferentes profundidades de coleta. De maneira geral, durante esse período, ocorre um decréscimo na profundidade de todos os ambientes estudados, o que favorece a similaridades entre os valores de temperatura ao longo das profundidades de coleta, principalmente nos pontos P11, P12 e P13.

Como exemplo, pode-se citar as maiores diferenças nos valores de temperatura registradas em dezembro de 2014 e fevereiro de 2015 (período de enchente), e o decréscimo nos valores dessas diferenças ao longo dos meses de vazante e seca (ver exemplo no **Quadro 5-5** e **Figuras 5-48, 5-49, 5-50, 5-51**).

Assim, durante os períodos de vazante e águas baixas (entre os meses de junho e novembro), os valores de temperatura da água foram mais homogêneos ao longo da coluna da água.

Quadro 5-5 -Diferença média nos valores de temperatura da água mensurados nas diferentes profundidades de coleta, em cada um dos pontos monitorados diariamente.

Pontos	PERÍODO / DIFERENÇA, ENTRE AS PROFUNDIDADES DE COLETA, DOS VALORES DE TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)		
	1-15 fev/15	16-31 mai/15	1-15 jul/15
P11	1,3	0,68	0,85
P12	1,6	0,92	0,89
P13	1,5	0,9	1,0
P15	3,0	1,57	1,51
P17	3,3	1,54	1,56
Raul	2,2	1,3	1,41



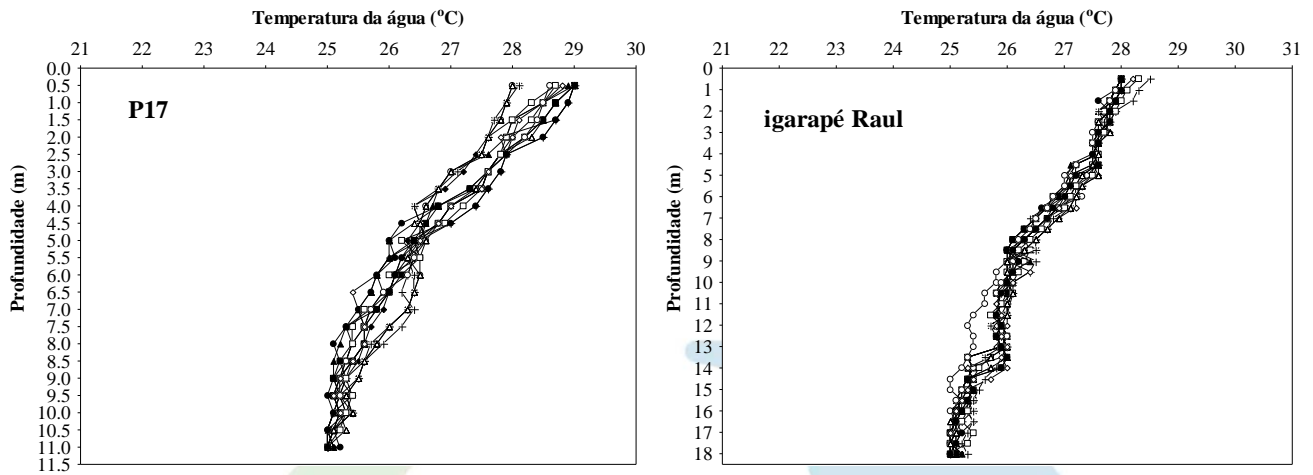
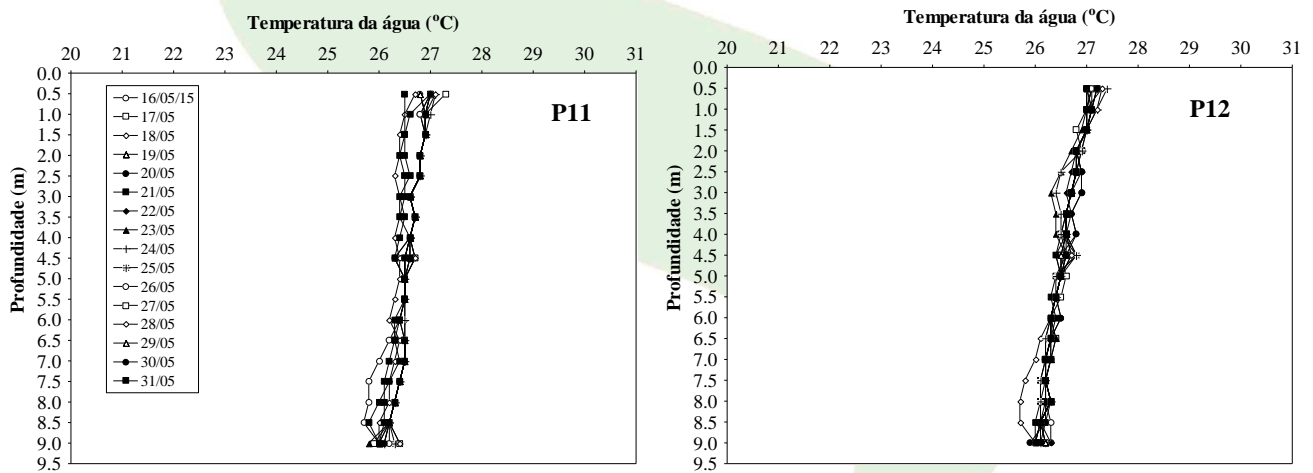


Figura 5-48 - Valores de temperatura da água mensurados diariamente, entre 01 e 15 de fevereiro de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 cm de profundidade.



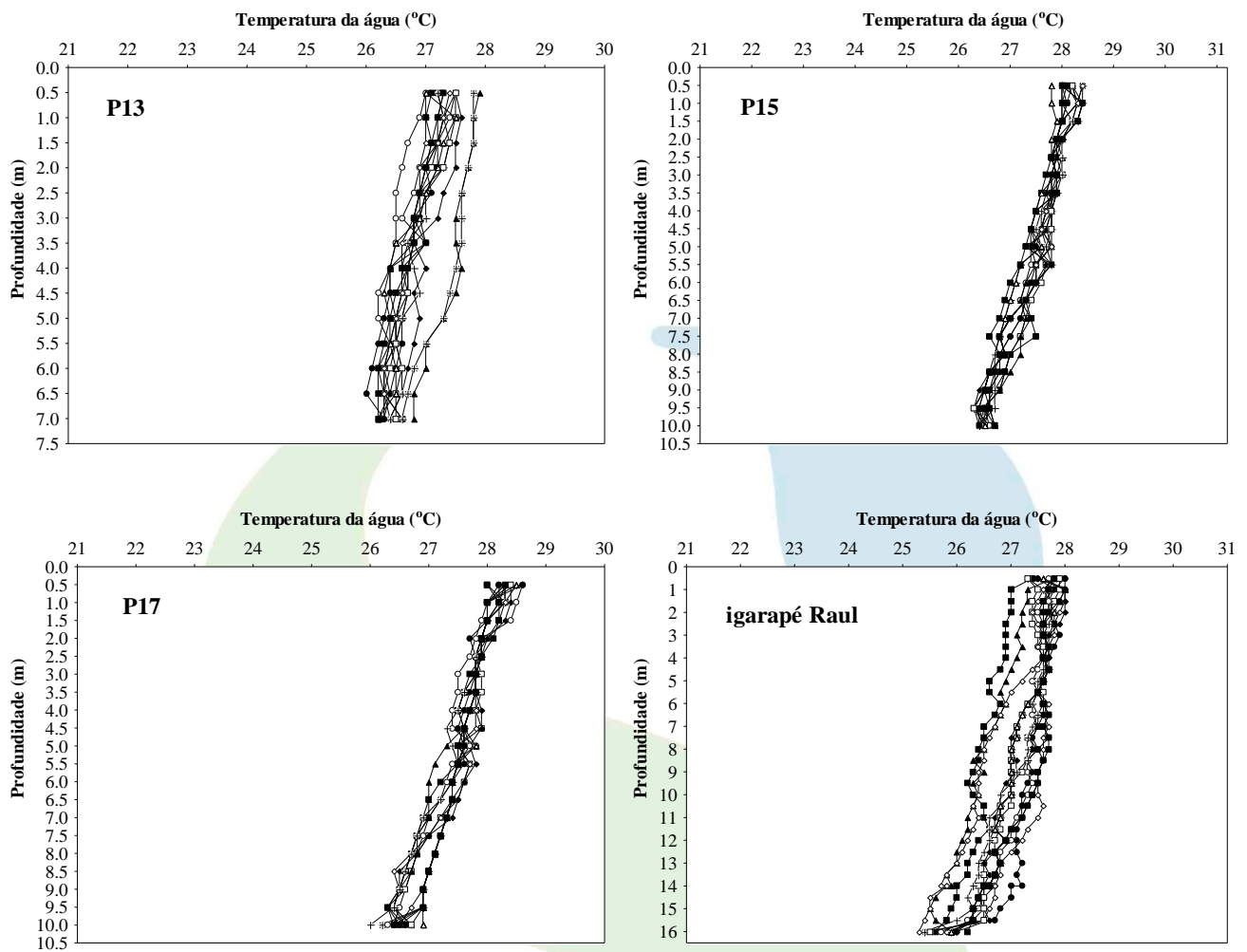
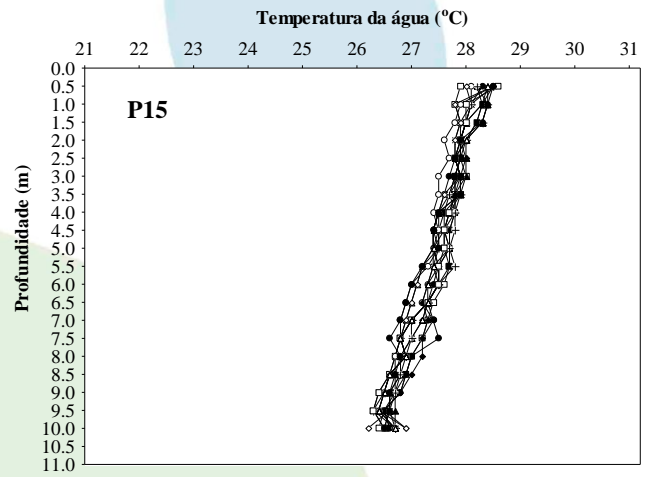
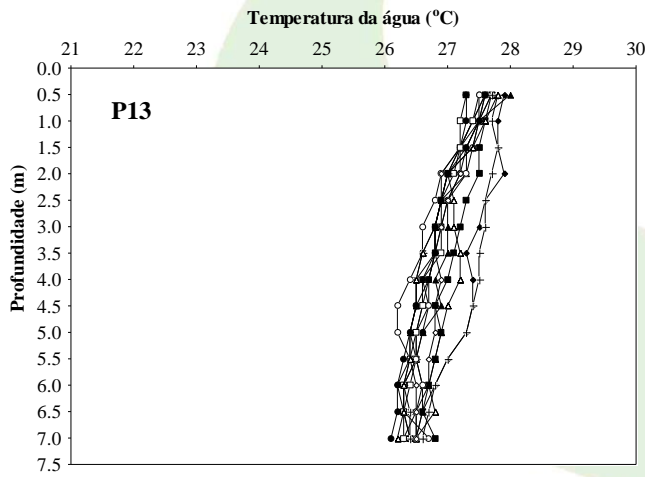
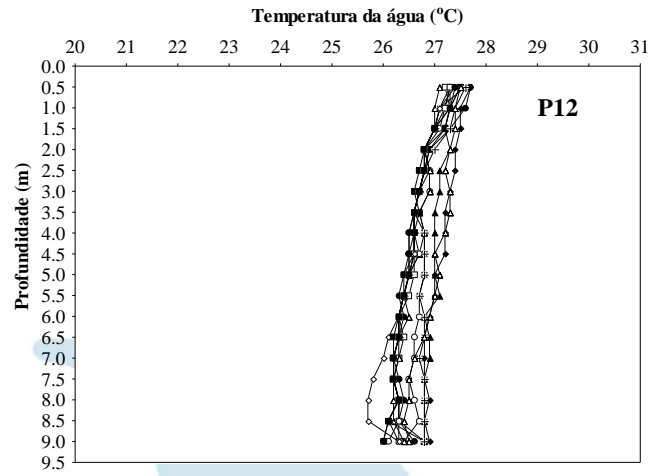
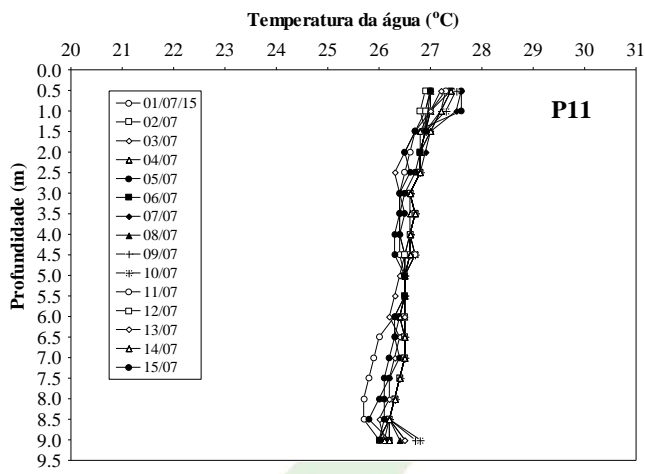


Figura 5-49 - Valores de temperatura da água mensurados diariamente, entre 16 e 31 de maio de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira.



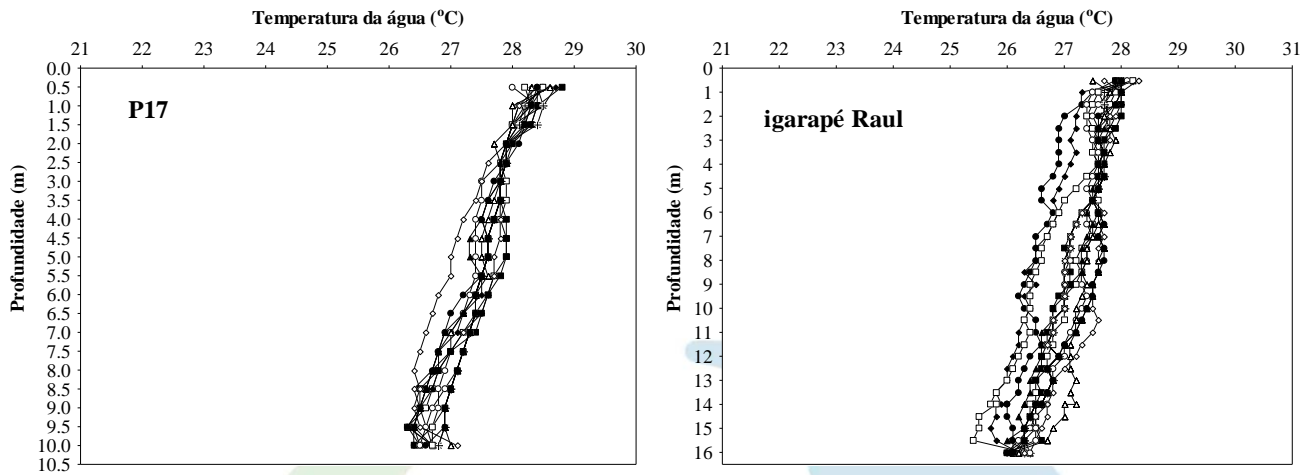
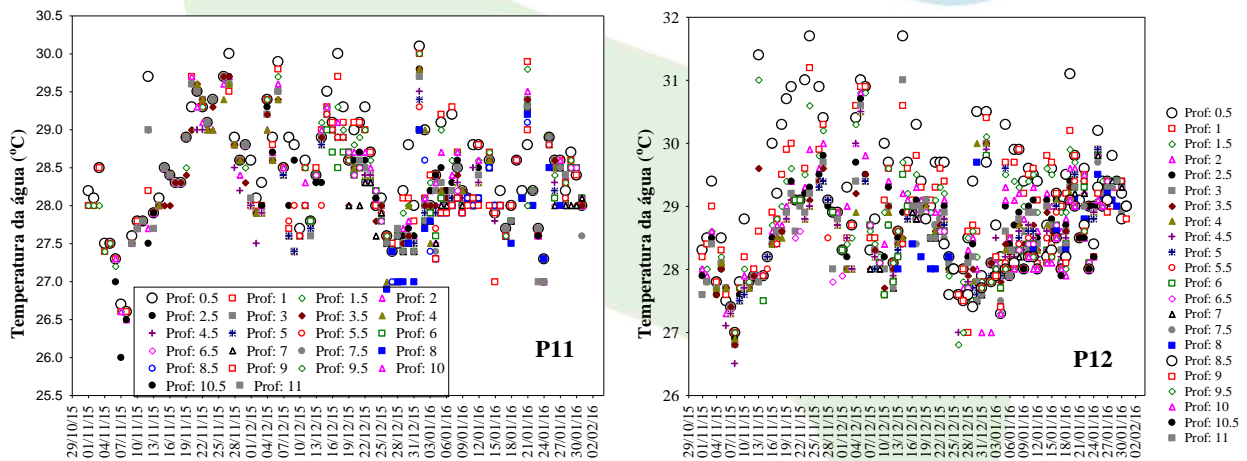


Figura 5-50 - Valores de temperatura da água mensurados diariamente, entre 01 e 15 de julho de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira.



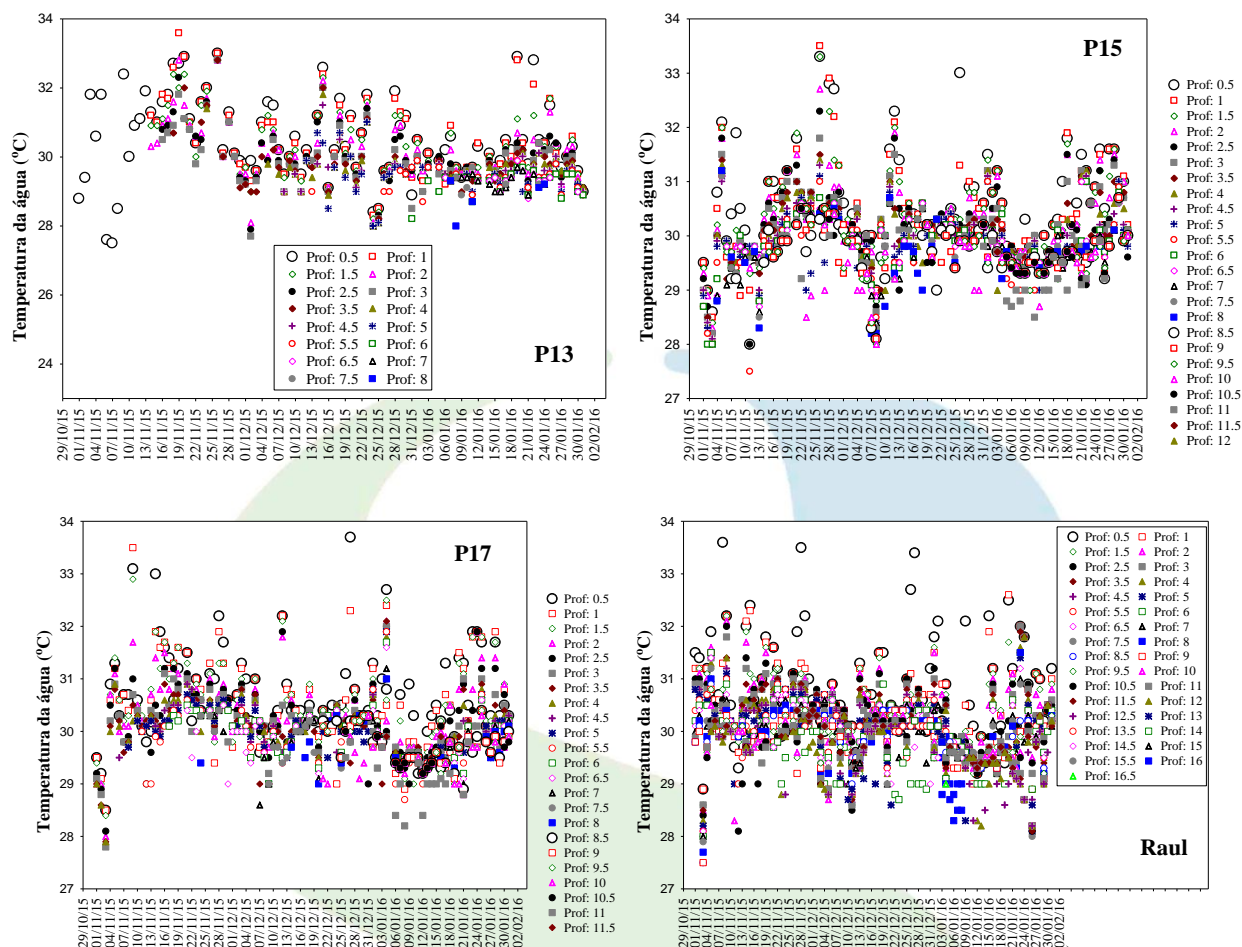


Figura 5-51 - Valores de temperatura da água mensurados diariamente, entre novembro de 2015 e janeiro de 2016, em 06 (seis) tributários do rio Madeira.

De maneira geral, houve acréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido nos meses de julho, agosto, setembro e outubro de 2013, em todos os pontos de coleta, ou seja, durante o período de águas baixas. A partir de novembro de 2013, foi registrado um decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido na superfície da coluna da água dos pontos monitorados. De fato, espera-se que tais concentrações sofram um decréscimo nessa fase, assim como observado na fase pré-enchimento (no período de chuvas) e na primeira fase de enchimento do reservatório em 2012 (entre dezembro de 2012 e abril de 2013). No entanto, ressalta-se que o período de águas altas no rio Madeira nos meses de fevereiro, março e abril de 2014 foi atípico, e extremamente elevado, ultrapassando a vazão



histórica para este período. Essa cheia histórica também afetou negativamente as concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários do rio Madeira, tendo em vista a incorporação e degradação de matéria orgânica externa existente nos locais inundados.

Baixas concentrações de oxigênio foram registradas, principalmente, no rio Mutum Paraná (ponto P11), rio Cotia (ponto P12) e alagado do rio Mutum Paraná (ponto P13).

Mesmo considerando que tais resultados não foram consequências do enchimento do reservatório, e sim uma cheia histórica do rio Madeira, aeradores foram instalados, em fevereiro de 2014, em 02 (dois) igarapés, para evitar danos a ictiofauna, conforme informado nos relatórios quinzenais e trimestrais

As comunidades aquáticas nessas regiões, como por exemplo a ictiofauna, são adaptadas a essas oscilações nas concentrações de oxigênio dissolvido na região, no entanto, considerando o limite crítico nas concentrações de oxigênio dissolvido nos igarapés monitorados (Ofício 02001.013048/2013-26 DILIC/IBAMA), no dia 28 de fevereiro de 2014, foram instalados aeradores no rio Mutum Paraná e rio Cotia, como uma medida mitigadora para incremento nas concentrações desse gás. Considerando os valores estabelecidos como críticos, não foi necessária a aplicação de uma medida mitigadora nos demais igarapés estudados. No entanto, todos esses tributários continuaram sendo monitorados diariamente, com o objetivo de acompanhar as mudanças nas características limnológicas desses ambientes. Alguns artigos científicos ainda relatam que em ambientes aquáticos abertos, assim como o rio Madeira e tributários, a depleção de oxigênio dificilmente sufoca os peixes, pois peixes de tais ambientes são consideravelmente efetivos na extração de oxigênio, frequentemente possuem modos alternativos de retirada deste gás e muitas vezes têm à sua disposição ambientes alternativos oxigenados (Wu et al., 2002).

Além disso, ao longo de todo o período de estudo, vistorias juntamente com a equipe de ictiofauna têm sido realizadas com o objetivo de verificar a presença de peixes mortos na região. Durante todo o período de monitoramento, não foram registrados danos a comunidade de ictiofauna. Ressalta-se

ainda que nos levantamentos realizados no âmbito do subprograma de monitoramento da atividade pesqueira SMAP foram identificadas 15 famílias de pescadores. Todos esses pescadores monitorados possuem residência fixa em Abunã e estão acampados, desde maio de 2015 na região, simplesmente pela facilidade de ficarem próximos ao local de pesca com maior produção (**Foto 5-4**). Esses resultados sugerem que não há problemas com a pesca no local. Os dados completos e análise, encontram-se no relatório do referido programa.



Foto 5-4 - Presença de pescadores na região do rio Mutum.

A partir de maio de 2014 iniciou-se um processo de acréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários estudados. Esse acréscimo foi mais acentuado a partir de setembro de 2014, principalmente nos pontos P11 e P12, que apresentavam concentrações consideradas críticas desse gás até o mês de agosto. No mês setembro de 2014, os aeradores foram desligados, tendo em vista que as concentrações de oxigênio dissolvidos nos tributários estudados foram acima dos limites críticos apresentados no Sistema de Alerta. A partir de dezembro de 2014, observou-se um novo decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente em janeiro de 2015 e fevereiro de 2015, nos pontos P11 e P12. Por outro lado, entre março e abril de 2015, registrou-se um incremento nas concentrações desse gás.

Entre maio e outubro de 2015, observou-se um incremento nas concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários estudados. No entanto, baixas concentrações de oxigênio foram mensuradas nos

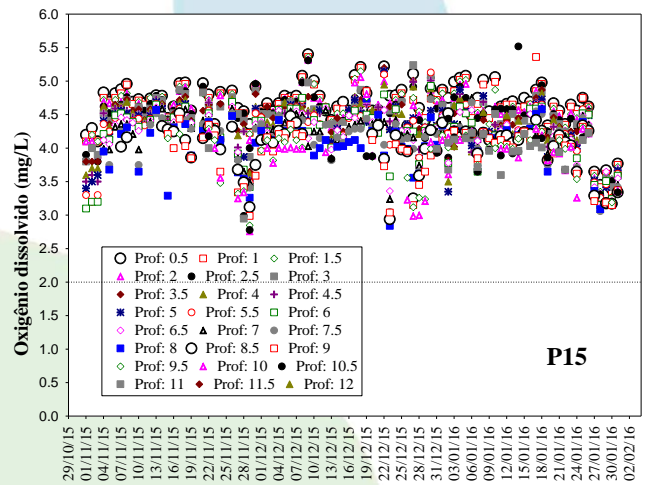
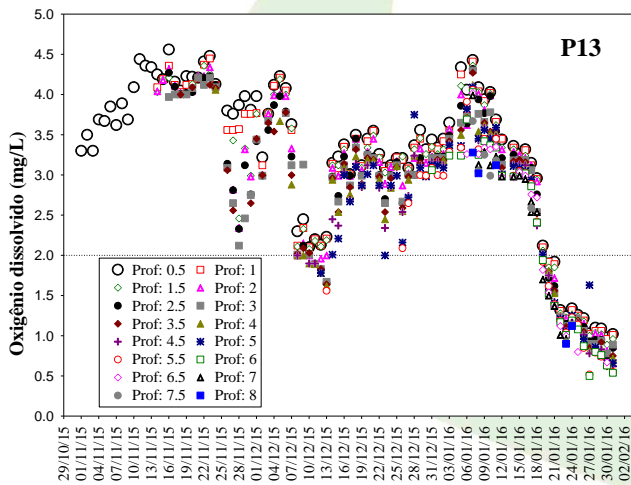
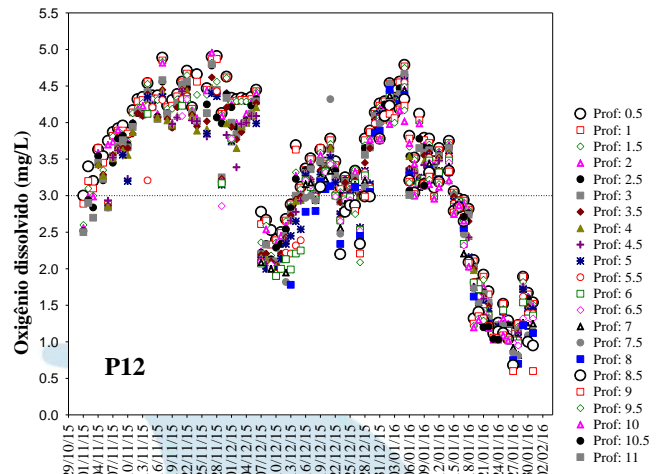
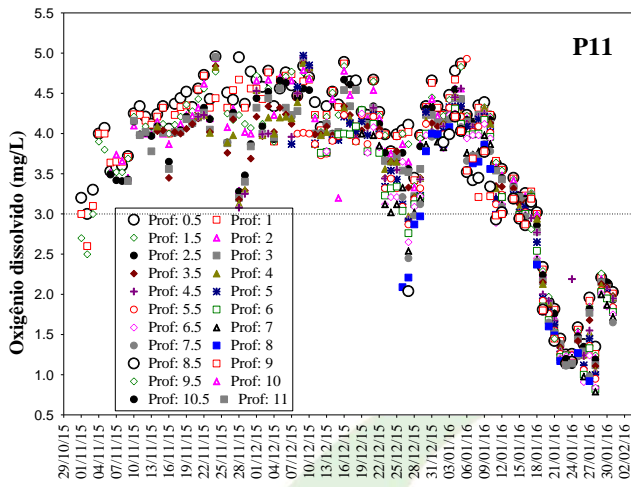
pontos P11 e P12 (situados no rio Mutum Paraná e rio Cotia), entre maio e agosto de 2015. Em outubro de 2015, houve um acréscimo significativo nessas concentrações, e tais valores foram acima do limite estabelecido no Sistema de Alerta em todos os pontos de coleta, inclusive na superfície dos pontos P11 e P12.

Em novembro e dezembro de 2015, houve um acréscimo gradual nas concentrações de oxigênio dissolvido. Tais concentrações permaneceram elevadas nos pontos P15, P17 e Igarapé Raul, enquanto que em janeiro de 2016 houve um leve decréscimo nessas concentrações nos pontos P11, P12 e P13 (**Quadro 5-6** e **Figura 5-52**).

Quadro 5-6 -Concentrações médias de oxigênio dissolvido, mensuradas diariamente em novembro e dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

Pontos	PERÍODO / CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L)		
	Nov/15	Dez/15	Jan/16
P11	4,06	4,33	3,0
P12	4,11	3,43	2,78
P13	3,95	3,17	2,58
P15	4,64	4,72	4,5
P17	4,56	4,62	4,3
Raul	5,03	5,0	4,57

Assim, em novembro e dezembro de 2015, todos os valores de oxigênio mensurados na superfície da coluna da água, foram superiores aos limites propostos no sistema de alerta, inclusive nos pontos P11-MTP1 e P12-COT1. Resultados similares foram obtidos entre agosto e outubro de 2015. No entanto, em janeiro de 2016, foram registrados menores valores de oxigênio nos pontos P11-MTP1, P12-COT1 e P13-MUT1.



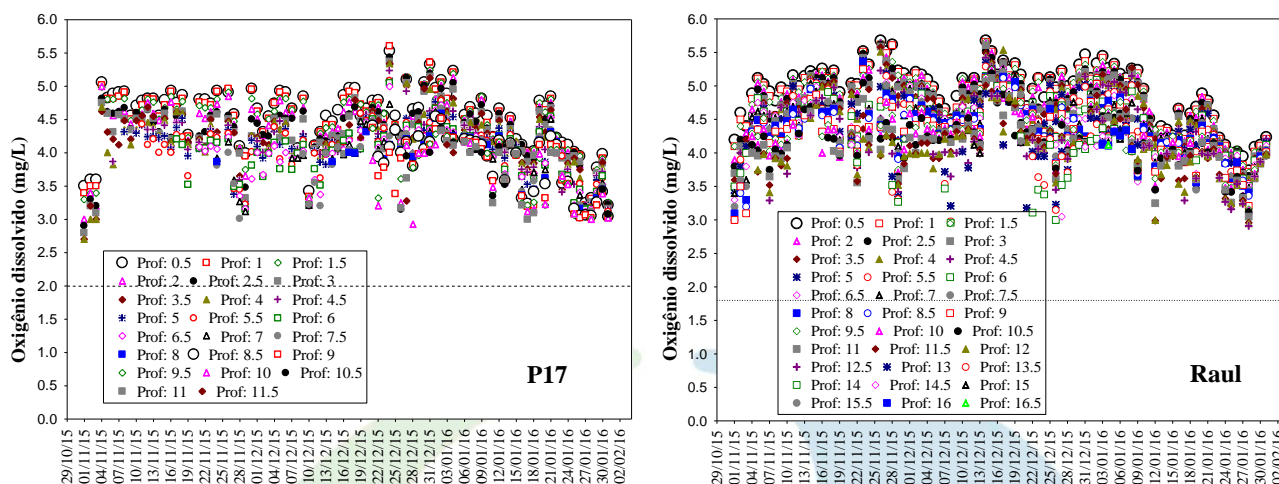


Figura 5-52 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas diariamente, entre 01 de novembro de 2015 e 31 de janeiro de 2016, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 cm de profundidade.

Os valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foram similares entre as profundidades de coleta em todos os meses de estudo, na fase pré-enchimento, enchimento e nessa fase pós-enchimento do reservatório (exemplo, **Figura 5-53**). Baixos valores de sólidos totais dissolvidos foram mensurados ao longo de todos os dias de monitoramento no período pré-enchimento, enchimento e nesse início da fase pós-enchimento do reservatório. Todos os locais monitorados apresentaram concentrações de sólidos totais dissolvidos inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L) ao longo de todo o período de estudo (exemplo, **Figura 5-54**).

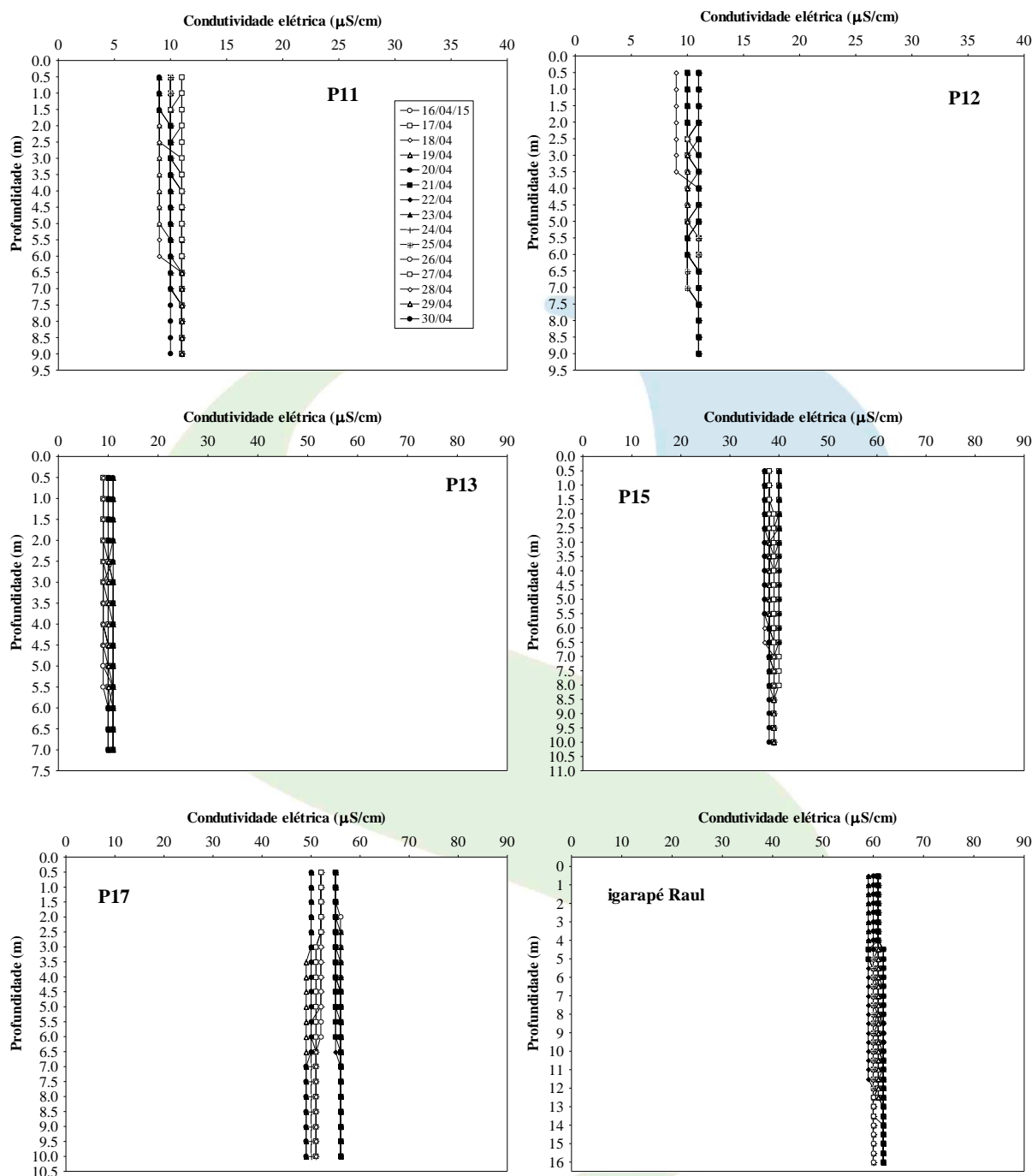


Figura 5-53 - Valores de condutividade elétrica mensurados diariamente, entre 16 e 30 de abril de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul).

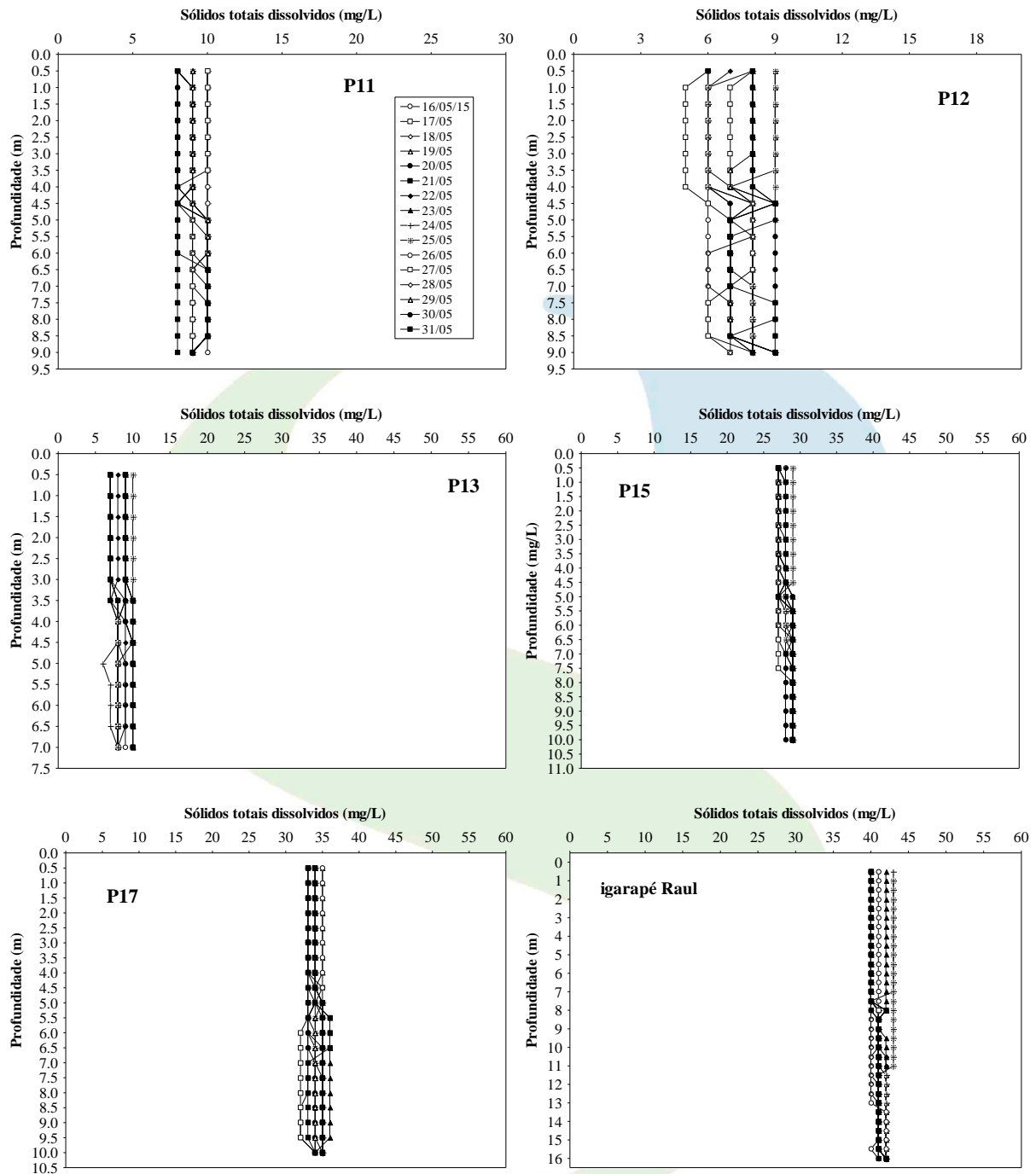


Figura 5-54 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos mensuradas diariamente, entre 16 e 31 de maio de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul).



Entre novembro de 2013 e abril de 2014 houve um acréscimo nos valores de turbidez mensurados nos tributários estudados, principalmente nos pontos P15, P17 e no igarapé Raul, como consequência da influência das águas do rio Madeira nesses tributários, durante o período da cheia histórica do rio. Em janeiro de 2014, os valores de turbidez foram similares aqueles registrados em dezembro de 2013, enquanto que em fevereiro, março e primeira quinzena de abril de 2014 houve um acréscimo nesses valores, principalmente nos pontos P15, P17 e igarapé Raul. Esse acréscimo nos valores de turbidez também é resultado da grande cheia que ocorreu no rio Madeira em fevereiro, março e abril de 2014, e a consequente influência de suas águas nesses tributários. Assim, em fevereiro, março e abril de 2014, valores superiores a 100 NTU (limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005) foram registrados nos pontos P13, P15, P17 e igarapé Raul na maior parte dos dias monitorados.

Entre junho e outubro de 2014, os valores de turbidez apresentaram decréscimo. Esses menores valores de turbidez eram esperados, considerando o período de águas baixas na região. Entre novembro de 2014 e abril de 2015, observou-se um incremento nos valores de turbidez nos tributários estudados, principalmente nos pontos P15, P17 e igarapé Raul, que são os locais que sofrem maior influência das águas do rio Madeira, no período de enchente e águas altas.

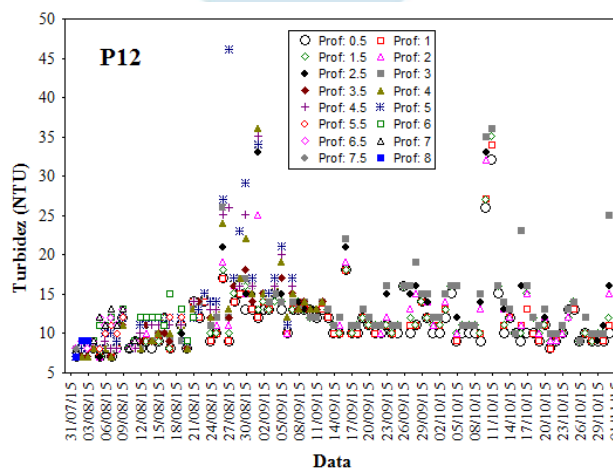
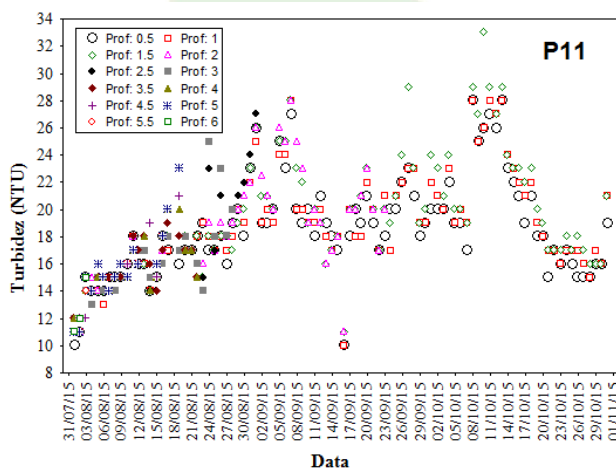
Entre agosto e outubro de 2015, os valores de turbidez foram baixos, como esperado para o período de vazante e águas baixas (**Figura 5-55**). Entre novembro de 2015 e janeiro de 2016 foram registrados maiores valores de turbidez, comparando com o último trimestre analisado (entre agosto e outubro de 2015 (**Quadro 5-7; Figura 5-56**)). Assim, entre novembro de 2015 e janeiro de 2016, os pontos P11-MTP1 e P12-COT1 apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). O ponto P13-MUT1 apresentou valores de turbidez inferiores ao referido limite, na maior parte dos dias monitorados, enquanto que os pontos P15-LOU1, P17- JIR1 e igarapé Raul apresentaram valores superiores a 100 NTU na maior parte dos dias de monitoramento. Tal resultado é explicado pela influência das águas do rio Madeira nesses tributários durante o período de enchente e águas altas, assim como observado em anos anteriores de estudo. Além disso, valores



superiores de turbidez também foram mensurados nas maiores profundidades de coleta em alguns locais de coleta (maiores valores de turbidez na maior profundidade de alguns locais de coleta, devido a ressuspensão do sedimento).

Quadro 5-7 - Valores médios de turbidez, mensurados diariamente entre agosto de 2015 e janeiro de 2016.

Pontos	PERÍODO / VALORES MÉDIOS DE TURBIDEZ (NTU)	
	Ago-Out/15	Nov/15- Jan/16
P11	19,1	21,2
P12	11,52	16,8
P13	71,0	99,2
P15	83,8	145,4
P17	50,4	133,2
Raul	48,6	162,4



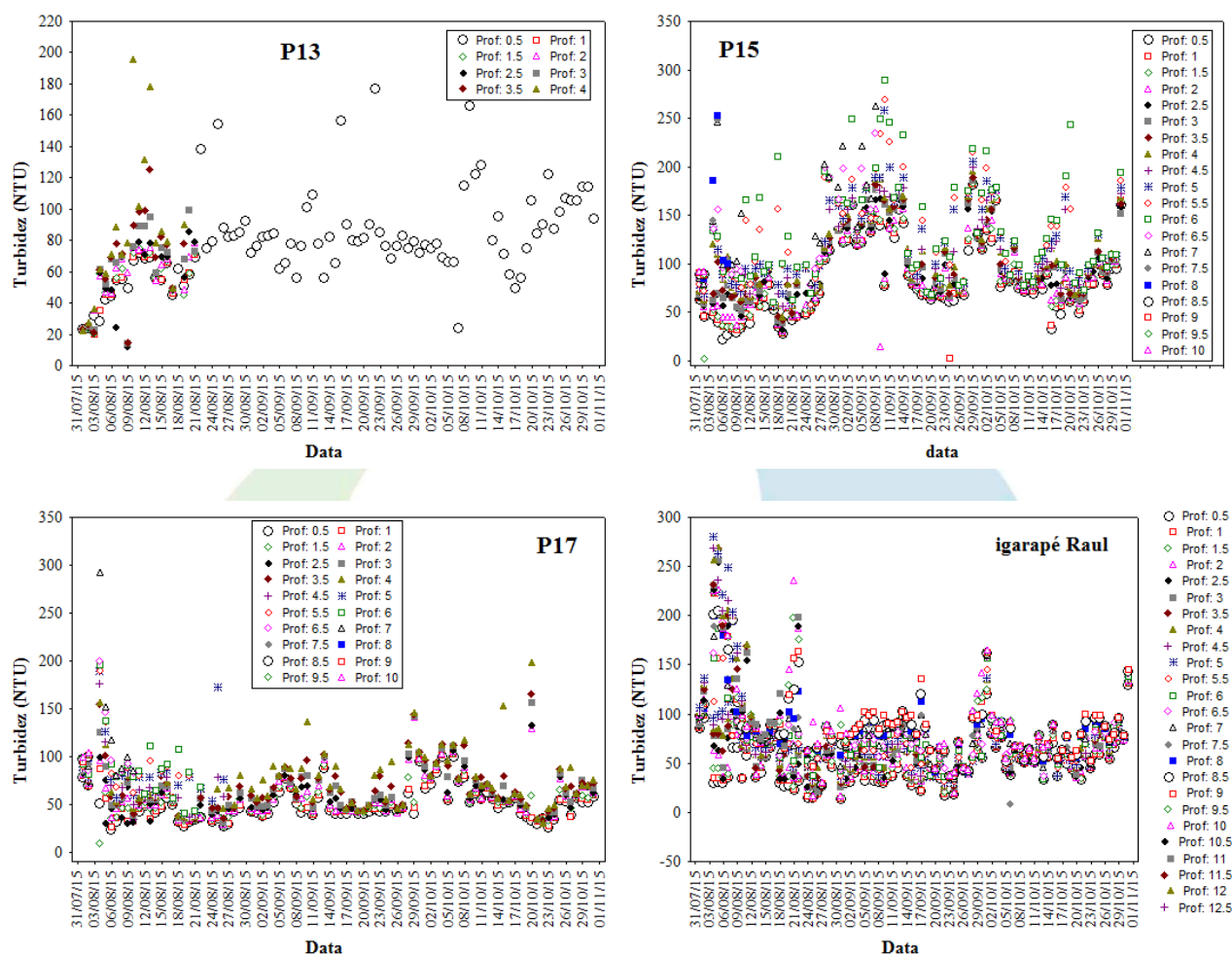
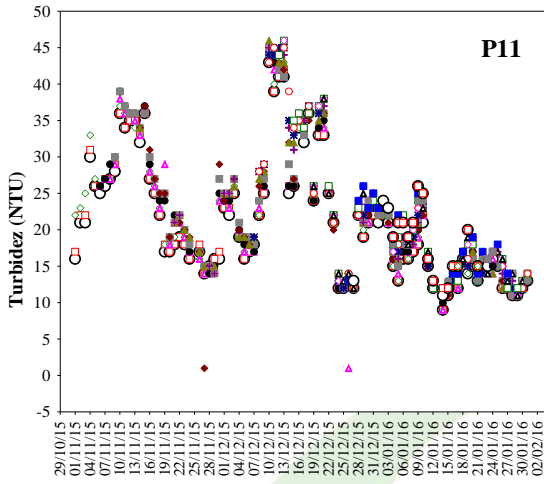
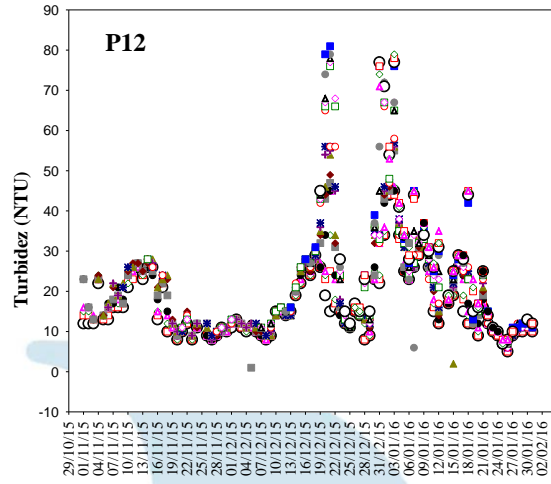


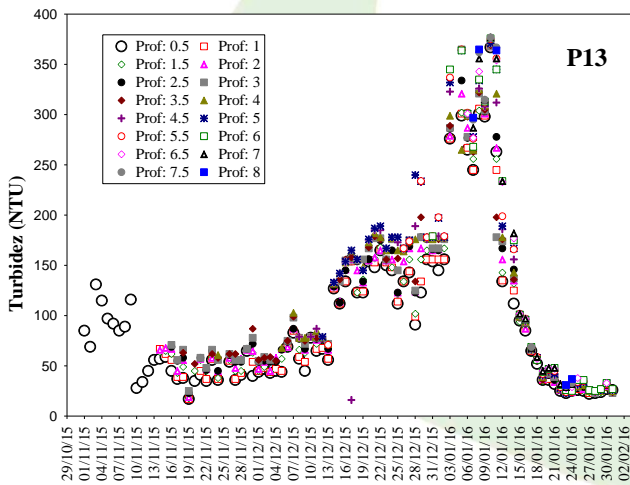
Figura 5-55 - Valores de turbidez mensurados diariamente, entre 01 de agosto e 31 de outubro de 2015, em 06 (seis) tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul). Em cada gráfico está detalhado o perfil vertical realizado a cada 50 m de profundidade.



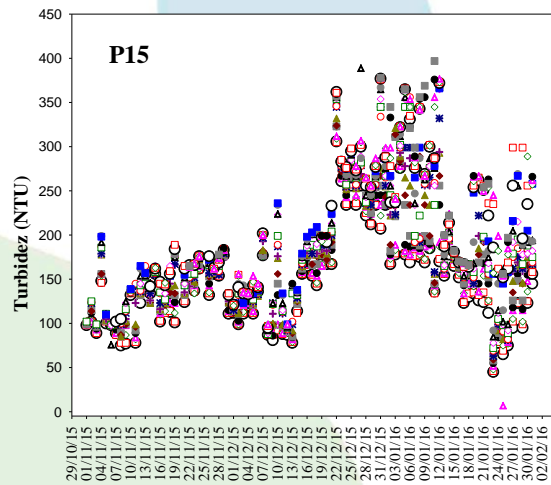
- Prof: 0.5
- Prof: 1
- ◇ Prof: 1.5
- △ Prof: 2
- Prof: 2.5
- Prof: 3
- ◆ Prof: 3.5
- ▲ Prof: 4
- ✦ Prof: 4.5
- ⊕ Prof: 5
- ⊖ Prof: 5.5
- ⊗ Prof: 6
- ⊘ Prof: 6.5
- ⊙ Prof: 7
- ⊚ Prof: 7.5
- ⊛ Prof: 8
- ⊜ Prof: 8.5
- ⊝ Prof: 9
- ⊞ Prof: 9.5
- ⊟ Prof: 10
- ⊠ Prof: 10.5
- ⊡ Prof: 11



- Prof: 0.5
- Prof: 1
- ◇ Prof: 1.5
- △ Prof: 2
- Prof: 2.5
- Prof: 3
- ◆ Prof: 3.5
- ▲ Prof: 4
- ✦ Prof: 4.5
- ⊕ Prof: 5
- ⊖ Prof: 5.5
- ⊗ Prof: 6
- ⊘ Prof: 6.5
- ⊙ Prof: 7
- ⊚ Prof: 7.5
- ⊛ Prof: 8
- ⊜ Prof: 8.5
- ⊝ Prof: 9
- ⊞ Prof: 9.5
- ⊟ Prof: 10
- ⊠ Prof: 10.5
- ⊡ Prof: 11



- Prof: 0.5
- ◇ Prof: 1.5
- Prof: 2.5
- ◆ Prof: 3.5
- ⊕ Prof: 4.5
- ⊖ Prof: 5.5
- ⊗ Prof: 6.5
- ⊙ Prof: 7.5
- Prof: 1
- △ Prof: 2
- Prof: 3
- ▲ Prof: 4
- ✦ Prof: 5
- ⊘ Prof: 6
- ⊚ Prof: 7
- ⊛ Prof: 8



- Prof: 0.5
- Prof: 1
- ◇ Prof: 1.5
- △ Prof: 2
- Prof: 2.5
- Prof: 3
- ◆ Prof: 3.5
- ▲ Prof: 4
- ✦ Prof: 4.5
- ⊕ Prof: 5
- ⊖ Prof: 5.5
- ⊗ Prof: 6
- ⊘ Prof: 6.5
- ⊙ Prof: 7
- ⊚ Prof: 7.5
- ⊛ Prof: 8
- ⊜ Prof: 8.5
- ⊝ Prof: 9
- ⊞ Prof: 9.5
- ⊟ Prof: 10
- ⊠ Prof: 10.5
- ⊡ Prof: 11
- ◆ Prof: 11.5
- ▲ Prof: 12

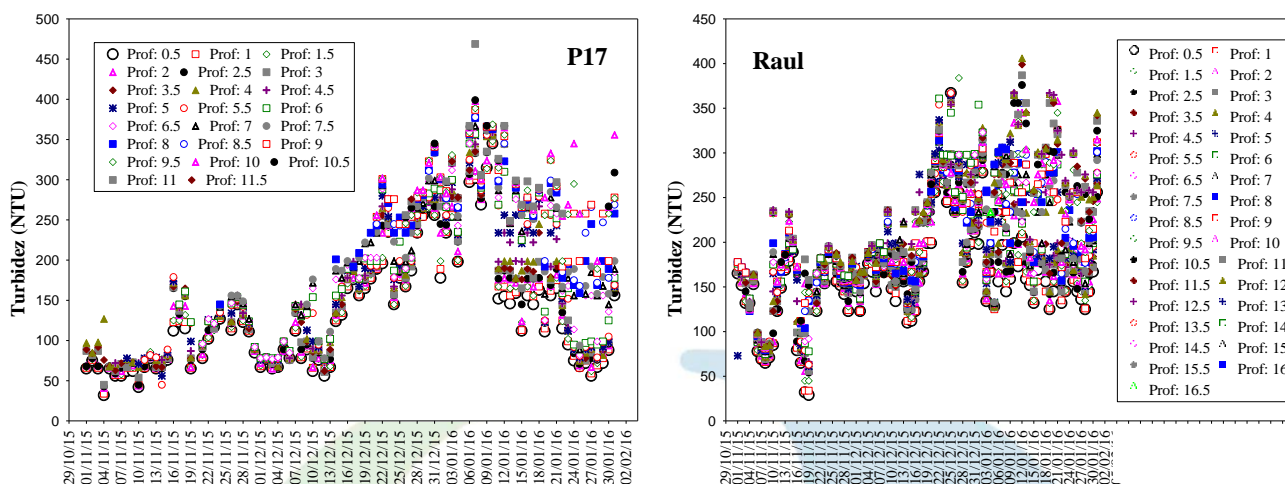


Figura 5-56 - Valores de turbidez mensurados diariamente, entre 01 de novembro de 2015 e 31 de janeiro de 2016, em 06 (seis) tributários do rio Madeira.

Considerando os resultados obtidos entre outubro de 2012 (início da fase de enchimento) e outubro de 2015 (1 ano e meio após o término da fase de enchimento), foi elaborada uma nota técnica solicitando a interrupção do monitoramento diário em alguns pontos de coleta (pontos P15, P17 e igarapé Raul), que apresentaram valores mais estáveis (considerando os parâmetros limnológicos analisados). Tais parâmetros apresentaram maior influência da sazonalidade (períodos de águas altas e águas baixas), não sendo necessário um monitoramento diário com esse objetivo. Além disso, esses tributários não apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores ao limite crítico proposto no sistema de alerta do monitoramento. Essa nota técnica também solicitou a alteração na frequência de coleta nos pontos P11, P12 e P13. Nesses locais, considerando as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas, principalmente, nos períodos de enchente e águas altas, sugeriu-se a continuidade do monitoramento intensivo desses tributários com frequência quinzenal em três profundidades (tendo em vista a redundância nos dados, se obtidos com menor frequência, como demonstrado na análise de autocorrelação temporal, que demonstra a redundância dos dados até



com 30 dias). Essa nota técnica foi protocolada no dia 01 de março de 2016 através do Ofício IT/JB 257-2016.

Varição Nictemeral

Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 05 (cinco) campanhas para o estudo do ciclo nictemeral, tendo a ESBR solicitado a interrupção de tal estudo (Relatório Consolidado referente ao período entre junho de 2009 e setembro de 2011) e o parecer ser favorável (PT nº 142/2011):

"Entende-se que as justificativas da ESBR são pertinentes e que a interrupção do estudo de ciclo nictemeral, durante a fase de implantação da UHE Jirau, pode ser autorizada. No entanto, o estudo deve ser retomado com o enchimento do reservatório, pelo menos por mais is período de águas altas e 01 período de águas baixas. A interrupção ou finalização do estudo nictemeral na fase de enchimento e estabilização do reservatório estará necessariamente condicionada a autorização do Ibama, após proposta técnica oferecida pelo Empreendedor que comprove a desnecessidade de seu prosseguimento".

A ESBR recebeu em 19/10/2012 o ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, que encaminhou a Licença de Operação 1097/2012, e em seu item 1.6.

[...]

"c) Dar continuidade ao estudo de ciclo nictemeral pelo menos por mais 01 período de águas baixas e 01 período de águas altas [...]. A interrupção ou finalização do estudo nictemeral na fase de enchimento ou estabilização do reservatório estará necessariamente condicionada a autorização do Ibama, após proposta técnica oferecida pelo Empreendedor que comprove a sua desnecessidade".

[...]

Assim, desde a emissão da LO nº 1097/2012, até o mês de março de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento do reservatório), já foram realizadas 07 (sete) campanhas onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada no ponto P18-MAD 5, localizado a montante do barramento do

empreendimento (**Quadro 5-8**). Ainda está previsto uma campanha em abril de 2016, que será apresentada posteriormente, no relatório técnico, referente a abril de 2016.

Quadro 5-8 – Campanhas onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada no ponto P18-MAD5.

Meses	Período	Fase
Out/12	Águas baixas	Enchimento
Abr/13	Águas altas	Enchimento
Out/13	Águas baixas	Enchimento
Abr/14	Águas altas	Enchimento
Out/14	Águas baixas	Pós-enchimento
Abr/15	Águas altas	Pós-enchimento
Out/15	Águas baixas	Pós-enchimento

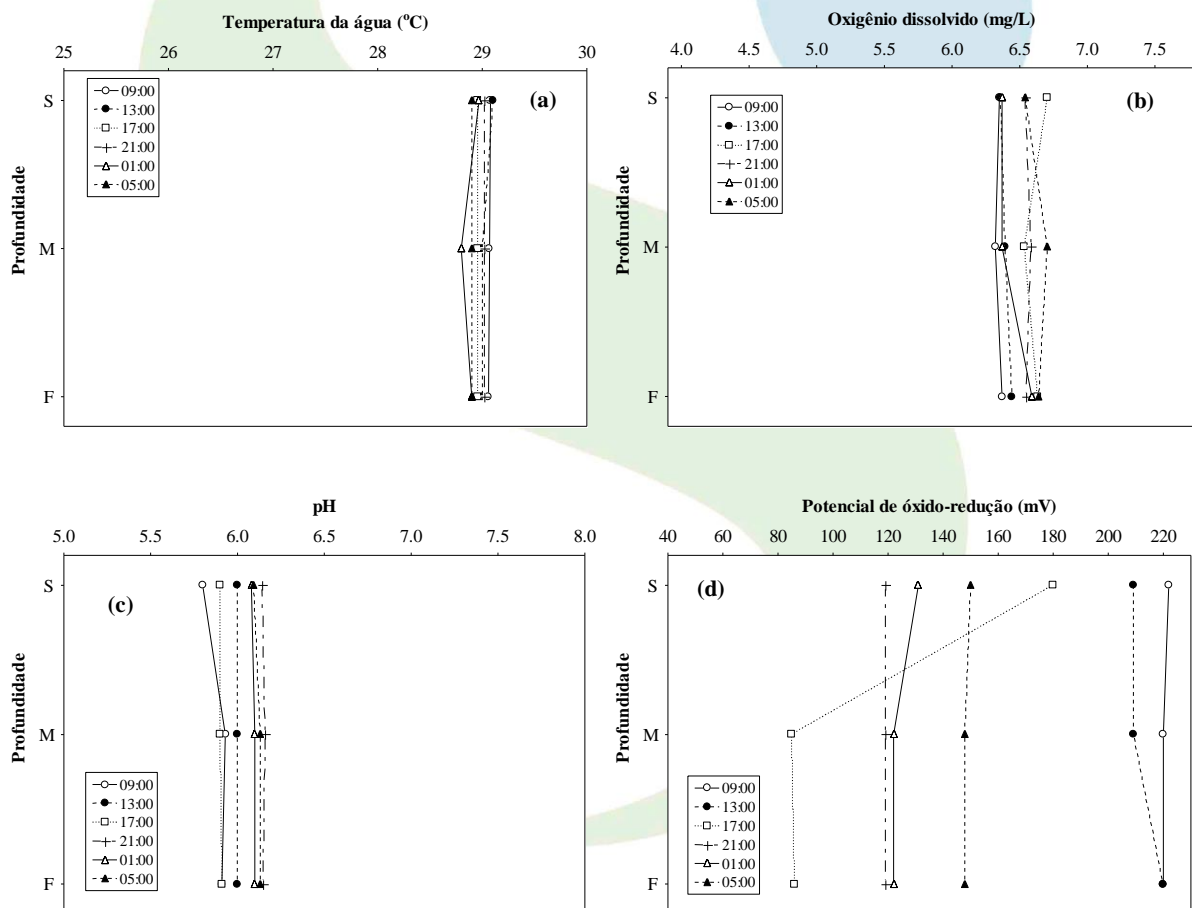
De maneira geral, entre outubro de 2012 e outubro de 2015, foi possível verificar que os valores de temperatura da água pouco variaram ao longo do perfil vertical (exemplo nas **Figuras 5-57, 5-58 e 5-59**). Estes resultados demonstraram a inexistência de estratificação térmica no ponto P18-MAD5, ao longo de todo o ciclo diário. As concentrações similares de oxigênio dissolvido ao longo da coluna da água também indicam a ausência de estratificação em todos os horários de coleta.

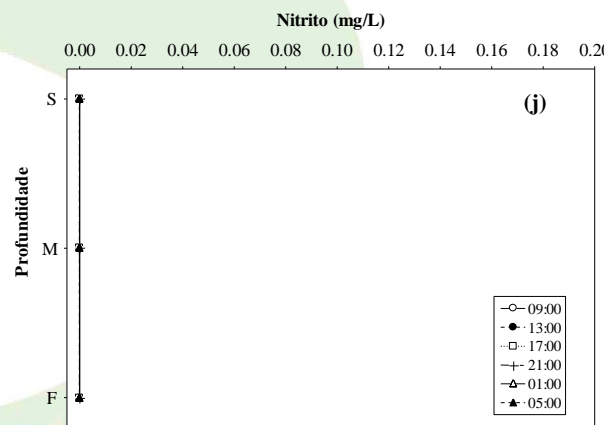
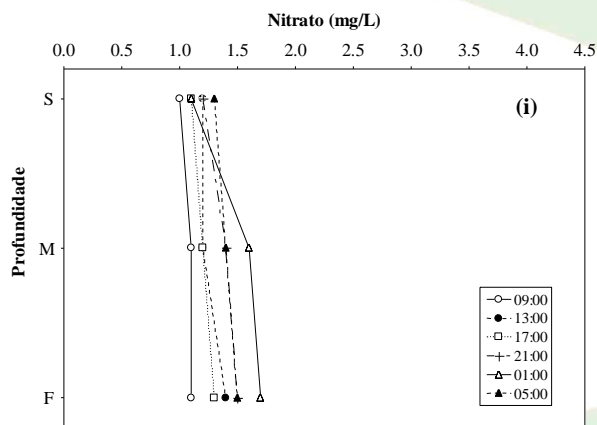
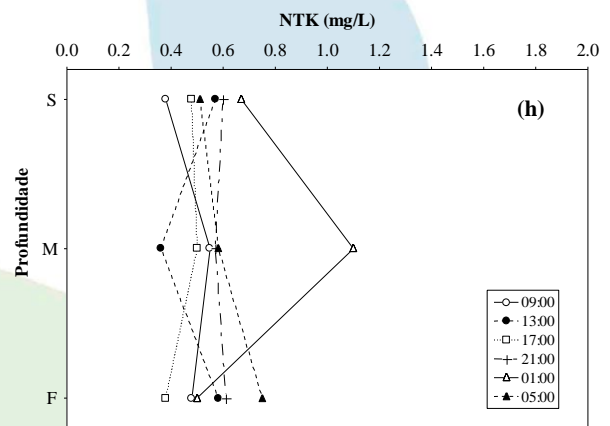
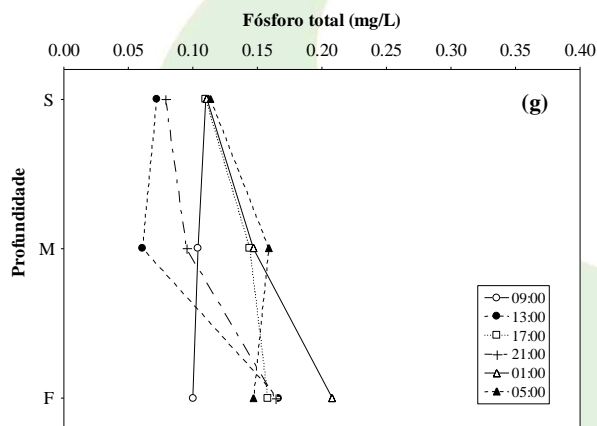
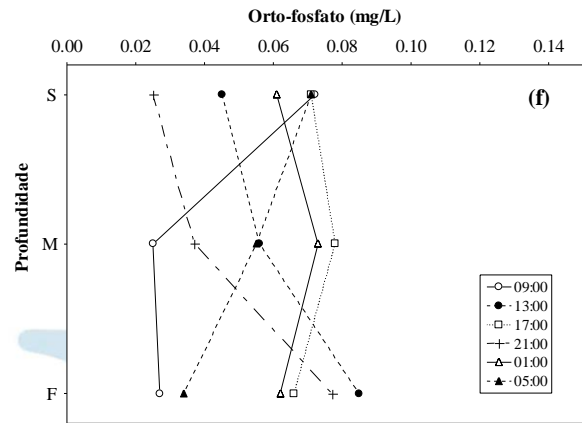
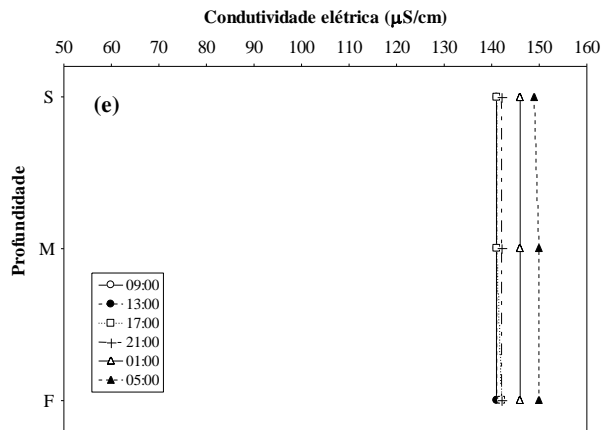
Tais resultados foram similares àqueles registrados durante a fase pré-enchimento. Além disso, durante o período de enchimento e nessa fase pós-enchimento do reservatório, resultados similares também foram registrados. A similaridade nos valores dos parâmetros limnológicos ao longo das profundidades de coleta é característica de ambientes lóticos, ou com pequeno tempo de residência da água.

Considerando a comunidade fitoplanctônica, foram registrados baixos valores de densidade e biomassa durante o ciclo nictemeral realizado no ponto P18, no rio Madeira, em todos os meses de monitoramento nictemeral. Quanto à distribuição vertical dos grupos fitoplanctônicos, estes estiveram distribuídos em todas as camadas da coluna de água, não sendo observados padrões de distribuição vertical relacionados à migração circadiana. De maneira similar, para a comunidade zooplanctônica, os resultados evidenciaram densidades do zooplâncton relativamente baixas nas amostras analisadas,

sendo também pouco variáveis ao longo do período de estudo (24 horas) e também ao longo da coluna de água.

Em suma, assim como observado na fase pré-enchimento, a análise do ciclo nictemeral, tanto no período de enchimento quanto nessa fase pós-enchimento, tem demonstrado que o ponto P18-MAD5 não apresenta estratificação térmica ou química na coluna da água, e que as variações das comunidades aquáticas também não tiveram nenhuma relação com os diferentes tipos de migração vertical. As variações da distribuição vertical ao longo de 24 horas foram claramente estocásticas, não sendo atribuídas aos processos ecológicos que, em geral, ocorrem em ambientes lênticos.





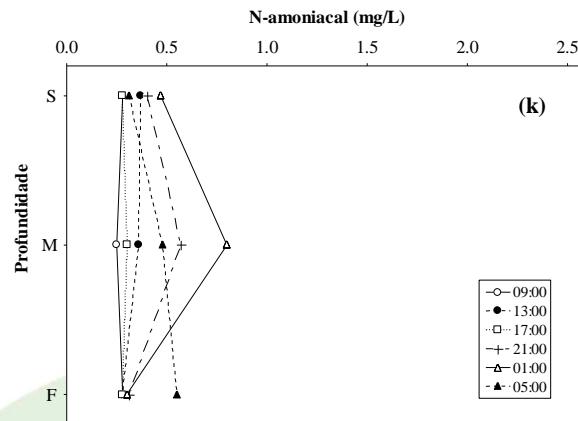
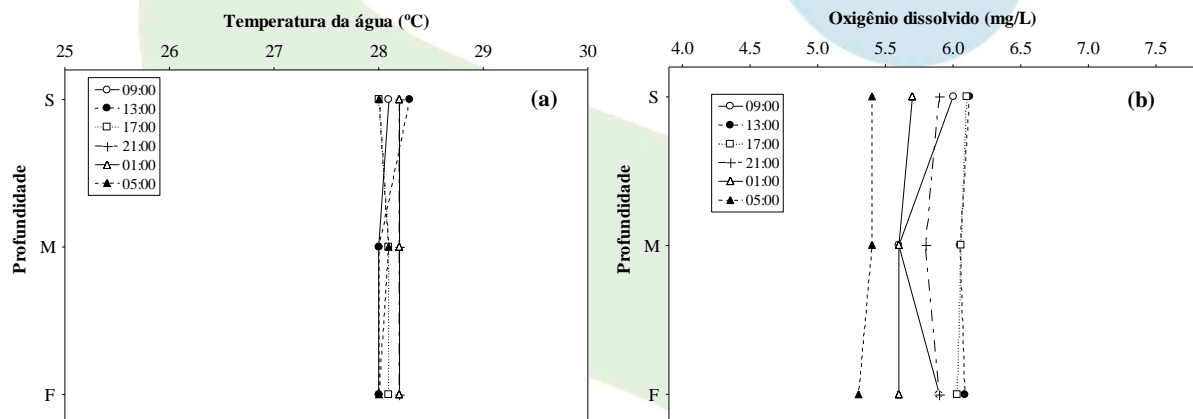
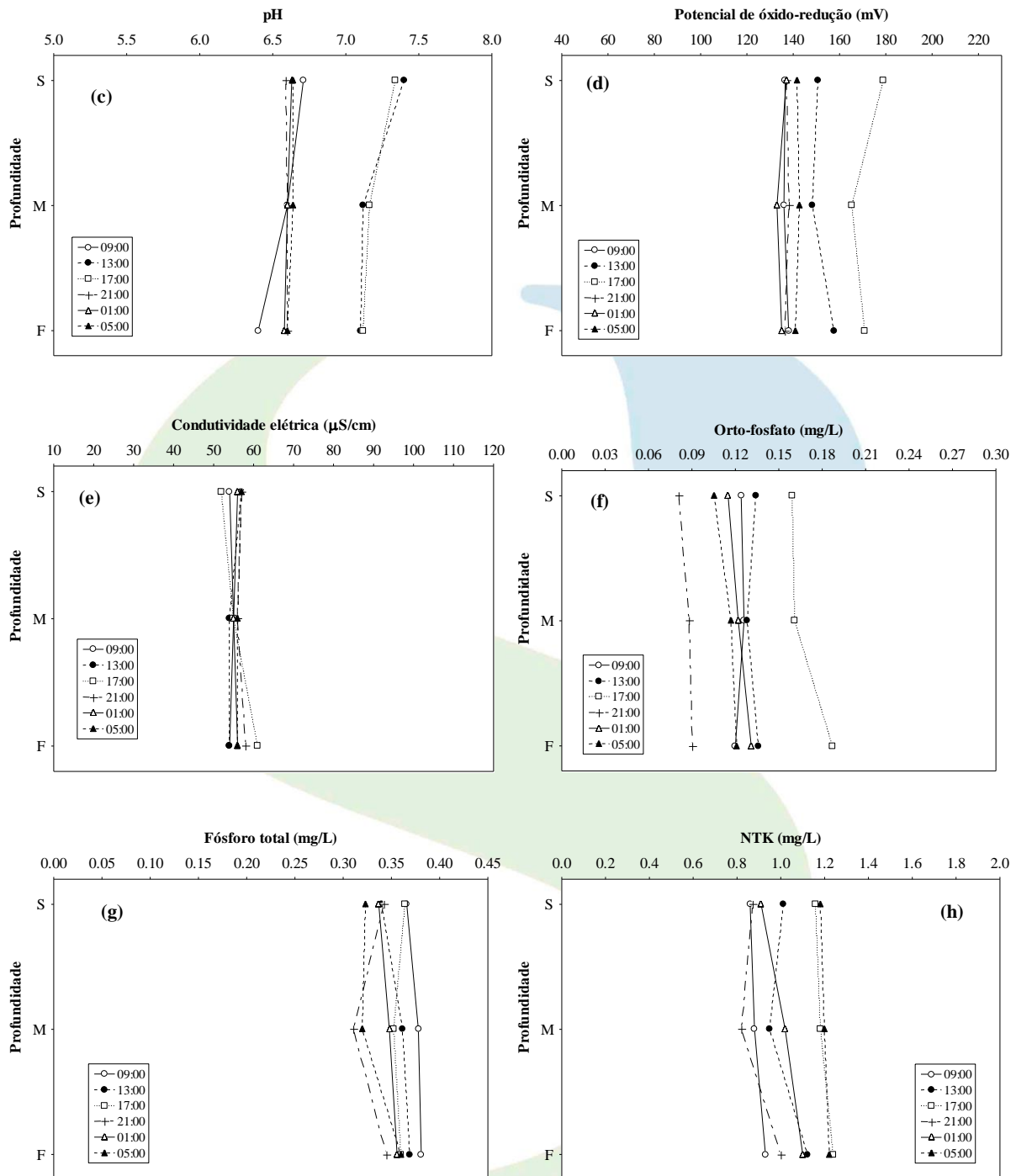


Figura 5-57 - Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em outubro de 2013.





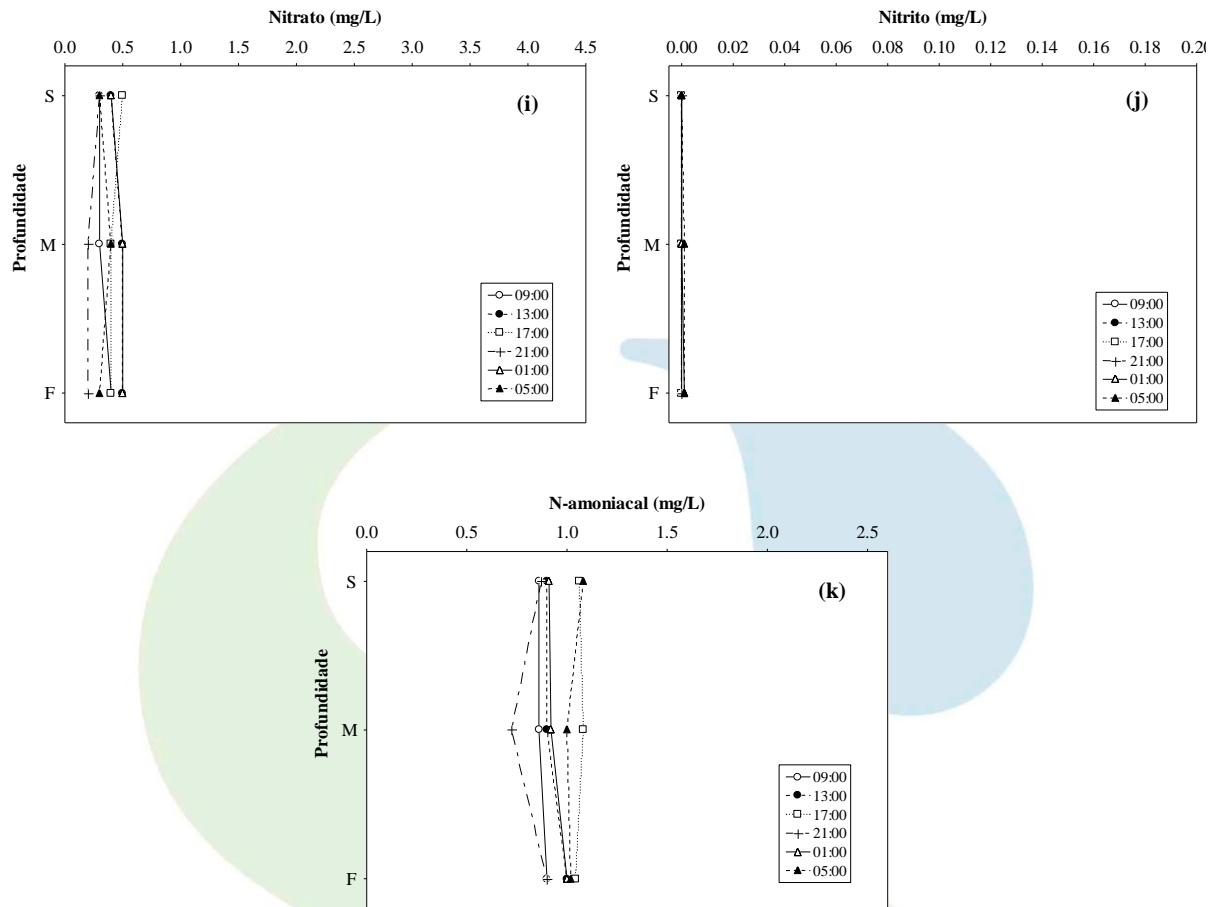
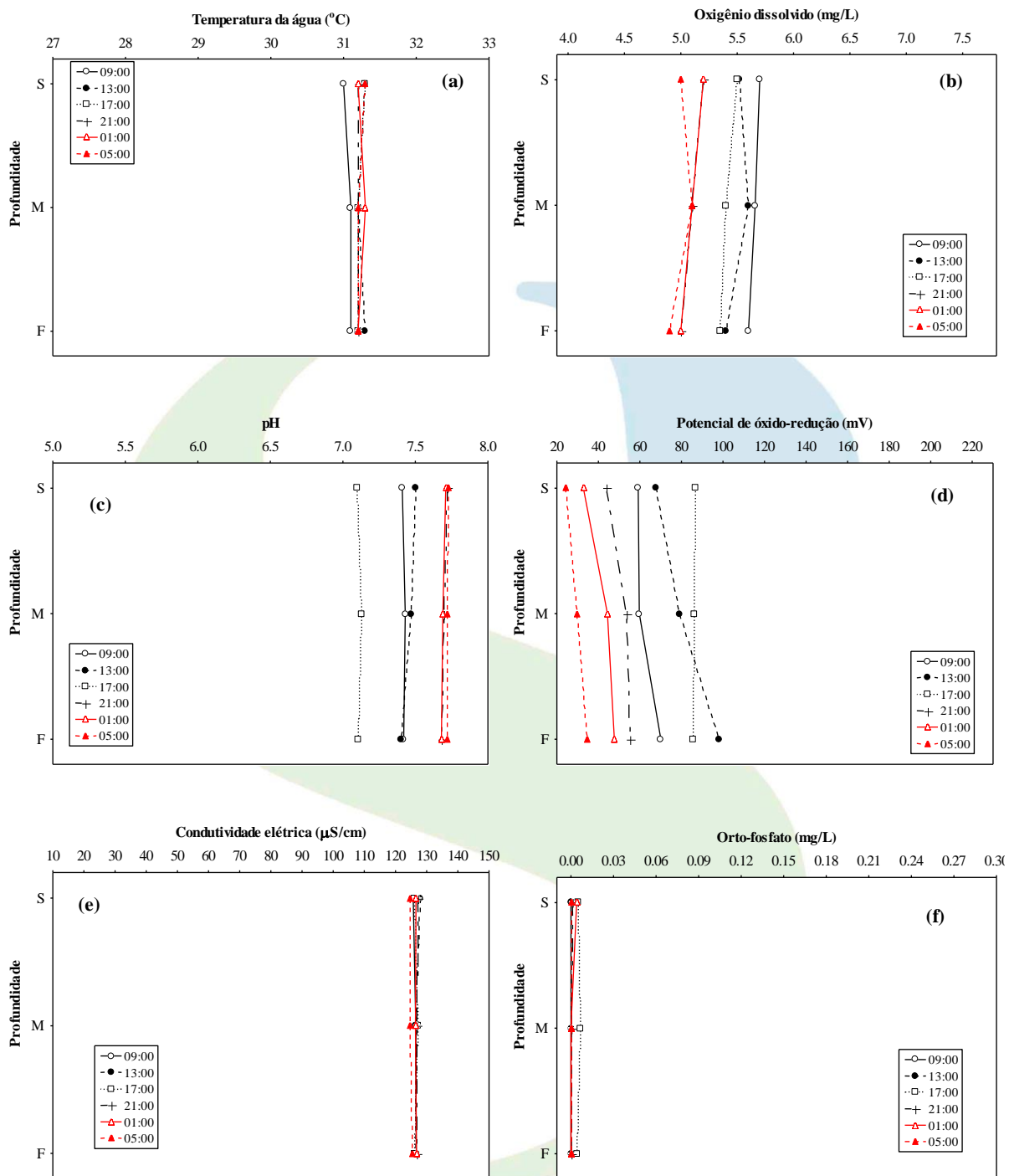


Figura 5-58 - Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18-MAD5 (rio Madeira), em abril de 2015.



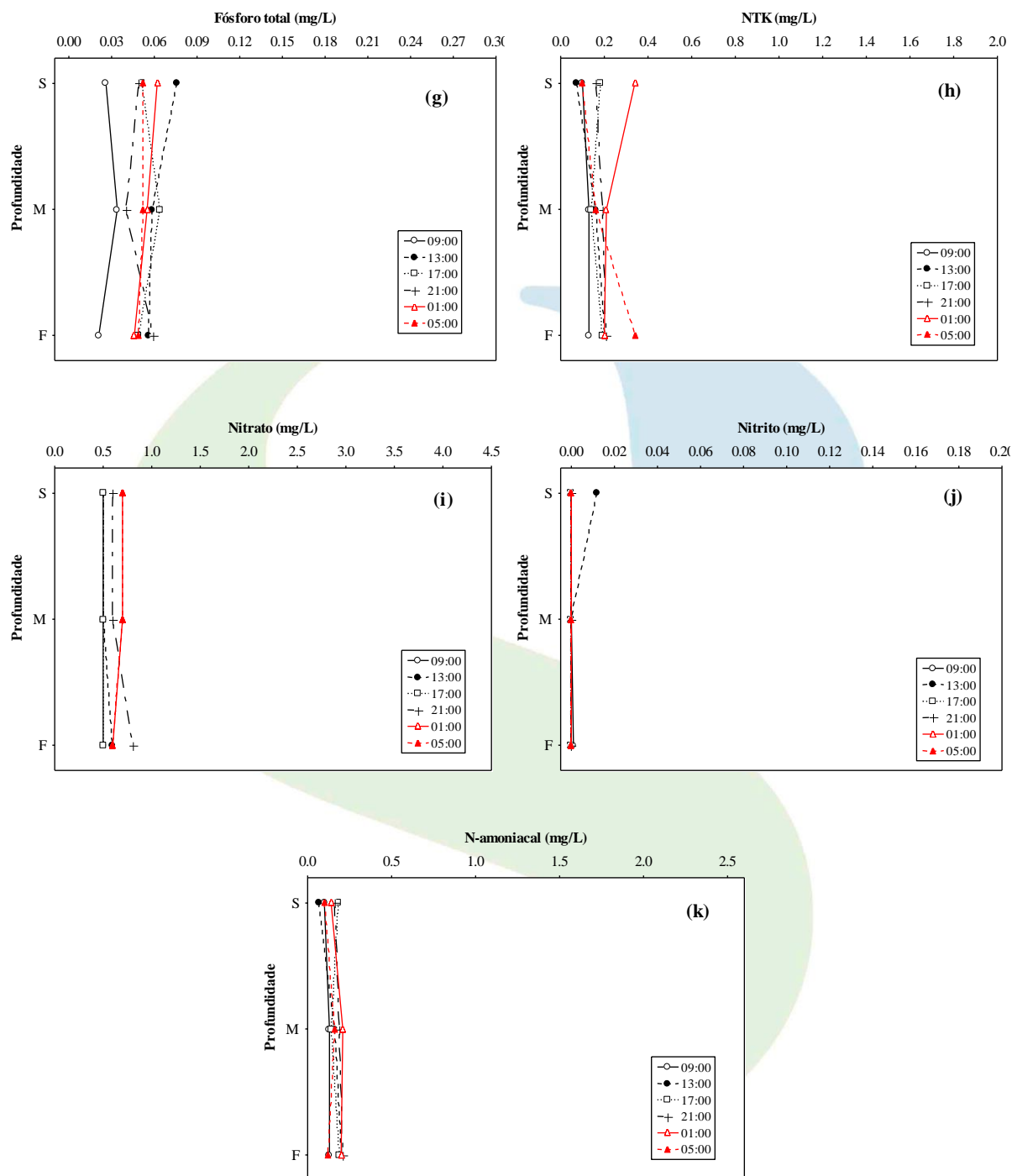


Figura 5-59 - Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18-MAD5 (rio Madeira), em outubro de 2015.

Valores de OD e DBO₅ em 02 (dois) Pontos Localizados a Jusante do Barramento da UHE Jirau

De acordo com a solicitação feita pelo IBAMA no Parecer Técnico (PT) nº 127/2012 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, em dezembro de 2012 foi iniciado o monitoramento quinzenal das concentrações de oxigênio dissolvido e DBO₅ em 02 (duas) estações de coleta localizadas a jusante do barramento da UHE Jirau, sendo estas: P19-MAD6 e MON 4 (situado na área de influência da UHE Santo Antônio, sendo este ponto pertence à malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico desenvolvido pela SAE). A partir de julho de 2013, essas análises passaram a ser mensais, de acordo com o Parecer Técnico nº 5331/2013– COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.

Em 20 de julho de 2015, essa comparação entre os pontos MAD6 e MON 4 foi suspensa, através do Ofício 02001.007861/2015-29 CGENE/IBAMA, tendo em vista as justificativas apresentadas ao IBAMA, tais como:

- As concentrações de oxigênio dissolvido em ambos os pontos de coleta foram superiores a 5,0 mg/L (limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005), além de serem similares aos valores mensurados durante a fase pré-enchimento (considerando o ponto P19-MAD 6);
- Os valores de DBO₅ obtidos durante esse período também foram similares àqueles mensurados durante a fase pré-enchimento (no ponto P19-MAD 6), sendo inferiores ao limite preconizado pela referida resolução (5,0 mg/L). Não houve diferença significativa entre os valores mensurados no ponto P19-MAD 6 e aqueles obtidos no ponto MON 4 ($P > 0,5$);
- Pode-se afirmar que durante a fase de enchimento e nessa fase pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau (entre junho de 2014 e julho de 2015), não houve alterações significativas na qualidade da água a jusante do barramento, não havendo qualquer impacto negativo do empreendimento (**Figura 5-60**).



Em resposta a essa nota técnica, o Ofício 02001.007861/2015-29 CGENE/IBAMA, do dia 20 de julho de 2015 estabeleceu o seguinte:

“...As justificativas para a finalização do monitoramento na estação MON 4, expostas na carta IT/AT 584/2015, são pertinentes. Assim, recomenda-se o deferimento da solicitação da ESRB.”

Assim, essa comparação foi suspensa, a partir de agosto de 2015.

Posteriormente foi solicitada a interrupção do monitoramento mensal desse monitoramento realizado no MAD6:

“Ressalta-se que o ponto P19-MAD 6 continuará sendo monitorado trimestralmente, seguindo o estabelecido no PBA da UHE Jirau. Além disso, a sonda de monitoramento real também transmite as características limnológicas do ponto a jusante em tempo real (a cada 1 hora), o que permite a tomada de decisão imediata, caso ocorra alguma alteração nas características limnológicas a jusante da barragem. Dessa maneira, sugere-se a suspensão do monitoramento mensal do ponto MAD 6, que foi adicionado durante o enchimento do reservatório para comparação com o ponto MON 4.”

Assim, essa solicitação foi deferida em março de 2016, através do Ofício 02001.002618/2016-03 COHID/IBAMA.

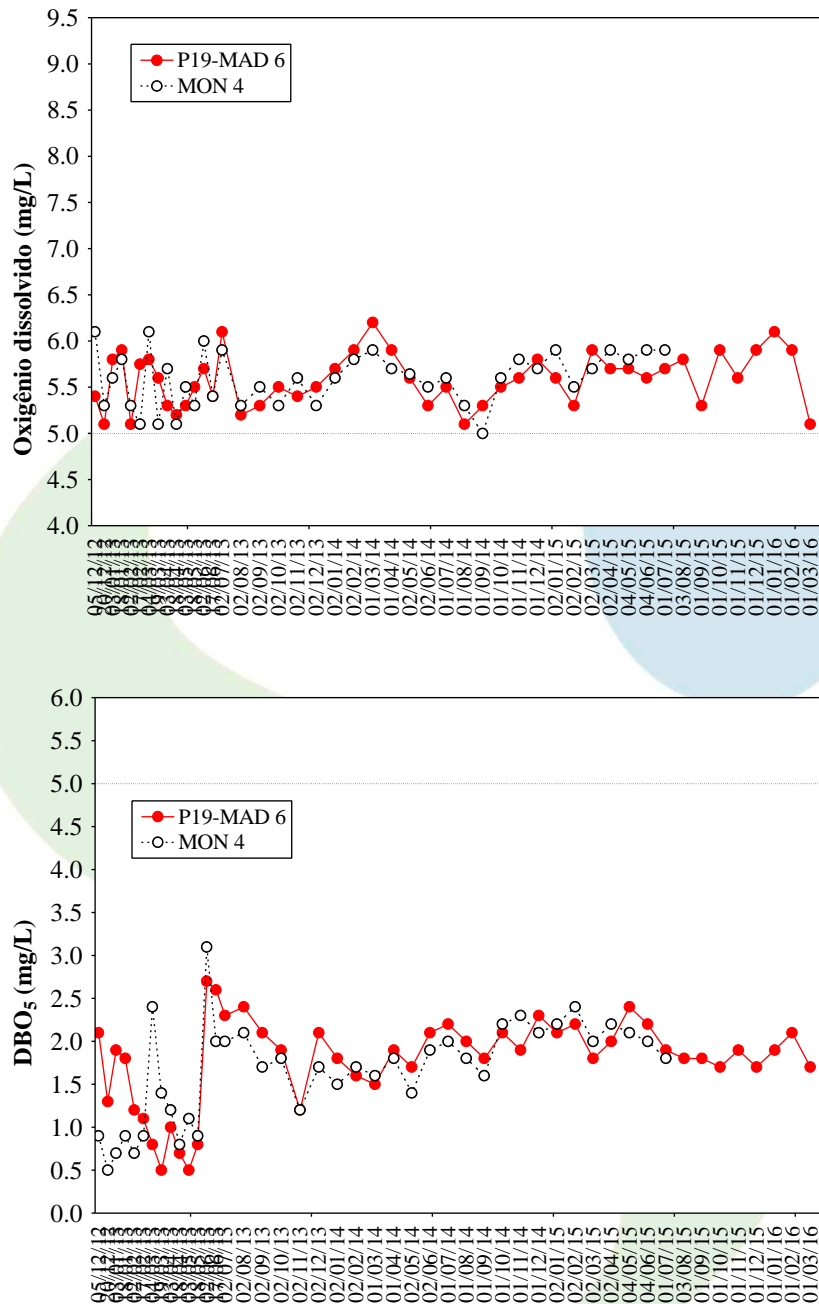


Figura 5-60 - Concentrações de oxigênio dissolvido e DBO₅ mensuradas nos pontos P19-MAD 6 e MON 4, a jusante da barragem da UHE Jirau, entre dezembro de 2012 e março de 2016. Entre agosto de 2015 e março de 2016, essas medidas foram obtidas somente no ponto P19-MAD6.

Ponto de Captação da ETA de Nova Mutum Paraná da CAERD

Variáveis abióticas

De maneira geral, entre outubro de 2012 e março de 2016, a temperatura da água foi, em média, igual a 28,2°C (variando entre 23,5°C e 30,8°C), sendo o menor valor registrado no mês de julho de 2014. Considerando os parâmetros limnológicos analisados, a maior parte dos valores se encontrou dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005, incluindo os valores de pH (média igual a 6,51; **Figura 5-63a**), sólidos totais dissolvidos (média igual a 41,6 mg/L; **Figura 5-63d**), sulfato (média igual a 1,07 mg/L; **Figura 5-63l**), nitrato (média igual a 1,40 mg/L; **Figura 5-64d**), nitrito (média igual a 0,001 mg/L; **Figura 5-64e**), nitrogênio amoniacal (média igual a 0,936 mg/L; **Figura 5-64f**), clorofila-*a* (média igual a 2,88 µg/L; **Figura 5-65b**), DBO₅ (média igual a 1,32 mg/L; **Figura 5-65c**) e coliformes termotolerantes (média igual a 27,22 NMP/100ml; **Figura 5-66b**).

As concentrações de oxigênio dissolvido tenderam a ser superiores ao limite do CONAMA no período em que o ponto de captação da água estava situado no rio Madeira (média igual a 6,05 mg/L). Tendo em vista a alteração do local para a captação de água, em setembro de 2015, o monitoramento foi realizado em um tributário próximo ao rio Madeira, onde a concentração de oxigênio foi, em média, igual a 4,47 mg/L, enquanto que em dezembro de 2015, janeiro, fevereiro e março de 2016 essa concentração média foi igual a 4,33 mg/L (**Figura 5-61b**).

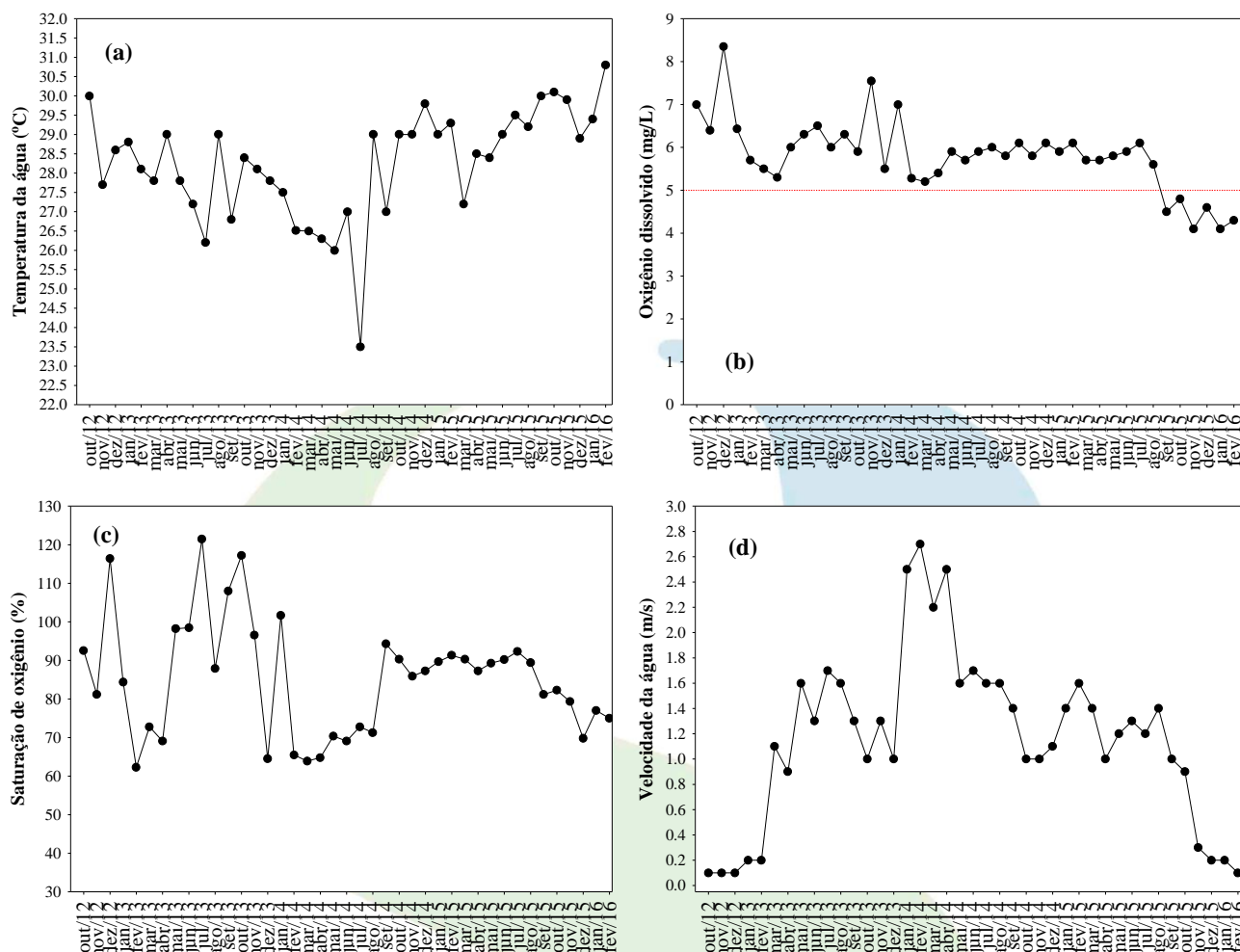


Figura 5-61- Valores de temperatura da água (a), oxigênio dissolvido (b), saturação de oxigênio (c) e velocidade da água (d). A linha tracejada na horizontal na figura "b" indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Variáveis indicadoras de luminosidade subaquática

Considerando as variáveis indicadoras de luminosidade subaquática, entre maio e outubro de 2013 foi registrado um decréscimo nesses valores, comparando como o período de chuvas na região (entre outubro e dezembro de 2012 e entre janeiro e abril de 2013). Entre novembro de 2013 e fevereiro de 2014, por outro lado, houve novo acréscimo nesses valores, indicando a influência direta da



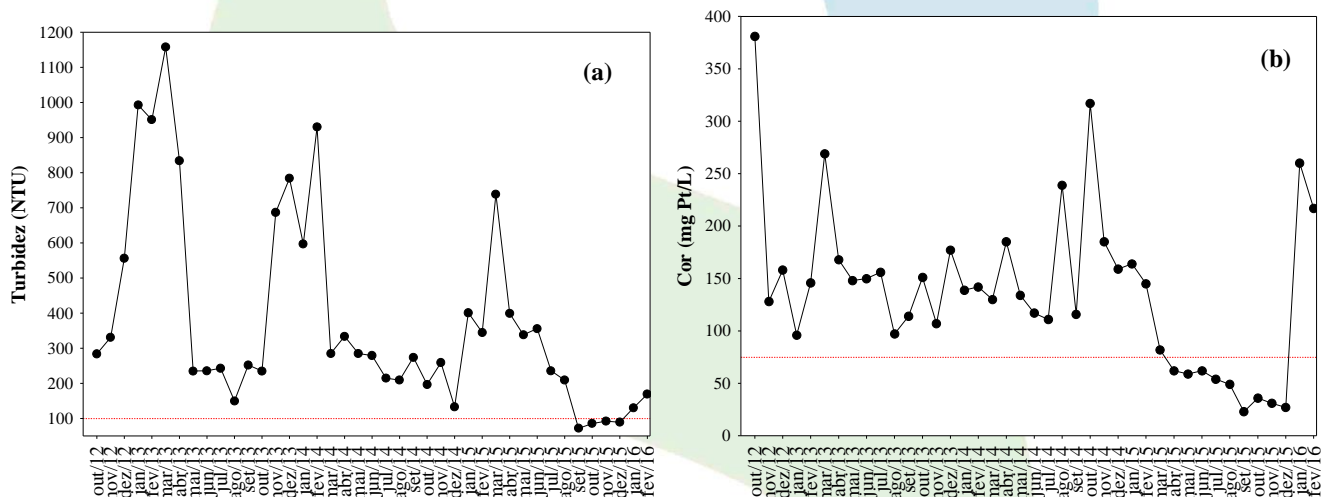
sazonalidade sobre essas variáveis. Em março, abril, maio e junho de 2014, tais valores foram inferiores àqueles registrados em fevereiro de 2014, enquanto que em julho e agosto de 2014 foi registrado um novo decréscimo nos valores de turbidez. Em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2014, tais valores foram similares àqueles mensurados durante o período de estiagem no ano de 2014. Por outro lado, observou-se um acréscimo nesses valores em janeiro de 2015 (401 NTU), fevereiro (345 NTU) e março de 2015 (739 NTU). Tais valores são característicos do período de enchente e águas altas, no trecho monitorado. Entre abril de 2015 e agosto de 2015 houve um novo decréscimo nos valores de turbidez (399 NTU em abril; 338 NTU em maio; 356 NTU em junho; 236 NTU em julho e 209 NTU em agosto de 2015). Em setembro, outubro e novembro de 2015, os valores de turbidez também foram baixos (71,8 NTU; 85,6 NTU e 92,3 NTU) (**Figura 5-62**). Por outro lado, assim como esperado, houve um acréscimo nesses valores em janeiro e fevereiro de 2016 (89,2 NTU em dezembro de 2015, 130 NTU em janeiro de 2016 e 169 NTU em fevereiro). Tais resultados demonstram a influência da sazonalidade sobre as características limnológicas no local.

De maneira geral, mesmo durante o período de estiagem, ou águas baixas, o ponto de captação, quando localizado no rio Madeira, apresentava elevados valores de turbidez, ou baixos valores de transparência da água (**Figura 5-62**). Deve-se enfatizar ainda que os elevados valores de turbidez e material em suspensão no rio Madeira ao longo de todo o ano é uma característica natural desse ambiente. De maneira geral, os sólidos em suspensão no rio Madeira se originam nas formações terciárias dos Andes e recebem escoamento dos solos marginais ao longo de toda a extensão do rio (SEYLER e BOAVENTURA, 2001). Nesses últimos meses de coleta (entre setembro de 2015 e fevereiro de 2016), o ponto de captação estava localizado em um tributário, o que explica os valores de turbidez mais baixos.

Além disso, ao longo dos 20 (vinte) meses de enchimento (considerando Etapas 1 a 3 e período entre elas), e considerando esses meses da fase pós-enchimento (entre junho de 2014 e fevereiro de 2016) a maior fração de material em suspensão foi de origem inorgânica (sólidos fixos) (**Figura 5-62**). Tais

resultados indicam a ausência de grande concentração de matéria orgânica na coluna da água, como por exemplo a ausência de elevada densidade de algas no trecho estudado.

É importante ressaltar também que com a formação do reservatório da UHE Jirau, não houve impacto significativo nos padrões de variação temporal a jusante nos pontos monitorados, como pode ser visualizado através da série temporal demonstrada pelos gráficos, considerando essas variáveis indicadoras de luminosidade subaquática. Ou seja, o ponto PCAP, assim como os demais pontos situados no rio Madeira, continua apresentando valores de turbidez similares àqueles obtidos na fase pré-enchimento, variando ao longo do período sazonal. Algumas alterações limnológicas observadas a partir de setembro de 2015 devem-se ao novo local de coleta (ponto situado em um tributário).



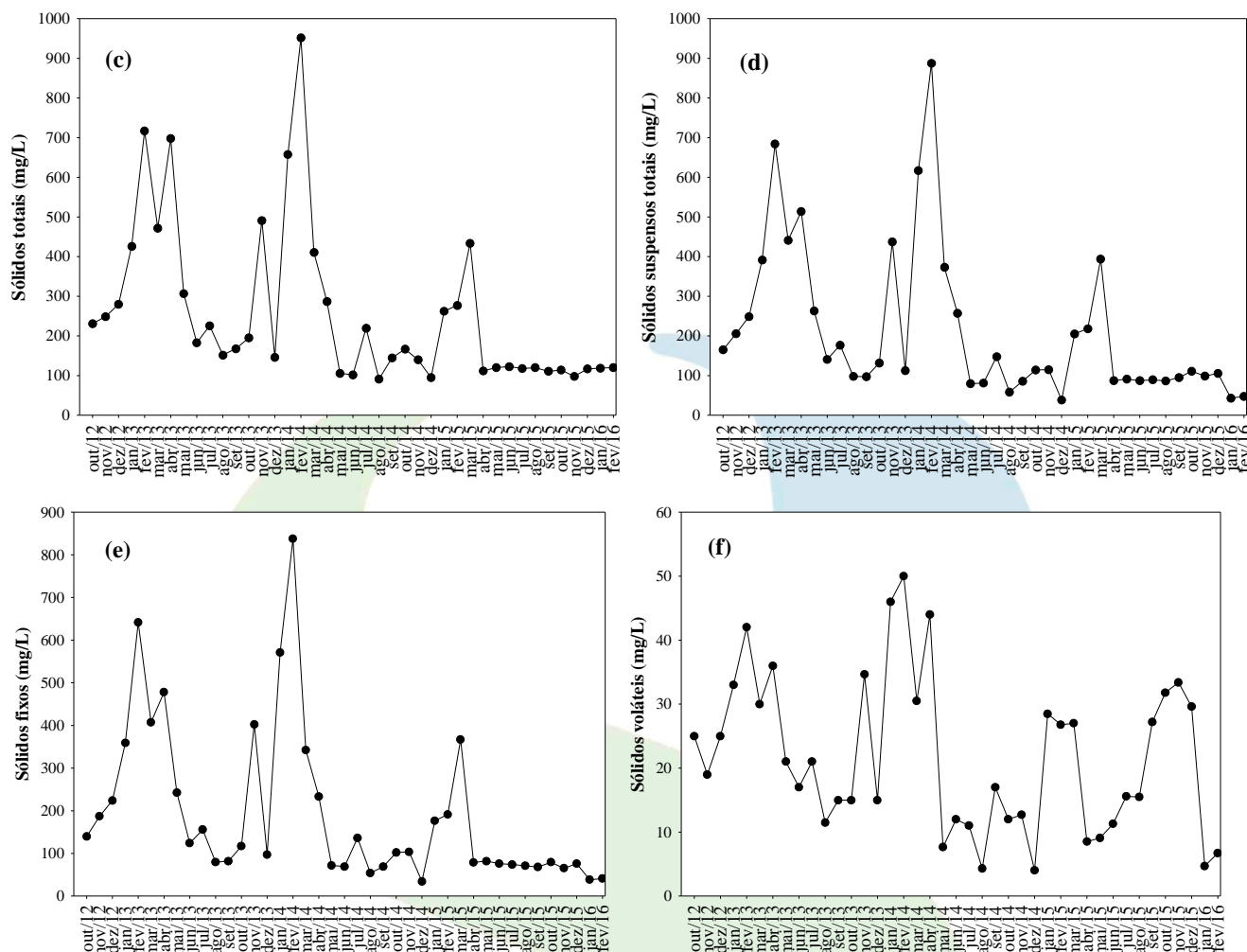


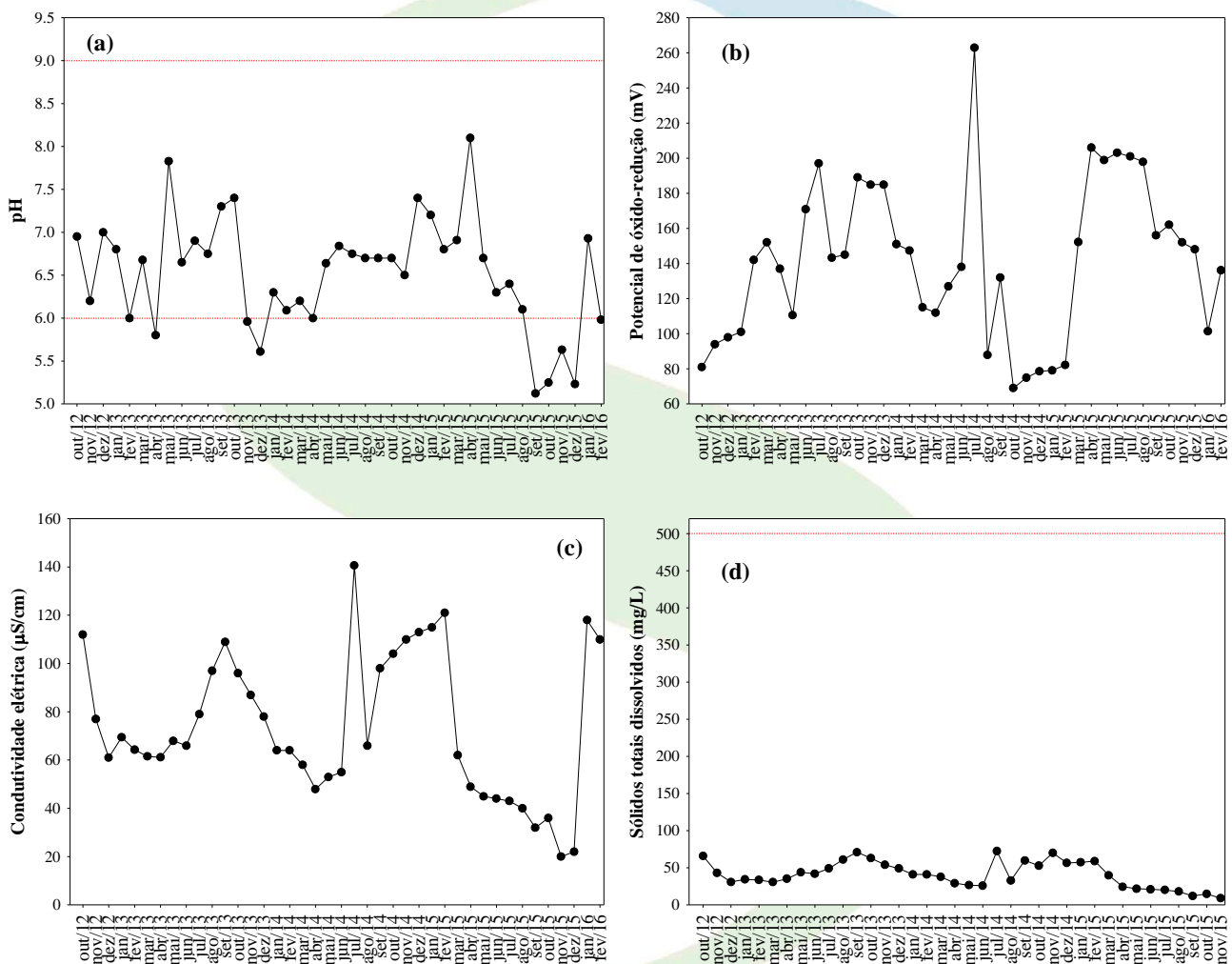
Figura 5-62- Valores de turbidez (a), cor (b), sólidos totais (c), sólidos suspensos (d), sólidos fixos (e) e sólidos voláteis (f). A linha tracejada na horizontal na figura “a” e “b” indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

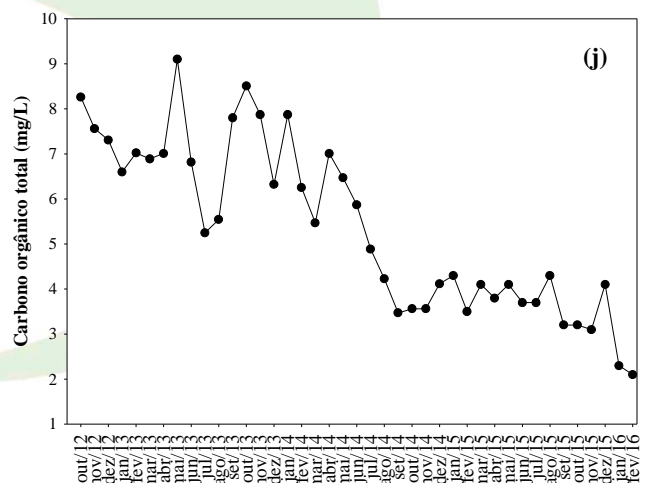
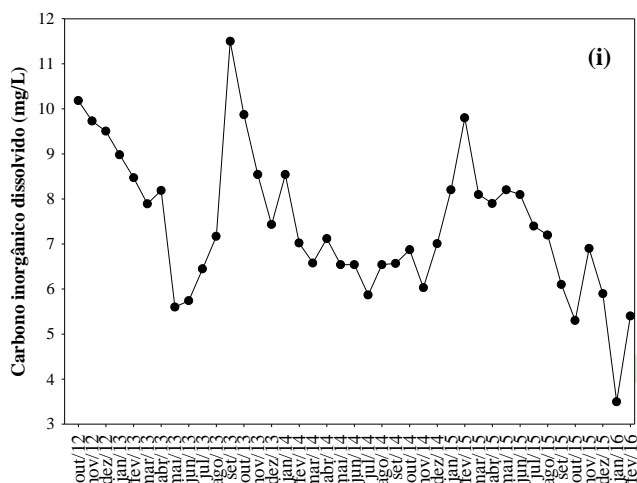
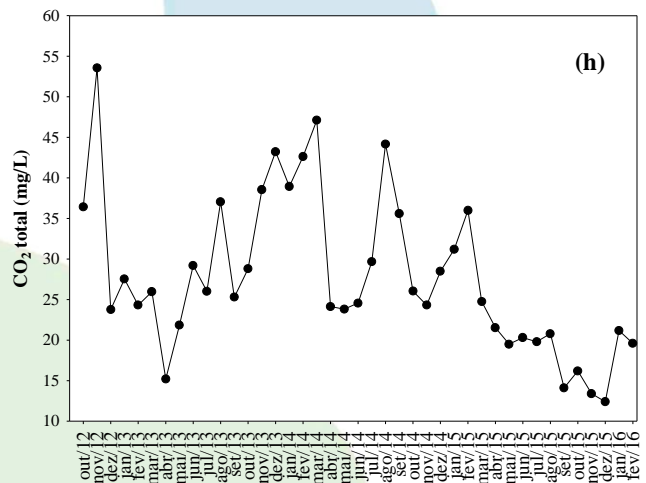
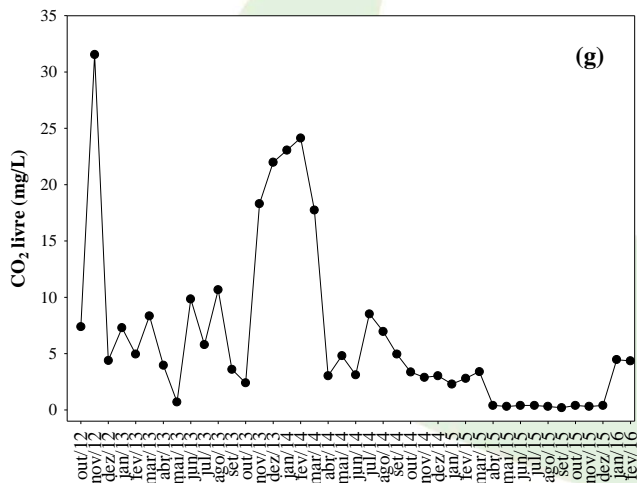
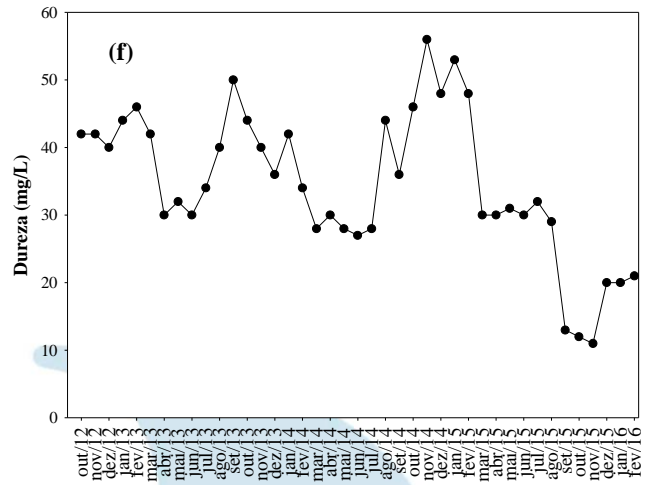
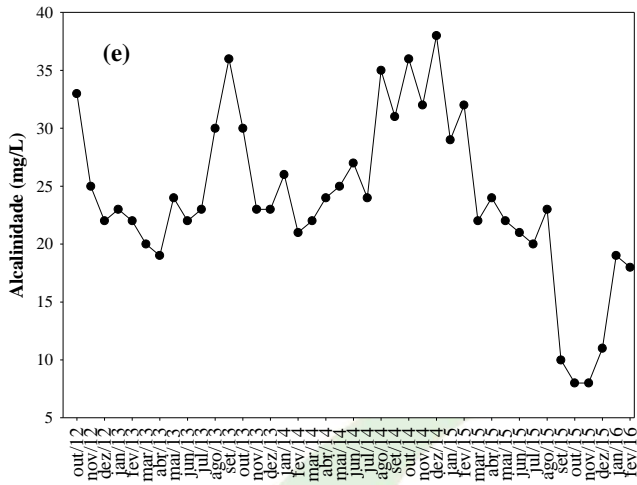
pH, Condutividade elétrica, STD, Alcalinidade, Dureza e Carbono

De maneira geral, as concentrações de íons no ponto PCAP se encontram dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA. Além disso, tais valores indicam a ausência de influência antrópica na região (**Figura 5-63**). Os valores mensurados no ponto PCAP são similares aos demais locais monitorados ao longo do rio Madeira, como pode ser visualizado nos relatórios técnicos bimestrais do Programa de Monitoramento Limnológico. De maneira similar, entre setembro de 2015



e fevereiro de 2016, os valores de pH foram menores, tendo em vista que a coleta foi realizada em um tributário (alteração do ponto de captação de água). Considerando a variação sazonal, é possível verificar que, frequentemente, baixos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade foram registrados durante o período de água altas, quando ocorre a diluição desses íons. Resultados similares também foram mensurados entre setembro de 2009 e julho de 2012 (período pré-enchimento) no rio Madeira.





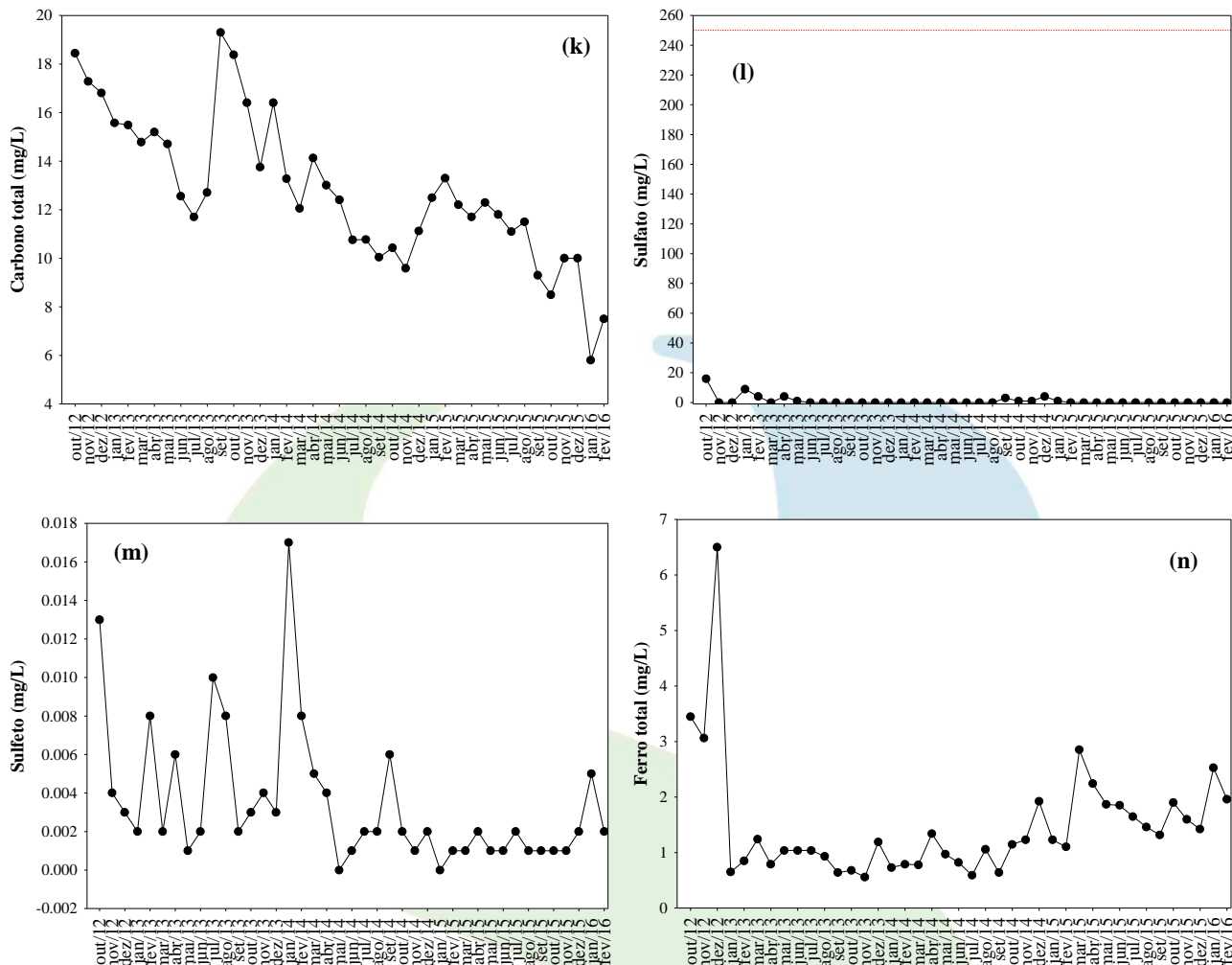


Figura 5-63- Valores de pH (a), potencial de óxido-redução (b), condutividade elétrica (c), sólidos totais dissolvidos (d), alcalinidade (e) dureza (f), CO₂ livre (g), CO₂ total (h), carbono inorgânico dissolvido (i), carbono orgânico (j), carbono total (k), sulfato (l), sulfeto (m) e ferro total (n). A linha tracejada na horizontal na figura "a", "d" e "l" indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Nutrientes Fosfatados e Nitrogenados

Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle



de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Em geral, a elevada permanência desses nutrientes, mesmo após o controle de fontes pontuais, pode ser atribuída a diferentes processos, como reciclagem interna e emissões difusas derivadas de atividades agropastoris. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o P pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Ao longo do período de estudo, as concentrações de orto-fosfato e fósforo total foram elevadas (média de orto-fosfato igual a 0,113 mg/L e média de fósforo total igual a 0,269 mg/L). De maneira geral, elevadas concentrações de fósforo frequentemente foram mensuradas ao longo dos pontos monitorados do rio Madeira. Tais concentrações foram similares àquelas obtidas durante o monitoramento na fase pré-enchimento. Entre outubro de 2012 e fevereiro de 2016, o ponto de captação atual apresentou concentrações de fósforo total superiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L), com exceção dos valores mensurados em fevereiro e agosto de 2013 e em dezembro de 2014 (**Figura 5-64**).

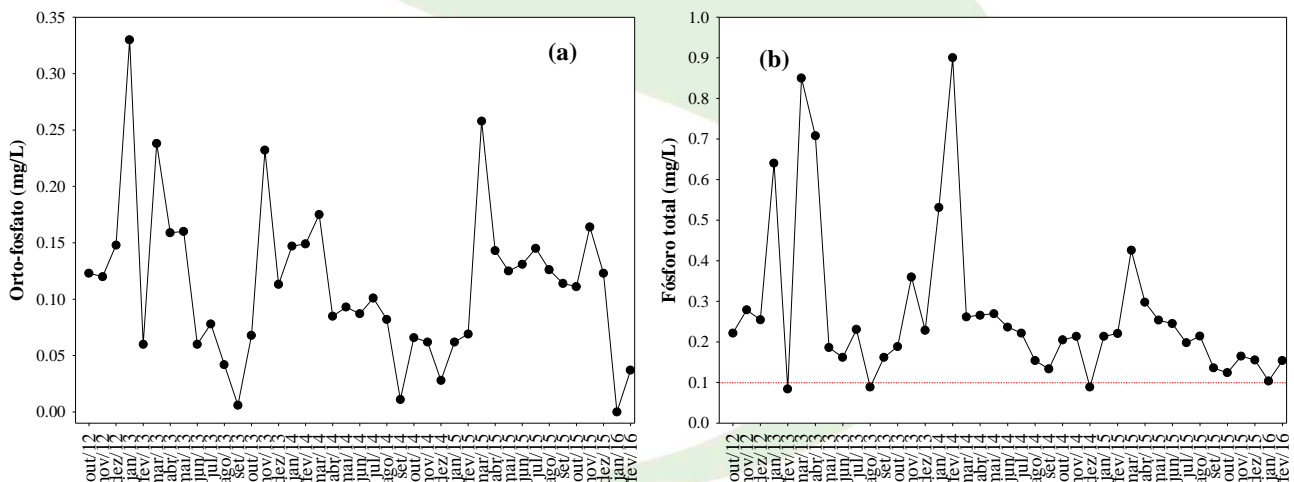
Deve-se enfatizar ainda que essas elevadas concentrações de fósforo total ao longo do trecho monitorado no rio Madeira (no período de águas baixas e, principalmente, no período de águas altas) é resultado da elevada concentração de sólidos suspensos nesse rio, o que é uma característica natural desse ambiente. Como discutido anteriormente, os sólidos em suspensão no rio Madeira se originam do escoamento dos solos marginais ao longo de toda sua extensão.

A importância do nitrogênio para o funcionamento dos ecossistemas pode ser atribuída à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode atuar como fator limitante da produção primária. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os



produtores primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados (ESTEVES, 2011).

Assim como observado para as concentrações de fósforo total, entre outubro de 2012 e fevereiro de 2016, as maiores concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e nitrogênio amoniacal no ponto de captação de água da ETA (PCAP) foram mensuradas em março e abril de 2013, e em janeiro e fevereiro de 2014, ou seja, durante o período de águas altas. Esse aumento se deve as maiores concentrações de sólidos suspensos na água durante esse período de chuvas. Por outro lado, mesmo considerando o acréscimo nas concentrações de nutrientes nitrogenados nesse local, destaca-se que, durante todo o período de estudo, o local monitorado apresentou concentrações de nitrato e nitrito que coadunam com os limites indicados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito). De acordo com a referida Resolução, o limite para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a 7,5, o valor máximo estabelecido para nitrogênio amoniacal é igual a 3,7 mg/L, ou seja, esse local no ponto de captação de água, também apresentou concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela resolução (**Figura 5-64**).



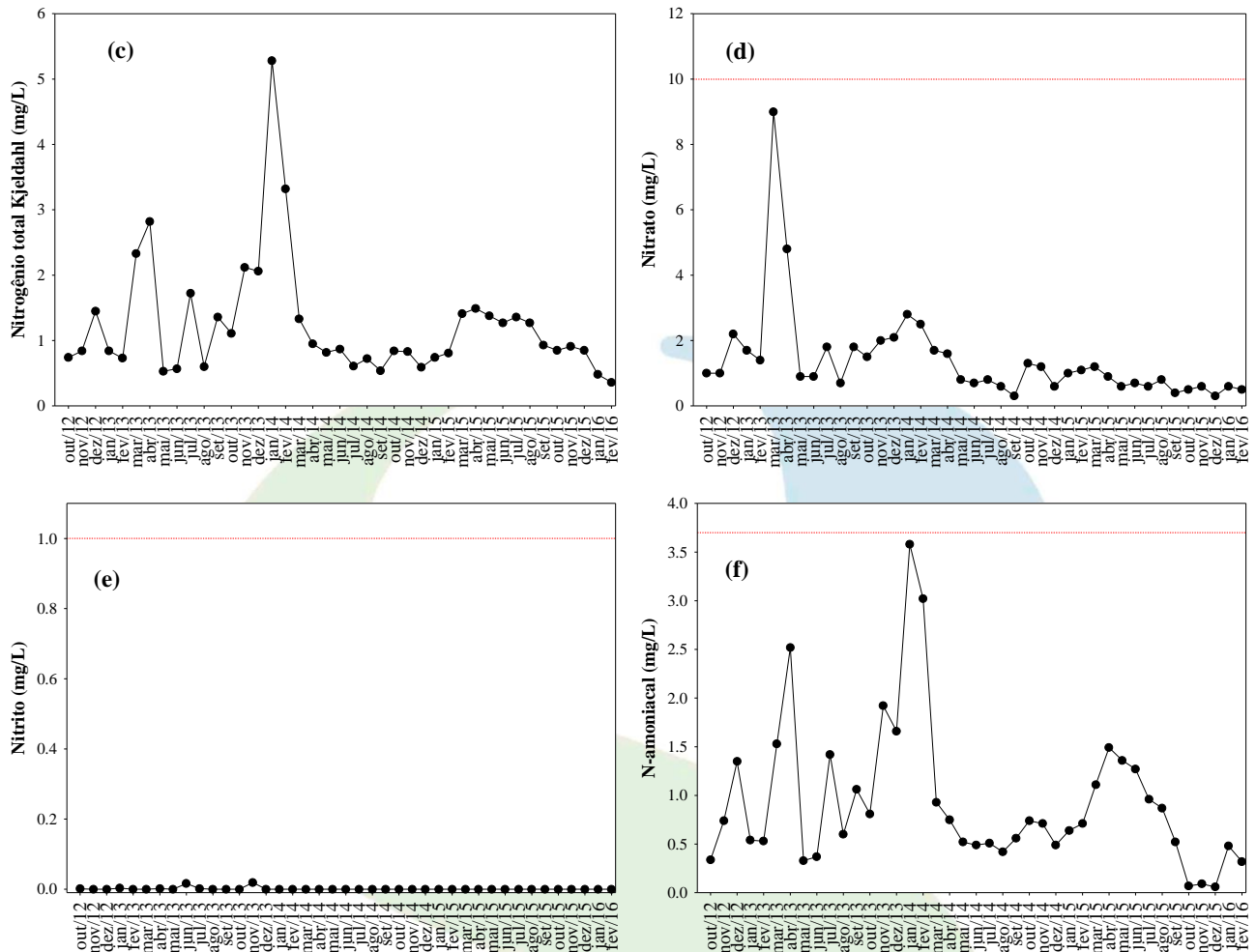


Figura 5-64- Concentrações de orto-fosfato (a), fósforo total (b), nitrogênio total Kjeldahl (NTK); c), nitrato (d), nitrito (e) e nitrogênio amoniacoal (f). A linha tracejada na horizontal na figura "b", "d", "e" e "f" indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Silicato Reativo, Clorofila-a, DBO₅ e DQO

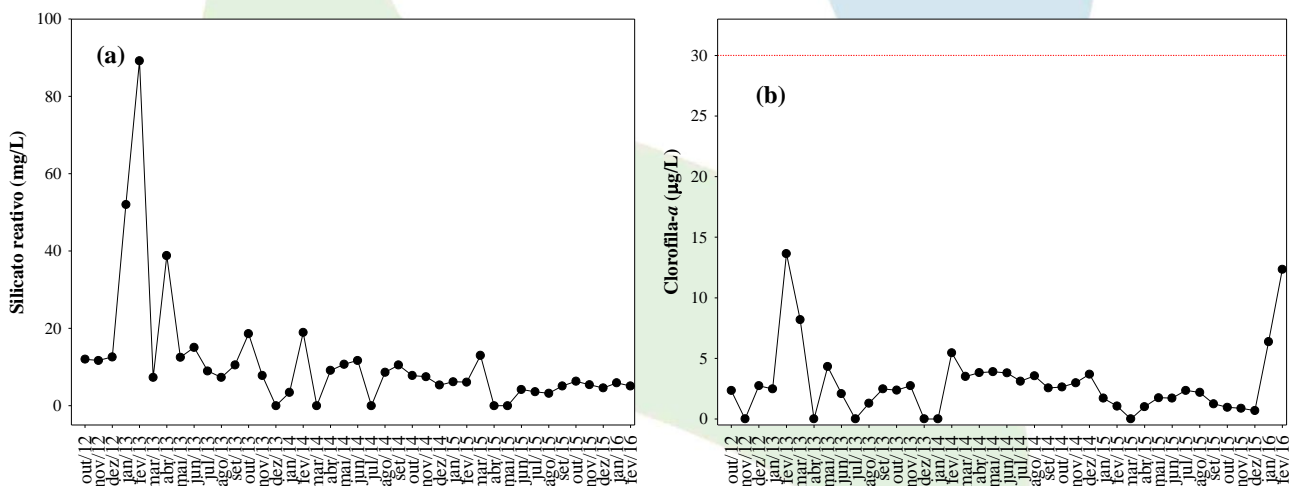
Ao longo do período de estudo, pode-se destacar as baixas concentrações de DBO₅ (indicativo de matéria orgânica na água) e, principalmente, as baixas concentrações de clorofila-a, que é um indicativo da baixa biomassa de algas no local (**Figura 5-65**). De fato, a clorofila-a está fortemente relacionada com a biomassa fitoplanctônica e pode ser considerada a principal variável indicadora do



processo de eutrofização. Assim, a determinação dessa variável em monitoramentos limnológicos é primordial.

Essas baixas concentrações de clorofila-*a* no trecho monitorado indicam que não houve um incremento de biomassa de algas no trecho monitorado durante a fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau. Além disso, o local monitorado apresentou concentrações de clorofila-*a* inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (30 µg/L) em todos os meses de coleta.

Assim, após a formação do reservatório da UHE Jirau, não houve alterações significativas nas concentrações de clorofila-*a* no ponto PCAP.



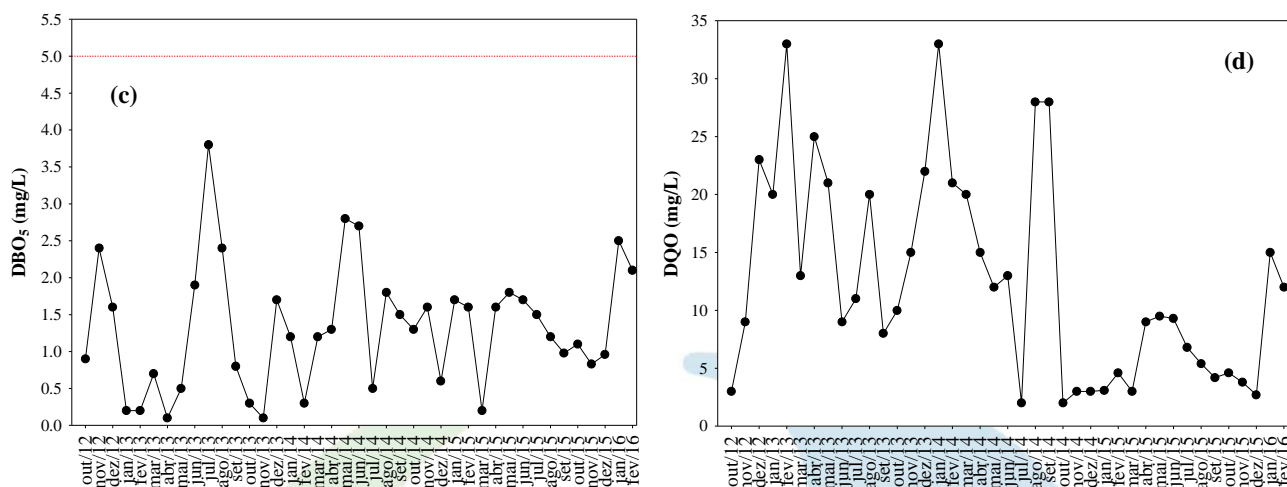


Figura 5-65- Concentrações de silicato reativo (a), clorofila-*a* (b), DBO₅ (c) e DQO (d). A linha tracejada na horizontal na figura “b” e “c” indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Entre outubro de 2012 e março de 2016, o local monitorado no ponto de captação de água da ETA (CAERD) apresentou concentrações de óleos e graxas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece que estas concentrações devem ser virtualmente ausentes (V.A.).

Variáveis Bacteriológicas

A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ($44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$).

Entre outubro de 2012 e fevereiro de 2016, elevados valores de densidade de coliformes totais foram registrados somente durante o período de águas altas na região, entre novembro de 2013, fevereiro

de 2014 e janeiro de 2016, tendo em vista a influência do ambiente terrestre adjacente sobre as características da água.

Além disso, entre outubro de 2012 e fevereiro de 2016, o ponto de captação de água da ETA de Nova Mutum Paraná apresentou baixos valores de densidade de coliformes termotolerantes (**Figura 5-66**). Considerando o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe 2 (1.000 NMP/100 ml), o trecho monitorado apresentou valores muito inferiores ao referido limite em todos os meses de coleta. Tal resultado indica a ausência de influência antrópica e poluição por fezes na água do local estudado.

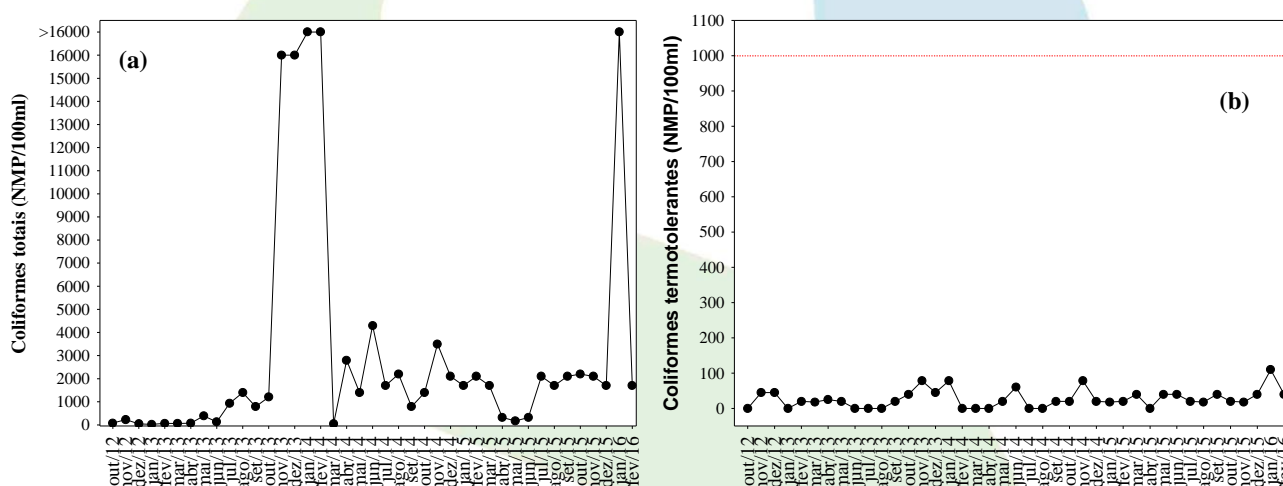


Figura 5-66- Densidade de coliformes totais (a) e termotolerantes (fecais; b) no ponto de captação de água da ETA de Nova Mutum-Paraná. A linha tracejada na horizontal na figura "b" indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Monitoramento da densidade de cianobactérias no ponto de captação da ETA de Nova Mutum Paraná (CAERD), de acordo com a Portaria MS no 2.914/2011

Em atendimento a condicionante 2.5 da 2ª retificação da Licença de Operação (LO) n° 1097/2012 da UHE Jirau, durante o enchimento do reservatório, e até o momento, o ponto de captação de água



(ETA) de Nova Mutum Paraná da CAERD, localizado a jusante do barramento da UHE Jirau, vem sendo monitorado seguindo os limites estabelecidos na Portaria MS nº 2.914/2011, e seus laudos e relatórios são encaminhados à Concessionária. Desta forma, o monitoramento vem sendo realizado mensalmente, já que a densidade de cianobactérias tem sido inferior a 10.000 cel/ml, não sendo necessária a alteração para semanal por não existir densidade superior a 10.000 cel/mL.

De maneira geral, em outubro de 2012, com o início do enchimento do reservatório da UHE Jirau, a densidade de cianobactérias analisada foi igual a 540 cel/mL e em novembro de 2012 essa densidade foi igual a 220 cel/mL (**Quadro 5-9**). Em dezembro de 2012, janeiro e fevereiro de 2013, não foi detectada a presença de células de cianobactérias nesse local. Em março e abril de 2013 também foram registrados baixos valores de densidade de cianobactérias. Novamente, em maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2013 e entre janeiro e julho de 2014, não foi detectada a presença de células de cianobactérias nesse local. Em agosto e outubro de 2014, a densidade também foi extremamente baixa (104 cel/mL e 26 cel/mL, respectivamente), enquanto que em setembro, novembro e dezembro de 2014 não foi registrada a presença de cianobactérias nesse ponto de captação. Entre janeiro e agosto de 2015 não foi registrada a presença de cianobactérias nesse local de coleta, enquanto que entre setembro de 2015 e março de 2016 os valores de densidade também foram extremamente baixos (**Quadro 5-9**).

Assim, ao longo dos vinte (20) meses de monitoramento na fase de enchimento e nesses meses da fase pós-enchimento, a densidade de cianobactérias foi significativamente inferior ao valor de 10.000 cel/ml.



Quadro 5-9 - Densidades de cianobactérias (cel/mL) registradas no ponto de captação de água para abastecimento, entre outubro de 2012 e março de 2016.

MESES	DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML)
Outubro/2012	540
Novembro/2012	220
Dezembro/2012	0
Janeiro/2013	0
Fevereiro/2013	0
Março/2013	124
Abril/2013	95
Maio/2013	0
Junho/2013	0
Julho/2013	0
Agosto/2013	0
Setembro/2013	0
Outubro/2013	0
Novembro/2013	0
Dezembro/2013	0
Janeiro/2014	0
Fevereiro/2014	0
Março/2014	0
Abril/2014	0
Maio/2014	0
Junho/2014	0
Julho/2014	0
Agosto/2014	104
Setembro/2014	0
Outubro/2014	26
Novembro/2014	0



MESES	DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML)
Dezembro/2014	0
Janeiro/2015	0
Fevereiro/2015	0
Março/2015	0
Abril/2015	0
Maió/2015	0
Junho/2015	0
Julho/2015	0
Agosto/2015	0
Setembro/2015	11
Outubro/2015	19
Novembro/2015	37
Dezembro/2015	37
Janeiro/2016	390
Fevereiro/2016	320
Março/2016	210

Monitoramento em Tempo Real

No presente relatório estão apresentados os resultados das variáveis físicas e químicas da água obtidas no período entre outubro de 2012 e março de 2016, nos dois sistemas de monitoramento em tempo real instalados a montante e a jusante da barragem da UHE Jirau no rio Madeira.

Nas **Figuras 5-67 e 5-68** estão apresentados os gráficos da variação de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, porcentagem de saturação de oxigênio e sólidos totais dissolvidos obtidos nos sistemas de monitoramento em tempo real instalados a montante e a jusante da barragem da UHE Jirau, referentes ao período entre outubro de 2012 a março de 2016, sendo que nos **Quadros 5-10 e 5-11** estão apresentados os valores mínimos, máximos e médios dessas variáveis nos dois sistemas.

Na plataforma localizada a montante da barragem, a temperatura da água no período entre outubro de 2012 a março de 2016 variou entre 15,93 a 35,97 °C, cuja média foi de 24,97 °C, sendo que a condutividade variou de 55 a 148 µS/cm, com média de 79 µS/cm. O oxigênio dissolvido variou de 4,06 a 8,00 mg/L, com média de 6,08 mg/L, ao passo que o pH variou de 5,01 a 8,00, com média de 6,36. Já a turbidez variou de 150,5 a 1099,8 NTU, cuja média foi de 474,2 NTU, sendo que os sólidos totais dissolvidos variaram de 38 a 65 mg/L, cuja média foi de 55 mg/L, e a saturação de oxigênio variou de 36,2 a 95,7 %, cuja média foi de 76,8 %.

Já na plataforma da jusante da barragem a temperatura da água no período entre outubro de 2012 a janeiro de 2016 variou entre 16,03 a 35,20 °C, cuja média foi de 24,79 °C. A condutividade variou de 50 a 110 µS/cm, com média de 81 µS/cm, sendo que o oxigênio dissolvido variou de 4,04 a 7,72 mg/L, com média de 6,01 mg/L. O pH, por sua vez, variou de 4,61 a 7,65, com média de 6,36, sendo que a turbidez variou de 100,9 a 1099,8 NTU, cuja média foi de 531,2 NTU. Os sólidos totais dissolvidos variaram de 31 a 75 mg/L, cuja média foi de 56 mg/L, e a saturação de oxigênio variou de 52,6 a 105,2 %, cuja média foi de 78,2 %.



As variáveis físicas e químicas quantificadas com a sonda multiparamétrica a montante e a jusante do eixo da barragem da UHE Jirau apresentaram, em geral, pouca variação durante todo o período monitorado (**Figuras 5-67 e 5-68**), condicionadas à constante mistura da água proporcionada pelo fluxo turbulento do rio Madeira nos dois locais. Exceções foram observadas para a temperatura e turbidez da água, que apresentaram maior oscilação ao longo do tempo relacionada ao ciclo hidrológico do rio Madeira. Os elevados valores de turbidez da água, sempre superiores ao limite de 100 NTU estabelecido pela Resolução CONAMA n°357/2005 para águas doces de classe 2, são inerentes às características naturais do rio Madeira, ou seja, com águas brancas contendo elevadas concentrações de sólidos suspensos totais. Já as pequenas oscilações de maior frequência observadas para as demais variáveis quantificadas estiveram relacionadas às alterações diárias das condições atmosféricas, como por exemplo, aumento da temperatura da água resultante do aquecimento pela radiação solar durante o período diurno e resfriamento da água durante o período noturno.

Os valores de oxigênio dissolvido estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 347/2005 para águas doces de classe 2 em praticamente todo o período monitorado, exceto em alguns horários esporádicos tanto a montante como a jusante da barragem, com valores ligeiramente inferiores a 5 mg/L (mínimo de 4,06 mg/L a montante e 4,04 mg/L a jusante). Tais resultados não evidenciam impacto significativo à biota aquática em ambas as porções do rio Madeira, uma vez que as médias gerais da concentração de oxigênio dissolvido no referido período, que estiveram em torno de 6 mg/L naquelas porções do rio, foram sempre superiores ao valor limite de 5 mg/L estabelecido pela legislação (**Figura 5-67**).

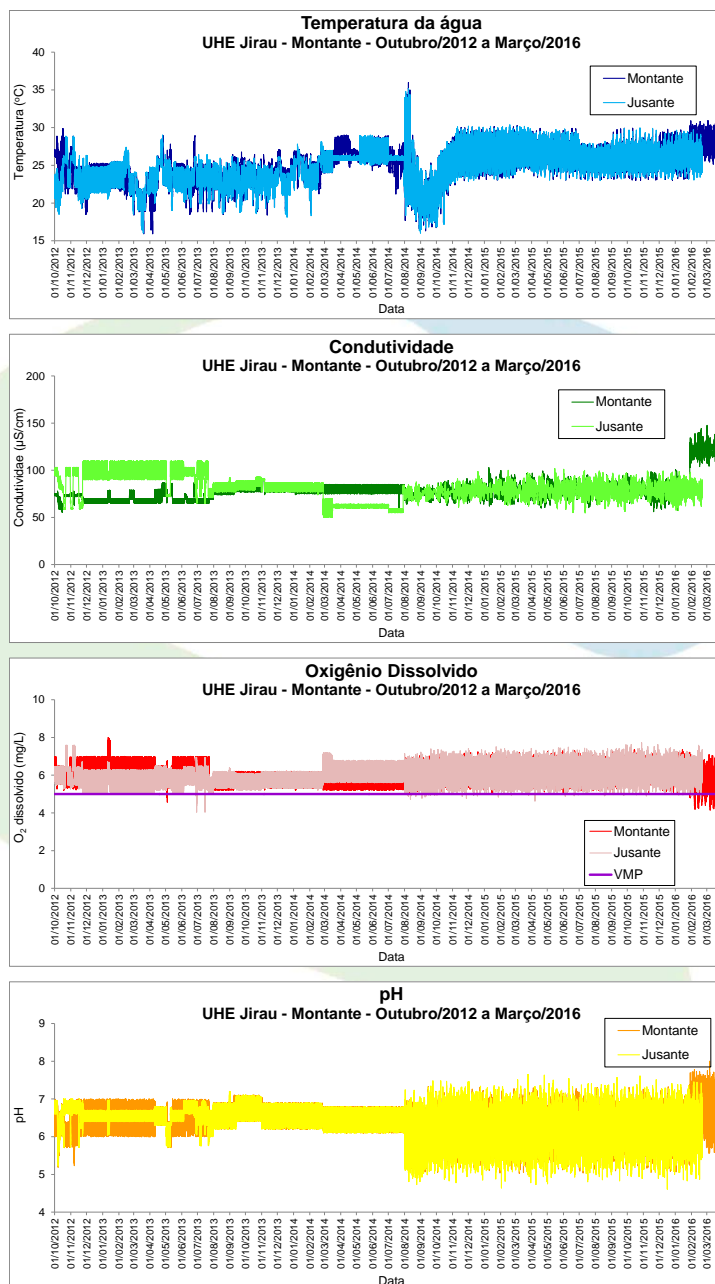


Figura 5-67 - Variações de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH observadas no período entre outubro de 2012 a março de 2016 nos sistemas de monitoramento em tempo real instalados no rio Madeira a montante e a jusante da barragem da UHE Jirau. VMP: valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

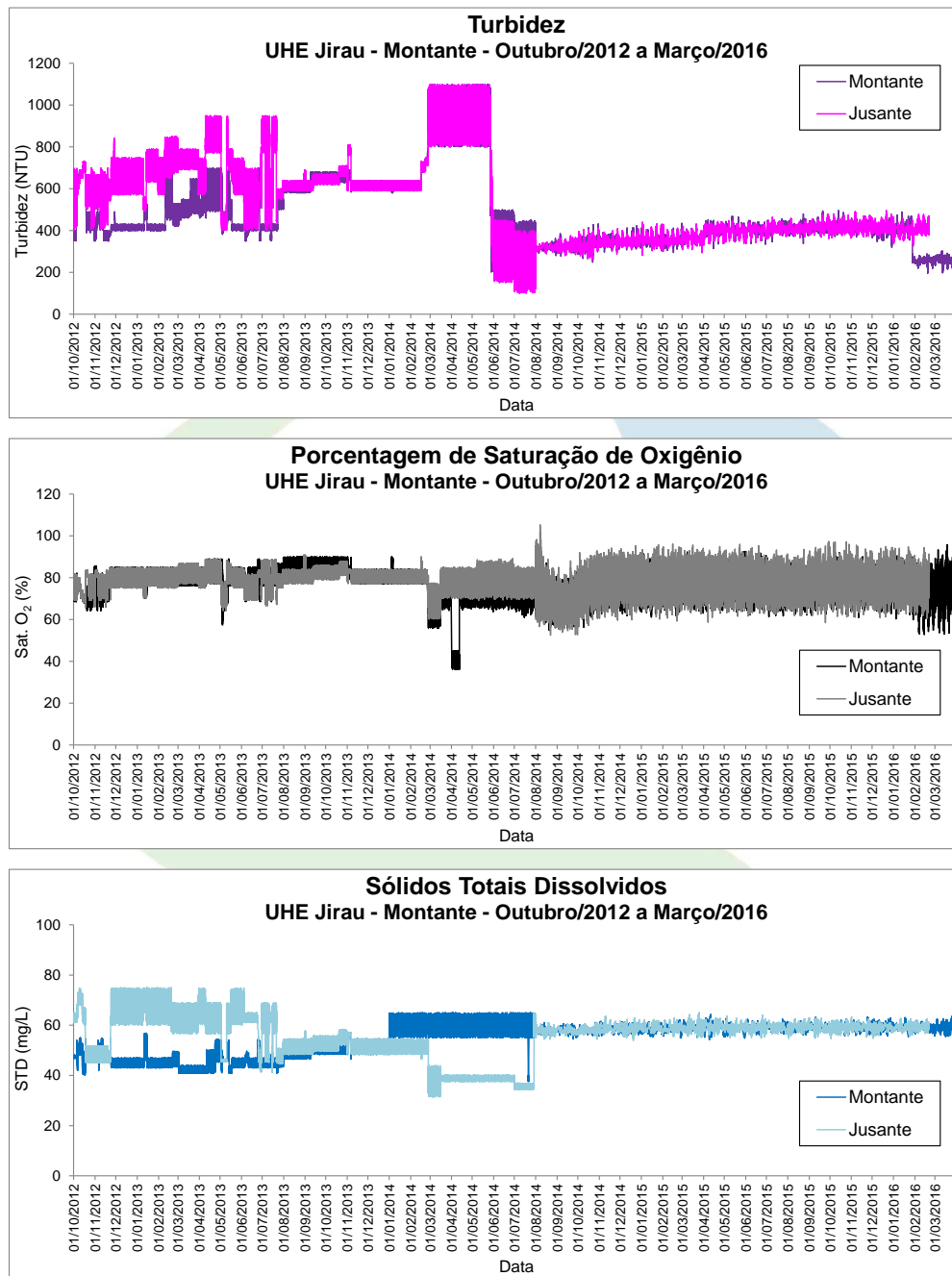


Figura 5-68 - Variações de turbidez, sólidos totais dissolvidos e porcentagem de saturação de oxigênio observadas no período entre outubro de 2012 a março de 2016 nos sistemas de monitoramento em tempo real instalados no rio Madeira a montante e a jusante da barragem da UHE Jirau.

Os valores das variáveis físicas e químicas da água monitorada a jusante da barragem da UHE Jirau foram muito semelhantes aos valores observados a montante, o que demonstra que as condições no rio Madeira estiveram análogas nesses trechos. Esses resultados evidenciam que a barragem da UHE Jirau não exerceu influência significativa na qualidade da água do rio Madeira à jusante da barragem no período monitorado. O fato de a UHE Jirau ser do tipo fio d'água, com baixo tempo médio de residência da água, estimado em 26 horas, possivelmente condicionam esses resultados.

Quadro 5-10 - Valores mínimos, máximos e médios das variáveis físicas e químicas observadas no período entre outubro de 2012 a março de 20 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira a montante da barragem da UHE Jirau.

	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	O ₂ dissolv. (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	STD (mg/L)	Sat. O ₂ (%)
Mínimo	15,93	55	4,06	5,01	150,5	38	36,2
Máximo	35,97	148	8,00	8,00	1099,8	65	95,7
Média	24,97	79	6,08	6,36	474,2	55	76,8

Quadro 5-11 - Valores mínimos, máximos e médios das variáveis físicas e químicas observadas no período entre outubro de 2012 a janeiro de 2016 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira a jusante da barragem da UHE Jirau.

	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	O ₂ dissolv. (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	STD (mg/L)	Sat. O ₂ (%)
Mínimo	16,03	50	4,04	4,61	100,9	31	52,6
Máximo	35,20	110	7,72	7,65	1099,8	75	105,2
Média	24,79	81	6,01	6,36	531,2	56	78,2

Pode-se concluir os seguintes aspectos:

i) As variáveis físicas e químicas quantificadas com a sonda multiparamétrica tanto a montante como a jusante do eixo da barragem da UHE Jirau apresentaram, em geral, pouca variação no período monitorado, com pequenas oscilações relacionadas às variações diárias das variáveis atmosféricas,

como por exemplo, aumento da temperatura da água resultante do aquecimento pela radiação solar durante o período diurno e resfriamento da água durante o período noturno. Exceções foram observadas para a temperatura e turbidez da água, que apresentaram maior oscilação ao longo do tempo relacionada ao ciclo hidrológico do rio Madeira;

ii) Os elevados valores de turbidez da água, sempre superiores ao limite de 100 NTU estabelecido pela legislação, são inerentes às características naturais do rio Madeira, ou seja, com águas brancas contendo elevadas concentrações de sólidos suspensos totais;

iii) Os valores de oxigênio dissolvido estiveram acima do limite estabelecido pela legislação em praticamente todo o período monitorado, exceto em alguns horários esporádicos tanto a montante como a jusante da barragem, porém, com valores sempre superiores a 4 mg/L. Tais resultados não evidenciam impacto significativo à biota aquática em ambas as porções do rio Madeira, uma vez que as médias gerais no referido período, que estiveram em torno de 6 mg/L naquelas porções do rio, foram sempre superiores ao valor limite de 5 mg/L estabelecido pela legislação;

iv) Os valores das variáveis físicas e químicas da água monitorada a montante da barragem da UHE Jirau foram muito semelhantes aos valores observados a jusante, o que demonstra que as condições no rio Madeira estiveram análogas nesses trechos. Esse resultado evidencia que a barragem da UHE Jirau não exerceu influência significativa na qualidade da água do rio Madeira à jusante da barragem no período monitorado. O fato de a UHE Jirau ser do tipo fio d'água, com baixo tempo médio de residência da água, estimado em 26 horas, possivelmente condicionam esses resultados.

Avaliação do grau de impacto da descarga sólida gerada pela operação do vertedouro sobre a comunidade aquática

Em atendimento ao item "d" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação (LI) nº 621/2009 da UHE Jirau, foi enviada uma Nota técnica estabelecendo a metodologia para avaliar o impacto da operação dos vertedouros sobre as comunidades aquáticas.

Seguindo a metodologia aprovada, em dezembro de 2014 ocorreram as primeiras coletas referentes a esse monitoramento, tendo em vista a operação dos vertedouros nesse período. Foram estabelecidas 02 (duas) seções de coleta a jusante da futura barragem. Uma seção está localizada a, aproximadamente, 2,7 km a jusante do barramento, na estação do Porto, enquanto a outra seção está localizada na estação Lucas a, aproximadamente, 5,6 km a jusante da estação Porto. Além dessas 02 (duas) seções a jusante, foram realizadas medições na estação de Abunã, a montante do empreendimento. Os pontos de coleta foram georreferenciados de forma a permitir a repetição das coletas no mesmo ponto (**Quadro 5-12**).

Quadro 5-12 - Locais monitorados na análise do impacto da operação dos vertedouros.

LOCAIS	COORDENADA X ₁	COORDENADA Y ₁
Abunã (montante da barragem)	240252	8926005
Porto (jusante da barragem)	321470	8977414
Lucas (jusante da barragem)	322629	8982784

¹Projeção UTM zona 20S Datum Sirgas 2000

Foram realizadas coletas em dezembro de 2014, janeiro, fevereiro, março e abril de 2015. Em cada campanha foram mensurados os valores de transparência da água, temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido. As amostras integradas da coluna d'água, para avaliação de sedimentos, foram



obtidas com equipamentos de amostragens contínuas, as quais foram acondicionadas em frascos de polietileno e levadas ao Laboratório do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico localizado no Canteiro de Obras. Simultaneamente, também foram realizadas as coletas das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas nesses meses.

As análises para verificar a estabilidade das comunidades biológicas frente à descarga sólida, através de medidas de resiliência, não foram finalizadas, conforme informado no relatório anterior, tendo em vista que no período que estava programada a campanha, os vertedouros tiveram que ser abertos devido a alguns eventos operacionais. Estes eventos aconteceram para atendimento à solicitação da ONS relacionados a testes do Bipolo, Restrição de Geração e em outros casos, para atendimento ao GSC na Sub Estação de Porto Velho. Assim, ainda não foi possível realizar a campanha programada para verificar o tempo de resiliência da comunidade biológica após o fechamento dos vertedouros.

Somente após 01 (um) mês de fechamento desses vertedouros, serão realizadas novas amostragens, para comparar com os resultados já obtidos durante a operação dos vertedouros, nos meses de dezembro de 2014 e janeiro, fevereiro, março e abril de 2015. Assim, será possível mensurar a resiliência dessas comunidades.

Os dados obtidos até o momento serão entregues com esse relatório, em planilhas no excel, tendo em vista a grande quantidade de dados.

5.2 MONITORAMENTO DO CANTEIRO DE OBRAS DA UHE JIRAU

O monitoramento no canteiro de obras da UHE Jirau vem sendo realizado desde novembro de 2009. No total, já foram realizadas 26 campanhas (entre novembro de 2009 e março de 2016), onde foram analisados 35 parâmetros abióticos, além das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônica e zoobentônicas. Até outubro de 2015 foram monitorados 10 pontos de coleta, tendo em vista que o



ponto PL07 estava seco. A partir de outubro de 2015 esse local passou a ser monitorado, resultando em um total de 11 pontos de monitoramento (**Anexo III**).

Assim como observado nos pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico no reservatório da UHE Jirau, as variações mensuradas nos pontos monitorados no Canteiro de Obras também seguem um padrão sazonal. Assim, a influência da sazonalidade tem sido mais importante e relevante do que a diferença entre as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento). Além disso, as diferenças observadas entre os pontos localizados em igarapés e os pontos situados ao longo do rio Madeira também são evidentes.

Por exemplo, durante o período de enchimento do reservatório (entre outubro de 2012 e abril de 2014), em média, as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram registradas em janeiro e abril de 2013 e abril de 2014, ou seja, durante o período de enchente e águas altas. Nessa fase pós-enchimento, foi observado o mesmo padrão de variação temporal, ou seja, as menores concentrações de oxigênio foram mensuradas em janeiro, abril e outubro de 2015 e em janeiro de 2016 (média igual a 6,0 mg/L em julho de 2014; 5,29 mg/L em outubro; 4,72 mg/L em janeiro de 2015; 4,62 mg/L em abril; 5,1 mg/L em julho; 4,1 mg/L em outubro de 2015 e 4,09 mg/L em janeiro de 2016) (**Figura 5-69**). Como discutido no período pré-enchimento, durante o período de águas altas (meses de janeiro e abril) são mensuradas as menores concentrações de oxigênio dissolvido, principalmente nos igarapés monitorados. Além disso, é possível observar que as menores concentrações desse gás foram registradas nos pontos localizados nos igarapés (pontos PL08, PL09, PL10 e PL11), que, frequentemente, apresentam pouca profundidade, pouca movimentação da água e grande influência do ambiente terrestre adjacente.

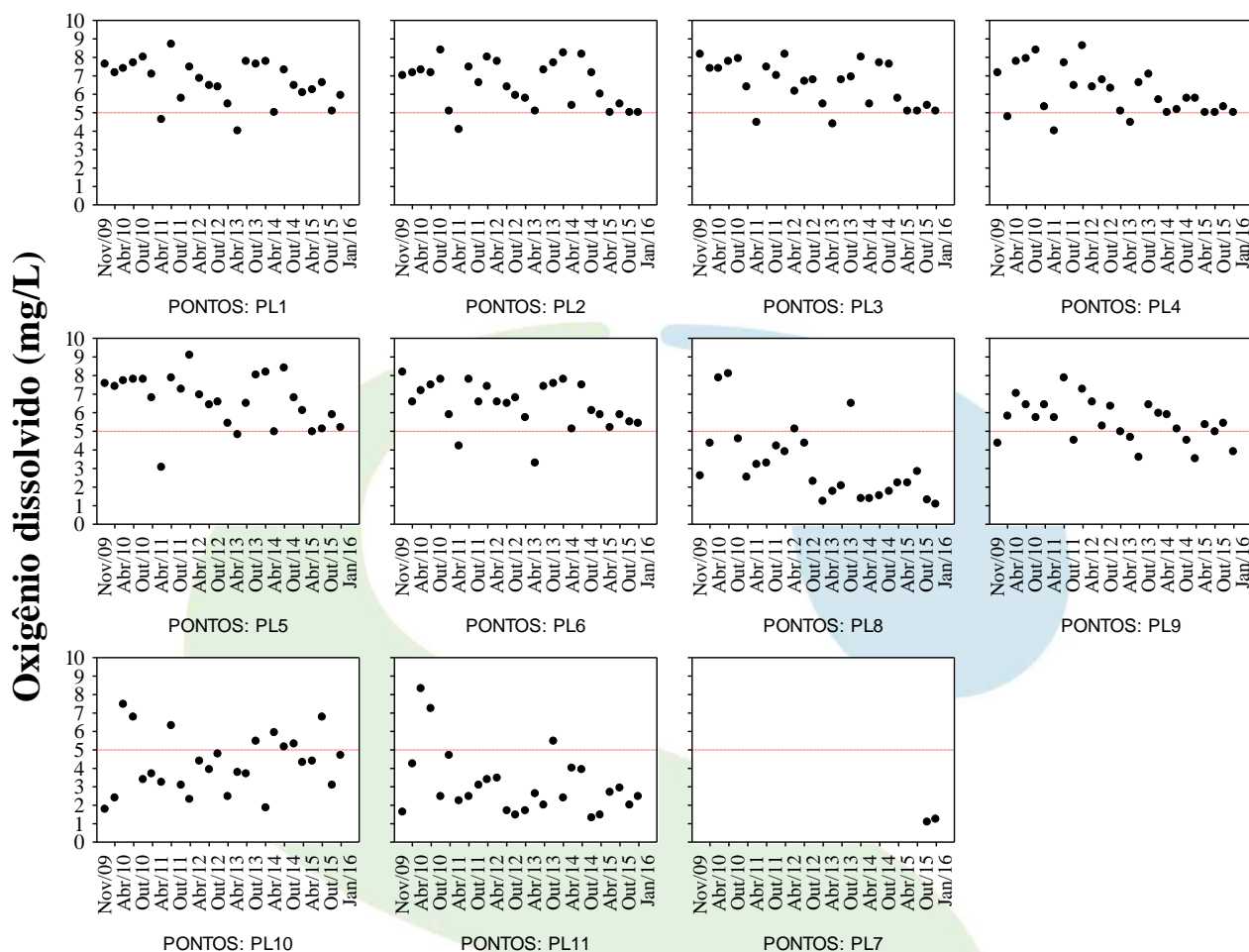


Figura 5-61 - Concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas entre ao longo de todo o período de estudo (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento), nos pontos localizados no rio Madeira (a) e tributários (b). A linha tracejada na horizontal indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

O mesmo padrão de variação espacial e sazonal também tem sido observado para os valores de turbidez, sólidos em suspensão e concentrações de nutrientes. Assim, em média, os maiores valores de turbidez foram registrados durante o período de chuvas na região, em todas as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento). Além disso, os maiores valores



foram frequentemente mensurados nos pontos localizados no rio Madeira (pontos PL1 a PL6) (**Figura 5-70**).

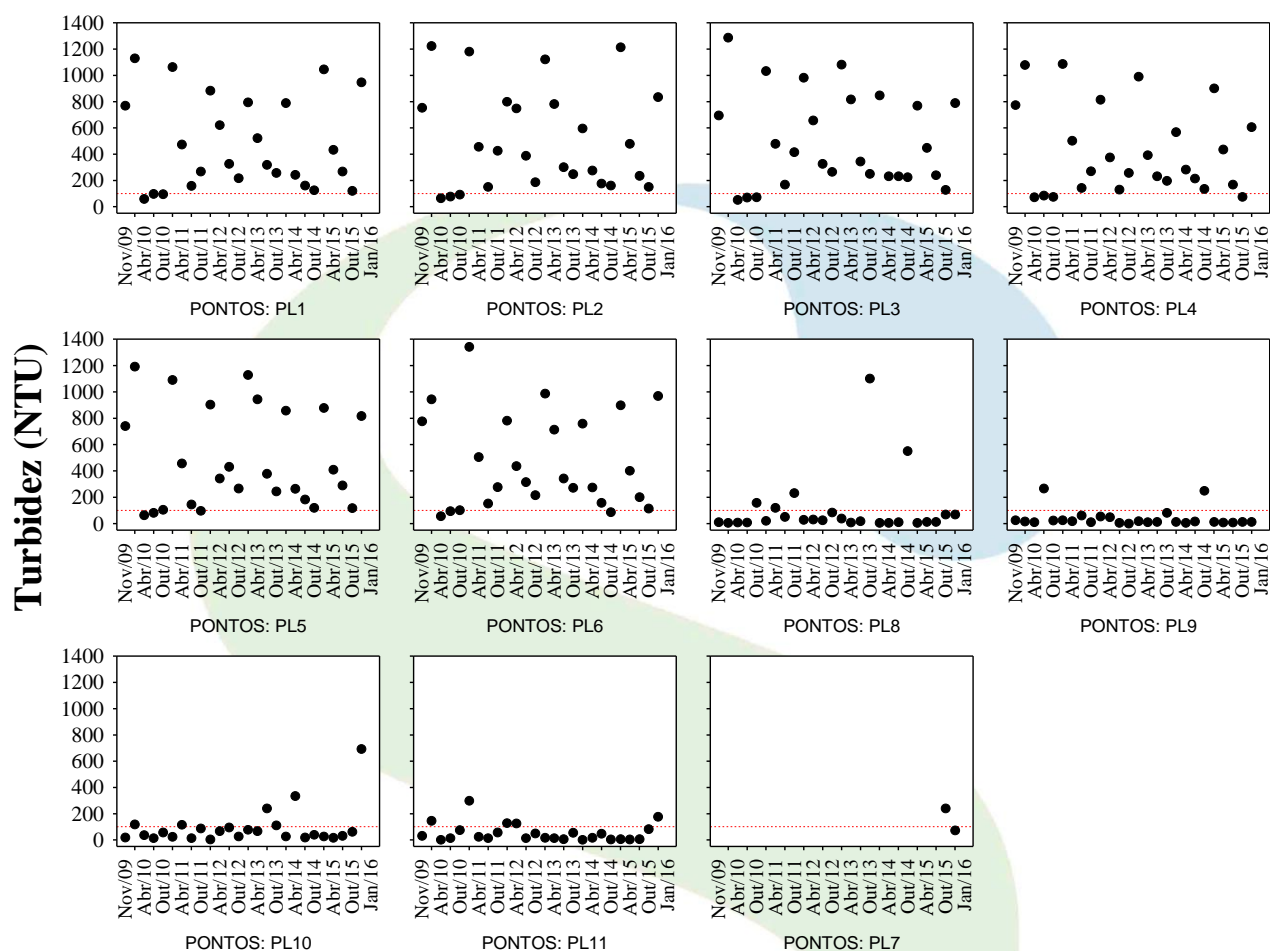


Figura 5-70 - Valores de turbidez mensurados ao longo de todo o período de estudo (período pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento), nos pontos localizados no rio Madeira (a) e tributários (b). A linha tracejada na horizontal indica o limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005.



Comunidades aquáticas

Fitoplâncton

Composição de Espécies

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau apresentou alta diversidade gama na fase de pós-enchimento do reservatório (**Quadro 5-13**), com uma média de 65 táxons por amostragem, inferior ao registrado no período pré-enchimento (média de 86 táxons) e similar ao verificado na fase de enchimento (58 táxons).

Quadro 5-13- Composição fitoplanctônica na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau nas fases de enchimento (outubro de 2012 a abril de 2014) e pós-enchimento (julho de 2014 a janeiro de 2016).

Ano	Enchimento									Pós-enchimento				
	2012	2013				2014				2015				2016
Grupos	Outubro	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Janeiro
Bacillariophyceae	33	16	18	23	26	22	8	15	25	19	17	20	34	23
Cyanobacteria	15	7	9	8	8	6	5	8	11	1	4	8	7	13
Chlorophyceae	15	1	7	4	17	0	3	10	9	6	5	8	18	4
Chrysophyceae	2	1	2	0	2	0	1	2	1	1	1	2	0	1
Euglenophyceae	10	9	9	8	6	6	2	8	5	9	5	10	14	11
Cryptophyceae	4	3	4	3	2	1	2	3	2	2	3	3	4	1
Zygnemaphyceae	12	6	8	12	15	6	9	8	9	15	10	6	19	19
Dinophyceae	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Oedogoniophyceae	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
Xanthophyceae	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
Raphidophyceae	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Total	95	44	60	58	78	42	31	58	64	56	48	59	98	74

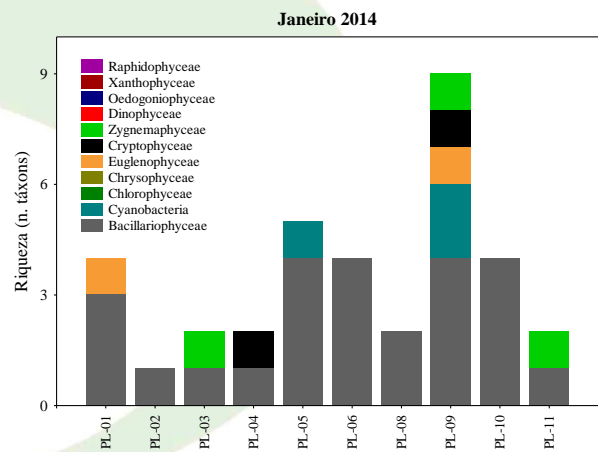
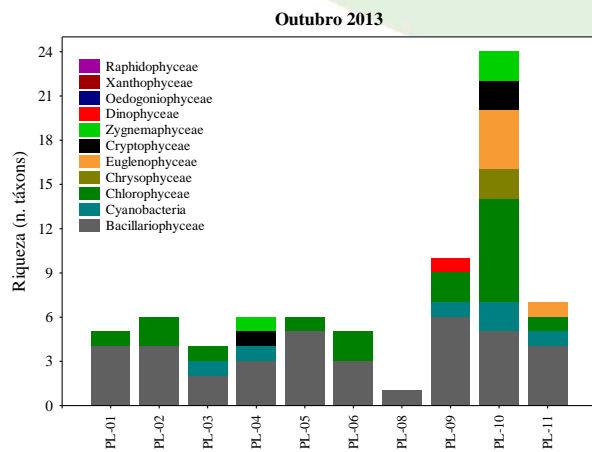
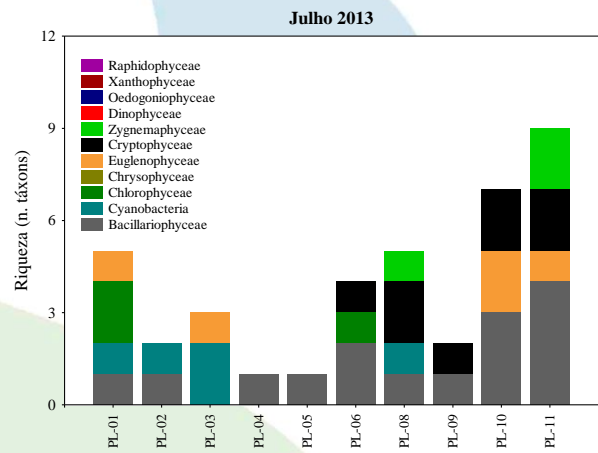
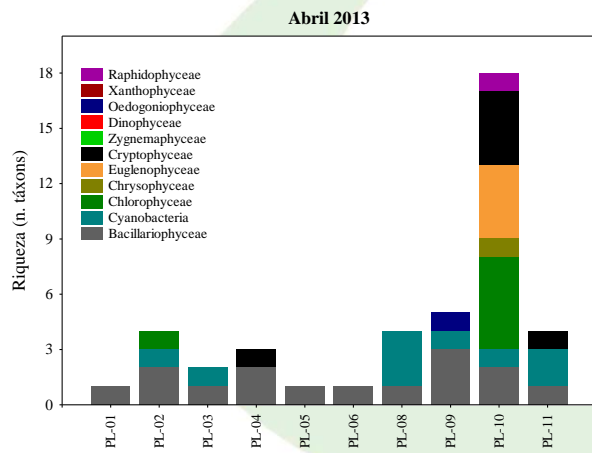
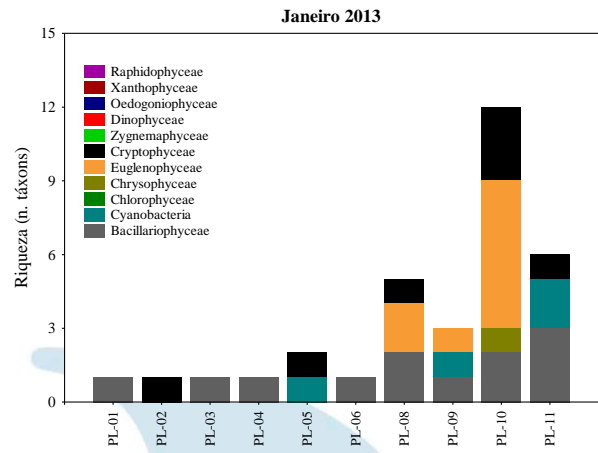
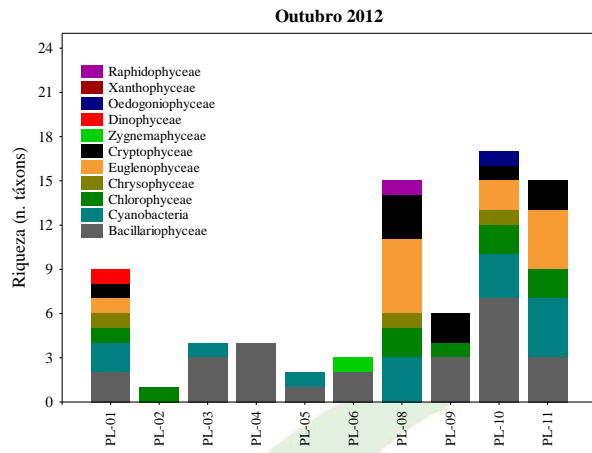


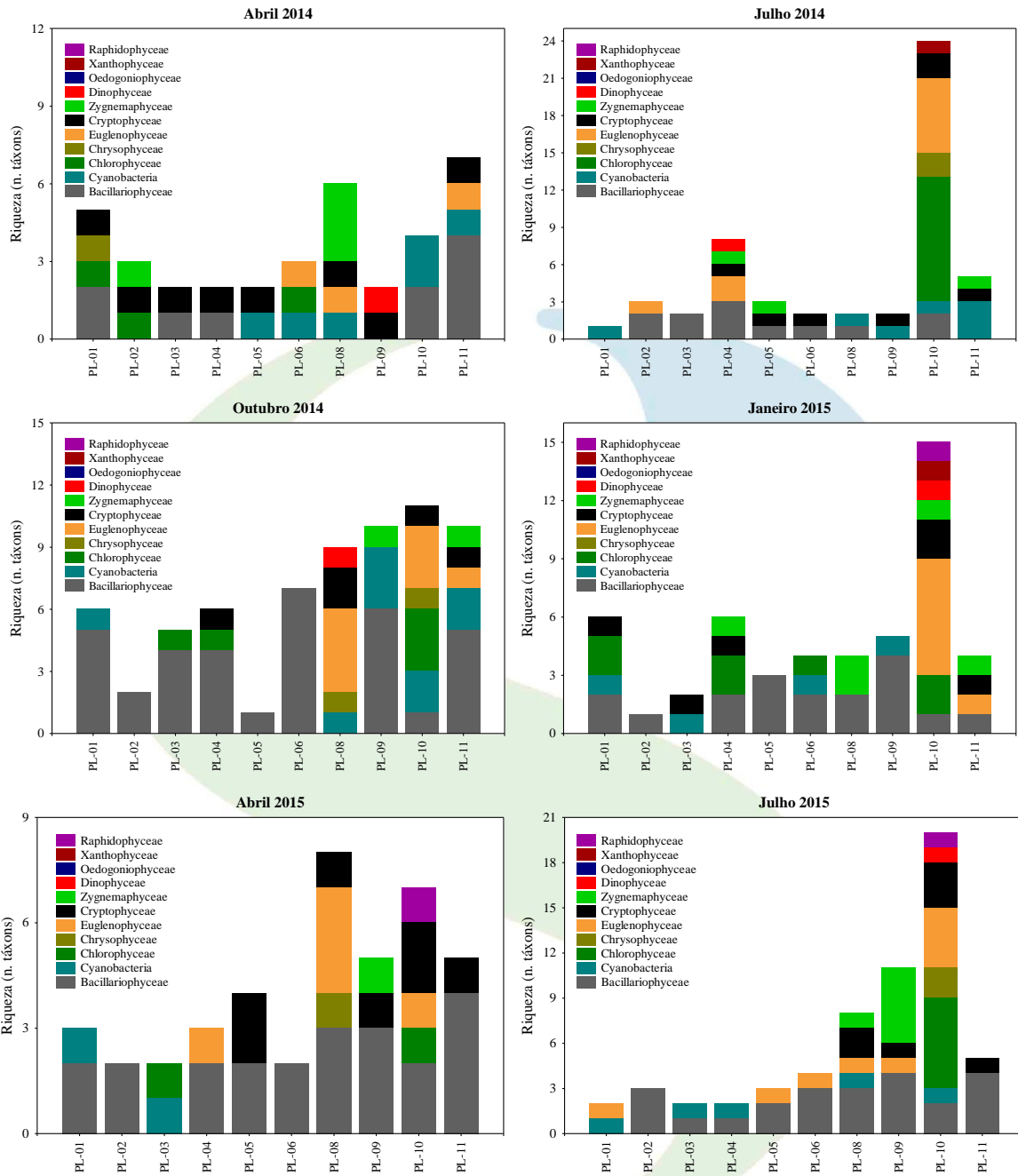
Os táxons estiveram distribuídos entre onze grupos taxonômicos. Maior número de táxons ocorreu nos períodos de águas baixas, o que pode estar associado à redução da velocidade de fluxo e aumento na disponibilidade luminosa. As bacilariofíceas, zignemafíceas, clorofíceas, euglenofíceas e cianobactérias mostraram maior contribuição à diversidade gama. Os demais grupos apresentaram baixa contribuição à diversidade fitoplanctônica (**Quadro 5-11**). Em janeiro de 2016 foram registrados 74 táxons com maior contribuição de bacilariofíceas e zignemafíceas.

Diversidade alfa

Foi registrado acréscimo nos valores de diversidade alfa (riqueza total de espécies por amostra) em janeiro de 2016, o que pode ser atribuído a maior influência das margens quanto ao aporte de inóculos no período de águas altas. No rio Madeira, o número de táxons variou de 1 nos pontos PL-01, PL-02, PL-04 e PL-05 a 2 nos pontos PL-03 e PL-06 (**Figura 5-71**), com média de 1 táxon por amostra.

Nos tributários, a diversidade alfa esteve entre 1 táxon nos pontos PL-09 e PL-10 e 28 no ponto PL-11, com média de 14 táxons por amostra. As bacilariofíceas foram as principais contribuintes da diversidade alfa no rio Madeira, enquanto que nos tributários, além deste grupo, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae, Euglenophyceae e Cryptophyceae também contribuíram para a riqueza de espécies (**Figura 5-71**).





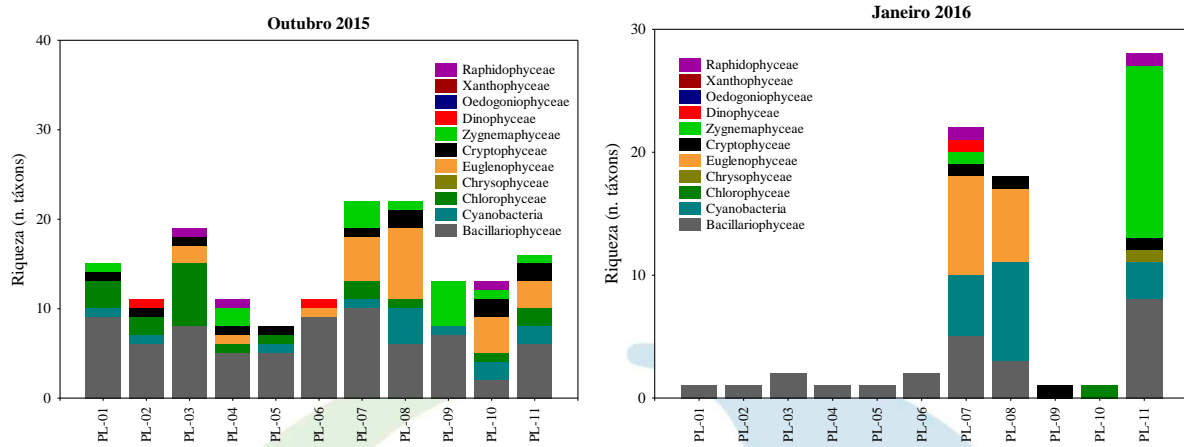


Figura 5-71. Variação temporal e espacial da riqueza total de espécies fitoplânctônicas nos pontos amostrados na área de influência do Canteiro de Obras da UHE Jirau.

A variabilidade temporal da riqueza de espécies nos períodos pré-enchimento, enchimento e estabilização do reservatório esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo e influência das margens quanto ao aporte de inóculos. Esta influência foi mais acentuada no rio Madeira, que apresentou maiores valores na fase pré-enchimento. Os tributários também apresentaram decréscimo da riqueza na fase de enchimento, no entanto, as condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa na fase de estabilização favoreceram o desenvolvimento fitoplânctônico, o que refletiu no aumento da riqueza nesta fase (**Figura 5-72**).

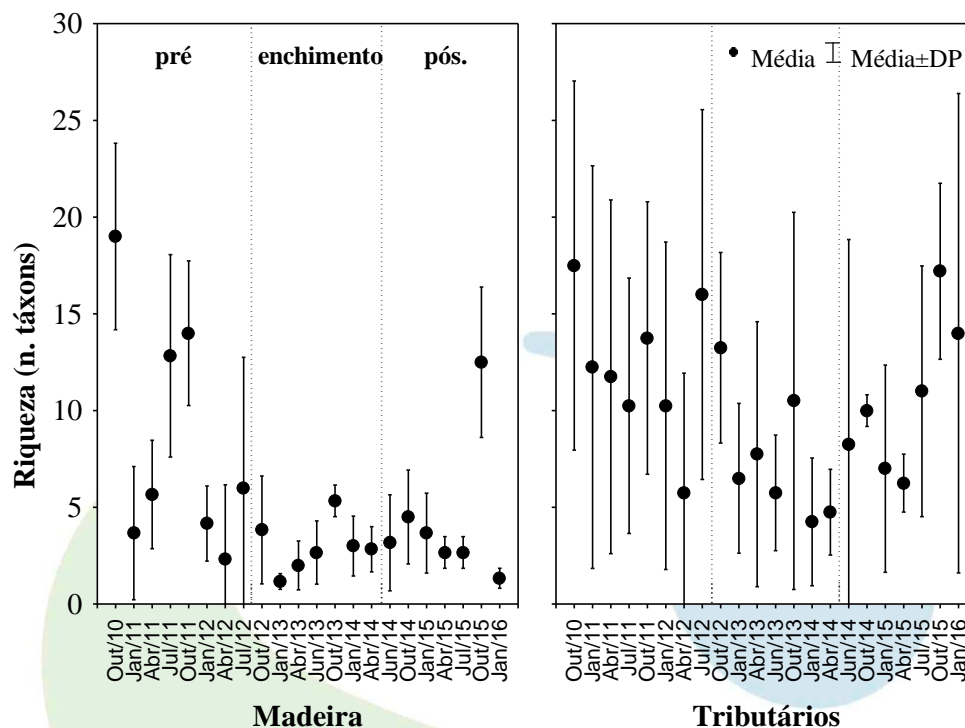


Figura 5-72- Variação temporal da riqueza fitoplancônica na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Índice de frequência das espécies e Espécies abundantes/dominantes

De acordo com o índice de frequência de Dajoz (1973), foram registradas quatro espécies constantes (> 50% de frequência) nos tributários e 73% de espécies raras (**Quadro 5-14**). Embora tenham sido registradas espécies constantes, as quais são típicas destes ambientes, a alta heterogeneidade de habitat deve-se às condições de maior velocidade de fluxo e menor disponibilidade luminosa no período de águas altas, com conseqüente baixa persistência das espécies.

As espécies constantes nos tributários foram representadas por bacilariofíceas e cianobactérias, adaptadas a condições de baixa disponibilidade luminosa, e espécies mixotróficas de criptofíceas, favorecidas pelo maior aporte de matéria orgânica nestes ambientes. As espécies raras foram representadas principalmente por espécies metafíticas de zignemafíceas, provavelmente oriundas da








vegetação marginal. A alta velocidade de fluxo e baixa disponibilidade luminosa resultou em baixo número de táxons acessórios e raros no rio Madeira.

Foram registradas cinco espécies dominantes no rio Madeira e duas nos tributários em janeiro de 2016 (**Quadro 5-14**). No entanto, este registro não se refere ao favorecimento destes táxons, mas sim a ocorrência única dos mesmos, devido a condições de alta velocidade de fluxo e baixa disponibilidade luminosa, que dificultam o estabelecimento e persistência dos táxons fitoplanctônicos.

Devido à baixa riqueza no rio Madeira e de todos os táxons registrados serem dominantes, não houve espécies abundantes. Nos tributários as espécies abundantes perfizeram 67% do total (**Quadro 5-14**), o que indica favorecimento destas em condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa. As espécies abundantes foram representadas por bacilariofíceas e cianobactérias adaptadas a condições de baixa disponibilidade luminosa e Euglenofíceas. (REYNOLDS, 2002; PADISÁK et al., 2009).

Foram registrados, no rio Madeira, 7 táxons na fase de pré-enchimento e 14 táxons na fase de enchimento. Nos tributários, foram registrados 13 táxons dominantes na fase de pré-enchimento, 15 táxons na fase de enchimento e 6 táxons na fase de pós-enchimento. O decréscimo no número de espécies dominantes pode ser atribuído ao aumento do número de nichos e da diversidade na última fase.

Quadro 5-14. Frequência de ocorrência (% e cores) e dominância (cores) dos táxons fitoplanctônicos na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, em janeiro de 2016.

Dominância		Frequência	
	dominante		constante
	abundante		acessória
			rara

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

Táxons	Frequência		Dominância	
	Madeira	Tributários	Madeira	Tributários
Bacillariophyceae				
<i>Achnanthes</i> sp.	17			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Mül.) Sim.	17			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	33			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.		20		
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.		20		
<i>Eunotia flexuosa</i> (Bréb.) Kütz.		20		
<i>Fragilaria</i> sp.	33			
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst		40		
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.		20		
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich		20		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.		20		
<i>Navicula jacobii</i> Manguin		20		
<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoide</i>		40		
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith		60		
<i>Pinnularia latarea</i> Krammer		20		
<i>Pinnularia</i> sp.		20		
Pennales não identificada 1	33			
Cyanobacteria				
<i>Anabaena ambigua</i> Rao		20		
<i>Borzia</i> sp.		20		
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh) Anagn.		20		
<i>Geitlerinema</i> sp.		60		
<i>Jaaginema</i> sp.		20		
<i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. & Komárek		20		
<i>Komvophoron</i> sp.		20		
<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson		20		
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek		40		
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek		60		
<i>Spirulina</i> sp.		20		
Chlorophyceae				
<i>Gonium</i> sp.		20		
Chrysophyceae				
<i>Mallomonas</i> sp.		20		
Euglenophyceae				
<i>Euglena</i> sp.		20		
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.		40		
<i>Phacus</i> sp.		40		

<i>Trachelomonas cylindrica</i> (Klebs) Hubner		20		
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein		20		
<i>Trachelomonas lacustris</i> Dezep.		20		
<i>Trachelomonas oblonga</i> LemmERM.		40		
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.		40		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko		40		
Cryptophyceae				
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.		80		
Zygnemaphyceae				
<i>Actinotaenium wollei</i> (West & GS West) Teiling		20		
<i>Actinotaenium</i> sp.		20		
<i>Closterium aciculare</i> T.West		20		
<i>Closterium</i> cf. <i>navicula</i> (L. A. Bréb.) Lütkemul.		20		
<i>Closterium Kuetzingii</i> L. A. Bréb.		40		
<i>Closterium</i> sp.		20		
<i>Cosmarium candianum</i> Delponte		20		
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.		20		
<i>Desmidium grevillei</i> (Ralfs) De Bary		20		
<i>Euastrum ansatum</i> Ralfs		20		
<i>Micrasteria radiosa</i> Agardh		20		
<i>Mougeotia</i> sp.		20		
<i>Pleurotaenium</i> sp.		20		
<i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb.		20		
Dinophyceae				
<i>Peridinium</i> sp.		20		
Raphidophyceae				
<i>Gonyostomum</i> sp.		40		

Diversidade Beta

A composição da comunidade fitoplanctônica foi similar entre os pontos, sendo verificados baixos valores de diversidade beta no rio Madeira (30%) e tributários (21%) em janeiro de 2016. A compartimentalização de habitat é um dos principais fatores responsáveis pela variação na estrutura da comunidade fitoplanctônica, que é controlada principalmente pela diferença de nichos entre as espécies e os fatores ambientais, tais como aspectos hidrológicos e tempo de residência da água (TOCKNER et al., 1999; NABOUT et al., 2007; COWELL e DAWES, 2008; NOGUEIRA et al., 2010). Assim,



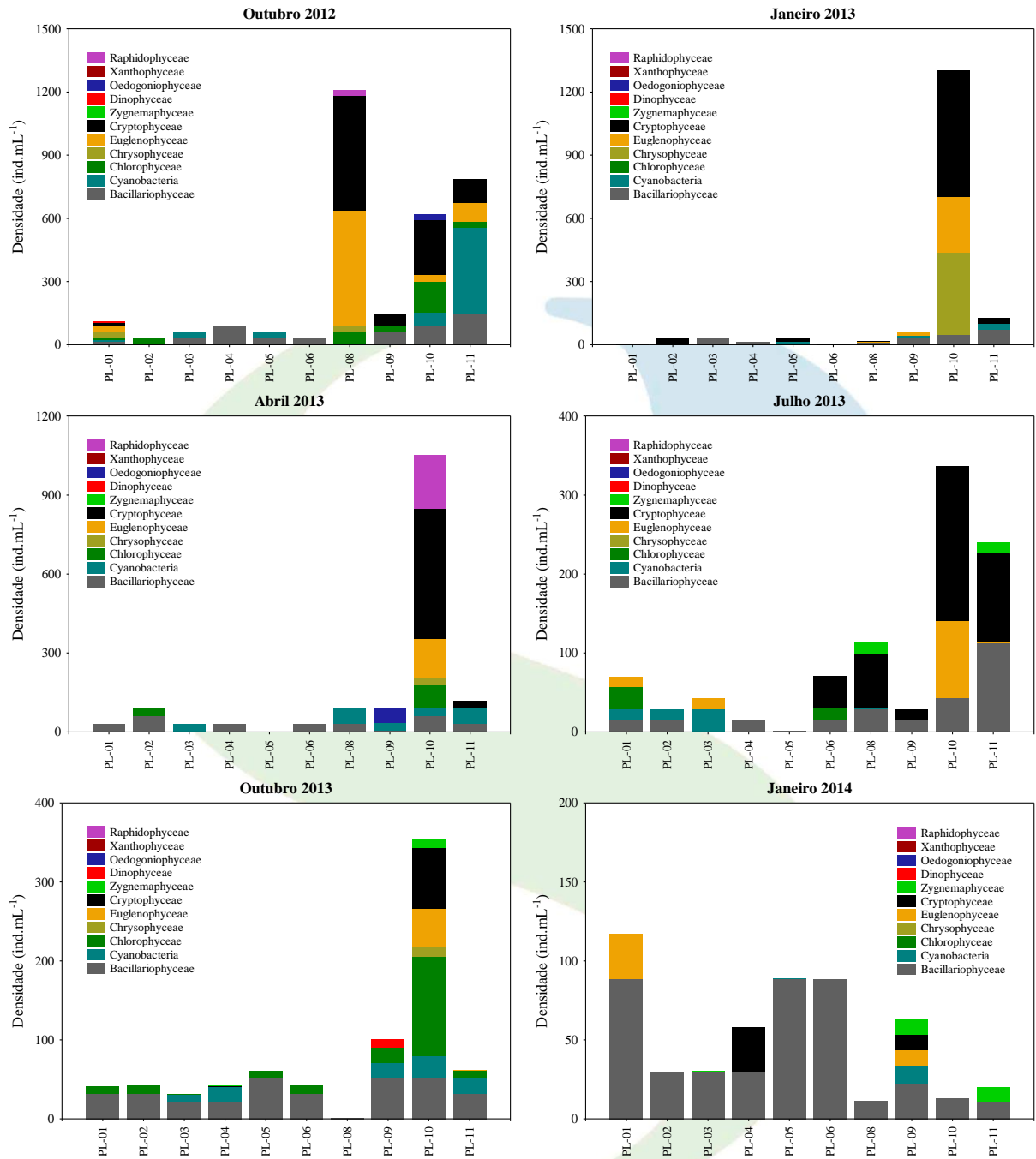
a similaridade observada quanto à diversidade pode ser atribuída à ausência de compartimentalização, devido à alta velocidade de fluxo dos ambientes monitorados.

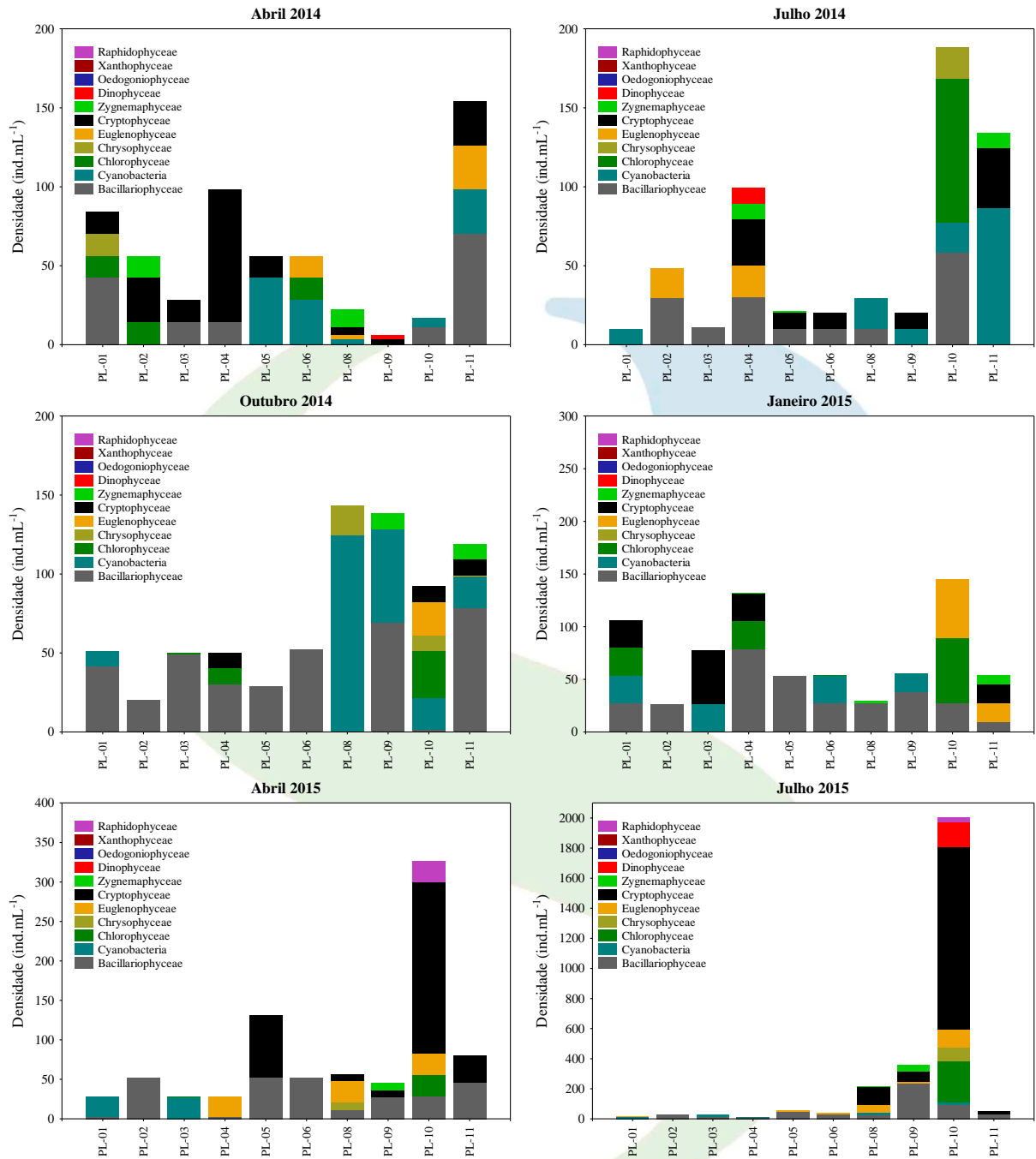
Densidade e biomassa

Foi registrado acréscimo da densidade e biomassa nos tributários, nos últimos três meses analisados, devido às condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa na fase de pós-enchimento do reservatório. No rio Madeira foram registrados baixos valores durante todo o período de estudo (**Figuras 5-73 e 5-74**).

O baixo desenvolvimento fitoplanctônico no rio Madeira se deve à hidrodinâmica do mesmo, caracterizada por elevada vazão e alta turbidez, fatores limitantes para o desenvolvimento fitoplanctônico (RODRIGUES et al., 2009; STANKOVIC et al., 2012). De acordo com os critérios de VOLLENWEIDER (1968, apud LIND et al., 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, todos os pontos monitorados na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, podem ser caracterizados como oligotróficos, pois apresentaram valores de biovolume inferiores a $3 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$.

Bacillariophyceae apresentou maior contribuição para os valores de densidade e biomassa nos pontos monitorados no rio Madeira em janeiro de 2016. Nos tributários houve predomínio de zignemafíceas, cianobactérias, euglenofíceas, bacilariofíceas, criptofíceas e rafidofíceas. As bacilariofíceas foram representadas por táxons adaptados a condições de instabilidade ambiental, turbulência e alta turbidez (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; DESCY et al., 2012). A dominância de espécies mixotróficas de euglenofíceas, criptofíceas e rafidofíceas nos tributários (**Figuras 5-73 e 5-74**) pode ser atribuída ao maior aporte alóctone de matéria orgânica.





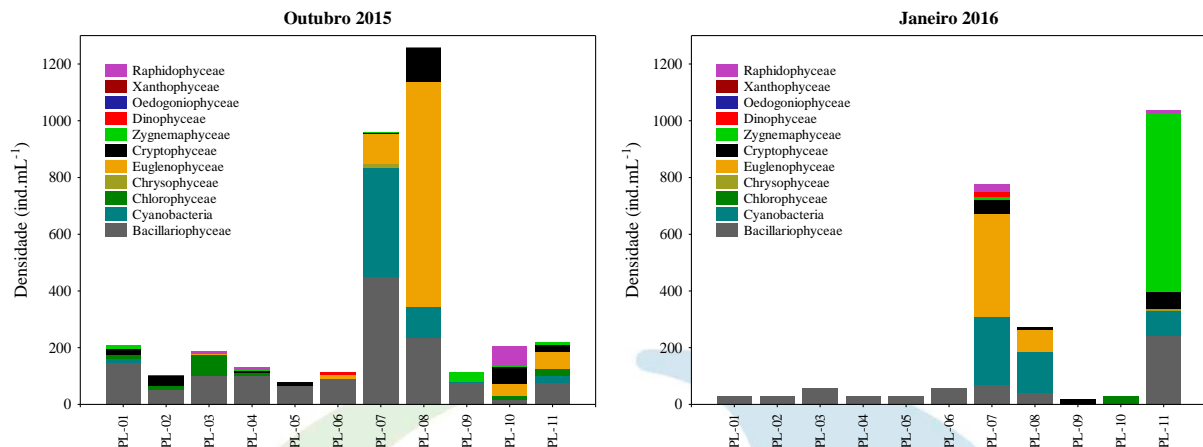
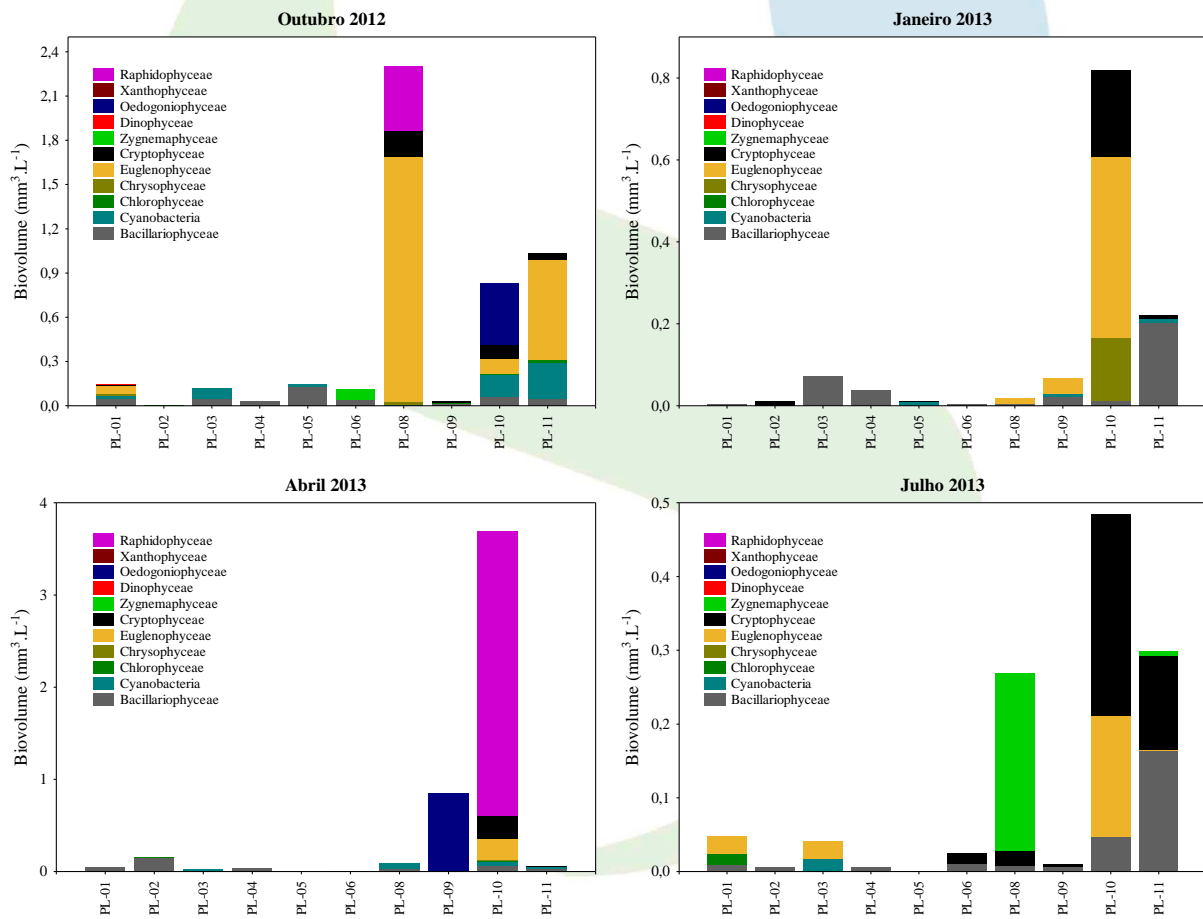
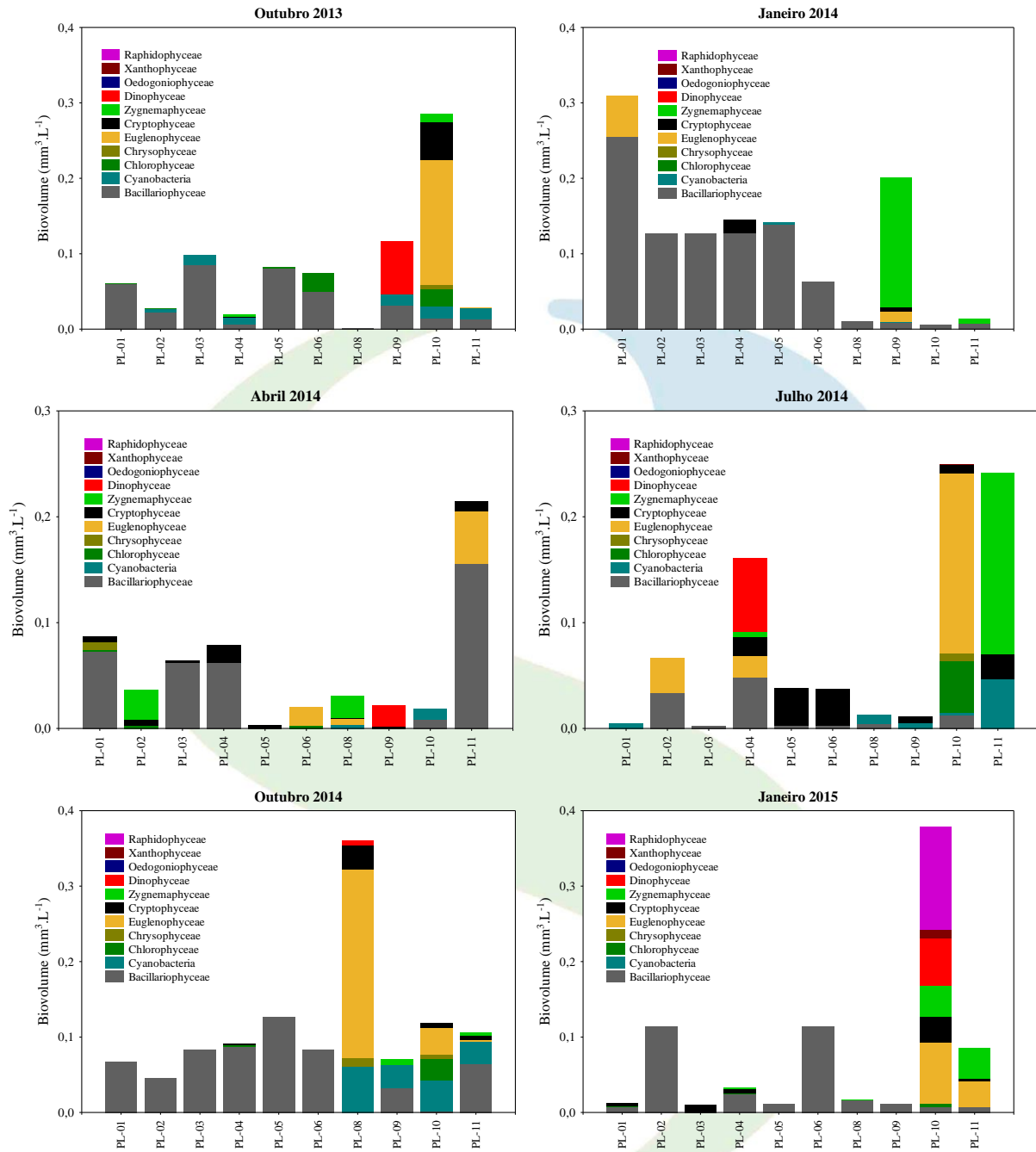


Figura 5-73- Variação espacial e temporal da densidade fitoplânctônica na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau.





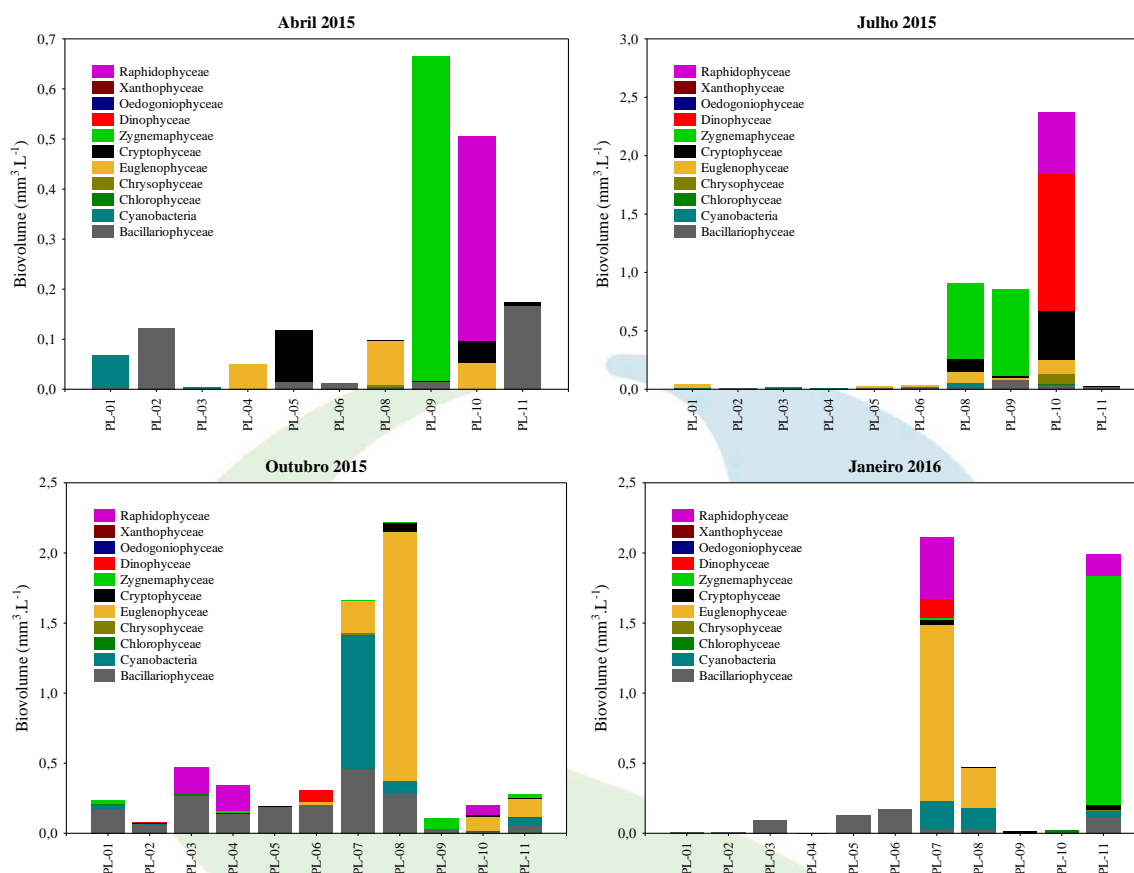
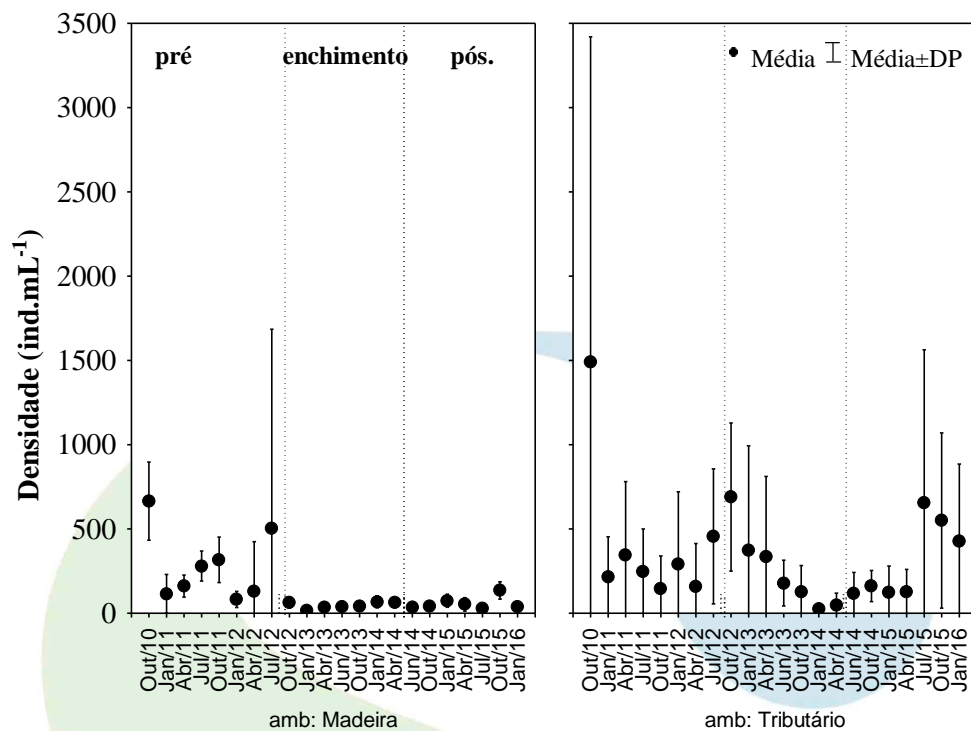


Figura 5-74- Variação espacial e temporal da biomassa fitoplânctônica na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau.

Assim como registrado para a riqueza de espécies, a variabilidade temporal da densidade e biomassa nos períodos pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo e influência das margens. Esta influência foi mais acentuada no rio Madeira, que apresentou maiores valores na fase de pré-enchimento. Os tributários também apresentaram decréscimo da riqueza na fase de enchimento, no entanto, as condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa na fase de pós-enchimento favorecem o desenvolvimento fitoplânctônico (**Figura 5-75**).



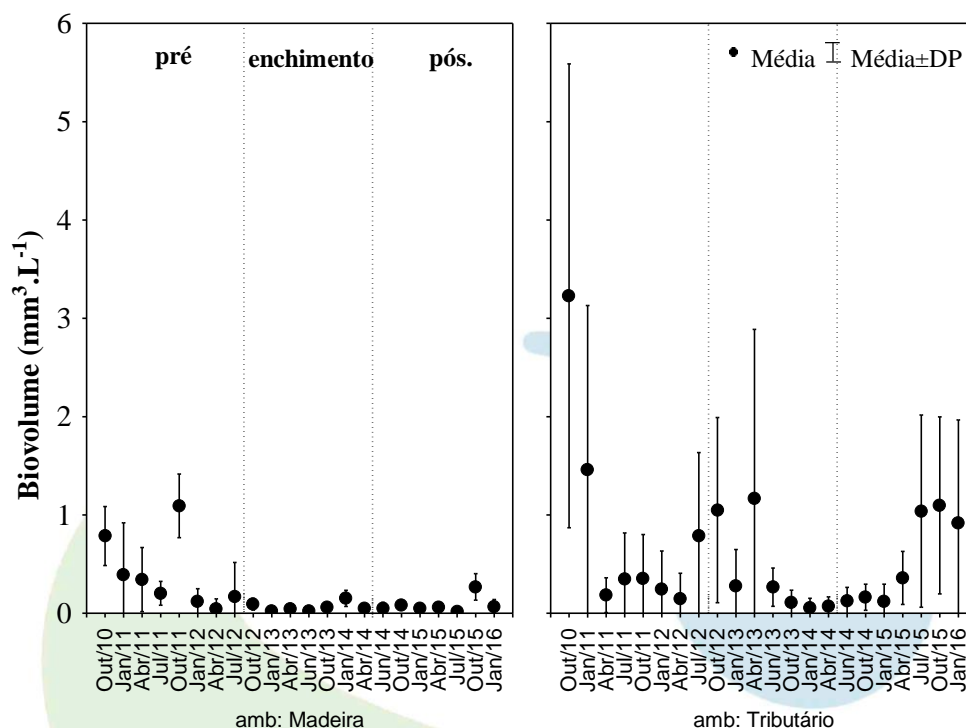


Figura 5-75- Variação temporal da densidade e biomassa fitoplanctônica na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Cianobactérias na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau

Ao longo do período de estudo, as cianobactérias apresentaram baixa contribuição aos valores de riqueza, densidade e biomassa. Em geral, os maiores valores foram registrados nos tributários e representados principalmente por espécies características de ambientes túrbidos e misturados (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; KRUK et al., 2010).

Em janeiro de 2016 as cianobactérias ocorreram nos pontos PL-01, PL-05, PL-07, PL-08 e PL-11 e apresentaram baixo número de células (**Quadro 5-15**) e biovolume (**Figura 5-76**). Os valores registrados foram baixos e inferiores aos valores limites estabelecidos para águas da Classe 2,

segundo os padrões de qualidade para os corpos de água fixados pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Assim como registrado para a riqueza, densidade e biomassa total, a variabilidade temporal da densidade e biomassa de cianobactérias no rio Madeira esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo. Os tributários apresentaram valores similares nos três períodos (**Figura 5-76**), devido as adaptações que as espécies deste grupo apresentam as diversas condições ambientais.

Quadro 5-15- Densidade (células.mL⁻¹) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, em janeiro de 2016.

Táxons	PL01	PL02	PL03	PL04	PL05	PL06	PL07	PL08	PL09	PL10	PL11
CYANOBACTERIA											
<i>Anabaena ambigua</i> Rao	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Borzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	190	0	0	0
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh) Anagn.	0	0	0	0	0	0	0	570	0	0	0
<i>Geitlerinema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	4860	300	0	0	2010
<i>Jaaginema</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	300	0	0	0
<i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. & Kom.	0	0	0	0	0	0	580	0	0	0	0
<i>Komvophoron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0
<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek	0	0	0	0	0	0	1140	1440	0	0	0
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Kom.	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	190
<i>Spirulina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	190	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	6700	3290	0	0	2240

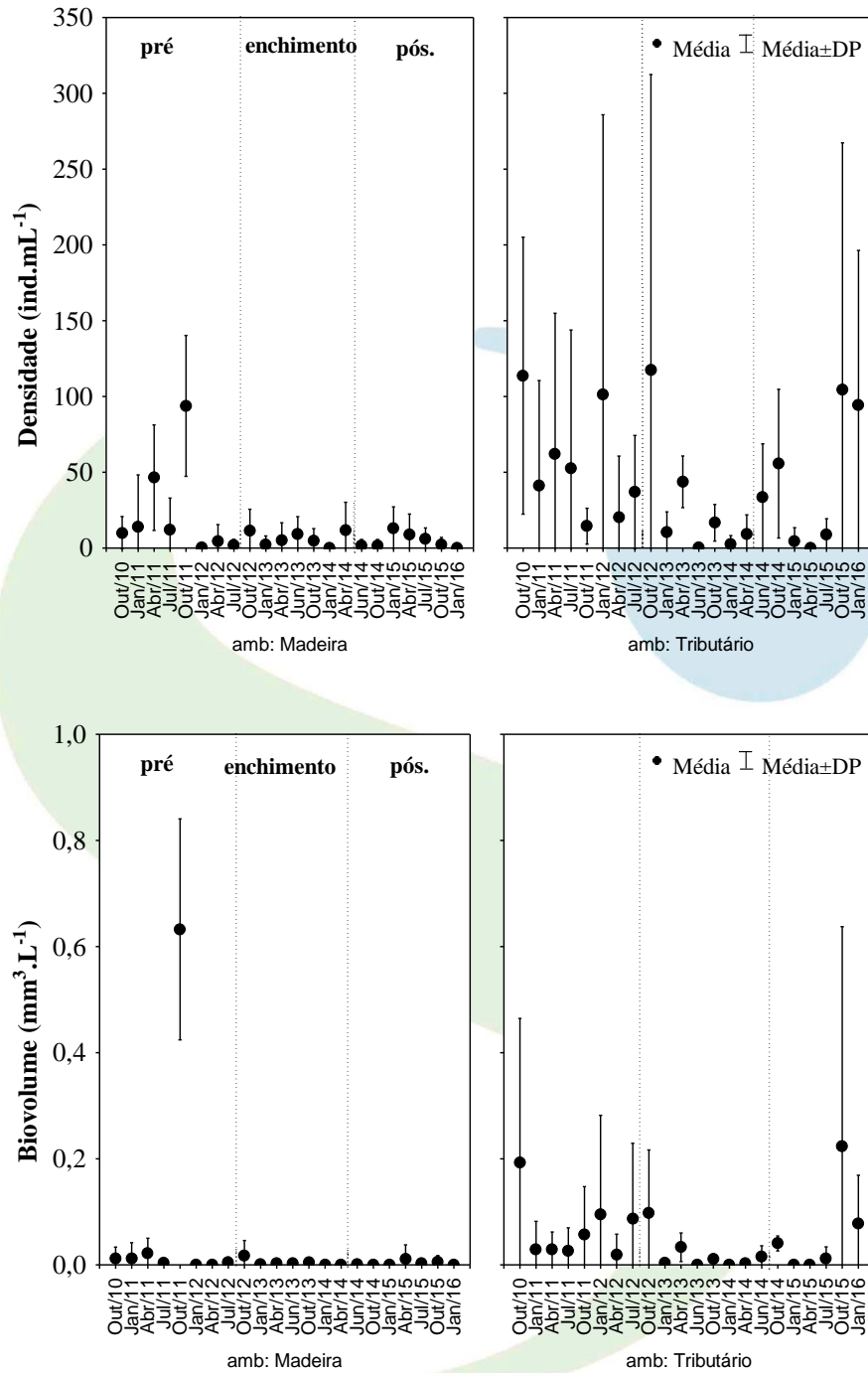


Figura 5-76- Variação temporal da densidade e biomassa de cianobactérias na área de influência da UHE Jirau, nos períodos de pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Diversidade de espécies e equitabilidade

Foram verificados baixos valores do índice de diversidade de Shannon para a comunidade fitoplanctônica nas três fases de estudo, sendo os maiores na fase de pré-enchimento para o rio Madeira e tributários. Maiores valores foram registrados nos tributários. Em janeiro de 2016, o valor médio por amostra foi de 0,23 bits.ind.⁻¹ para o rio Madeira e 2,67 bits.ind.⁻¹ nos tributários (**Figura 5-77**).

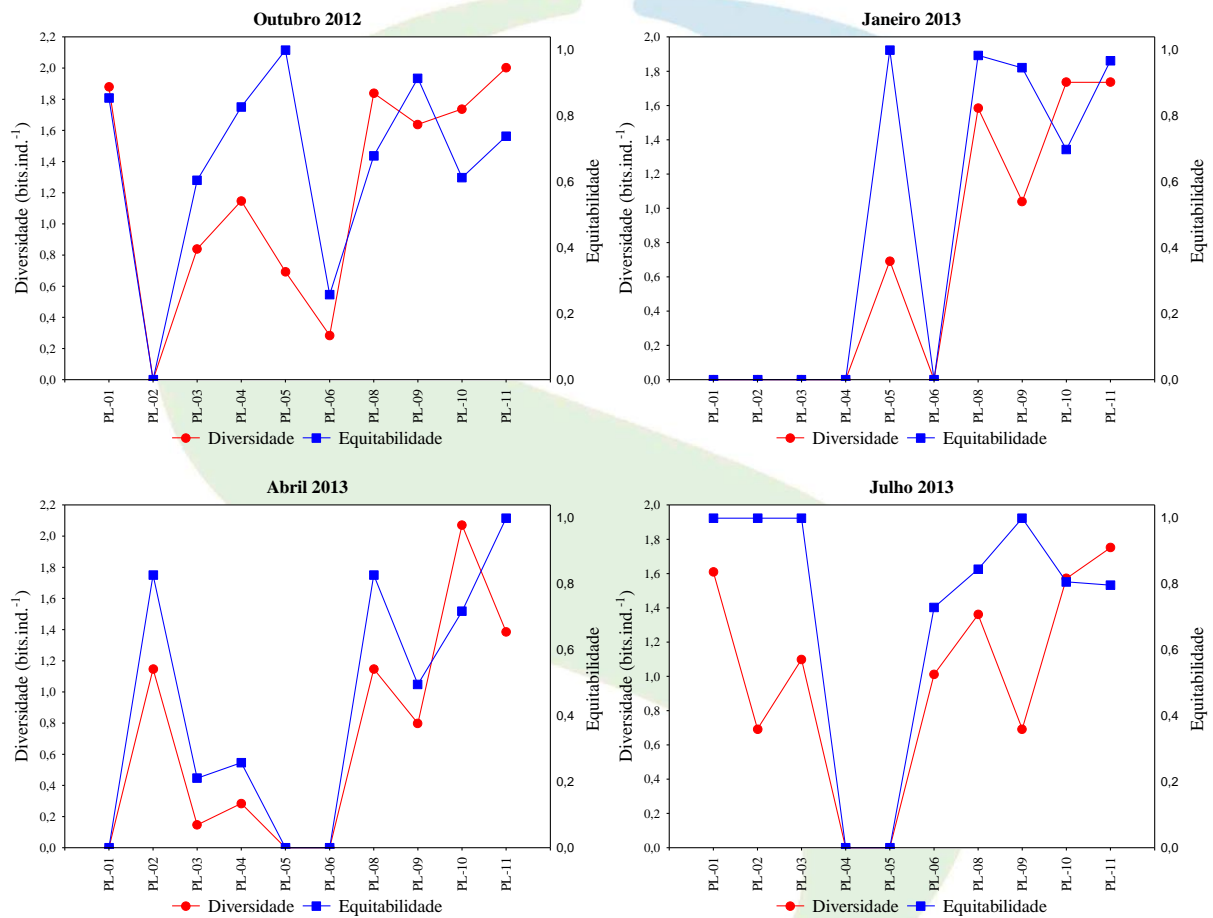
Assim como registrado para a riqueza, densidade e biomassa, foi registrado decréscimo na diversidade em janeiro de 2016 devido ao aumento na velocidade de fluxo e redução na disponibilidade de luz e nutrientes. No rio Madeira, os maiores índices de diversidade foram registrados nos pontos PL-03 e PL-06 (0,69 bits.ind.⁻¹), com valores nulos nos pontos PL-01, PL-02, PL-04 e PL-05. Para os tributários, o índice de diversidade apresentou valor nulo nos pontos PL-09 e PL-10 e maior valor no ponto PL-08 (2,76 bits.ind.⁻¹) (**Figura 5-77**).

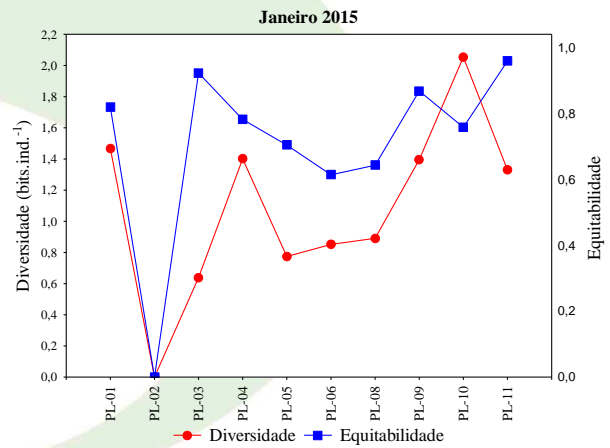
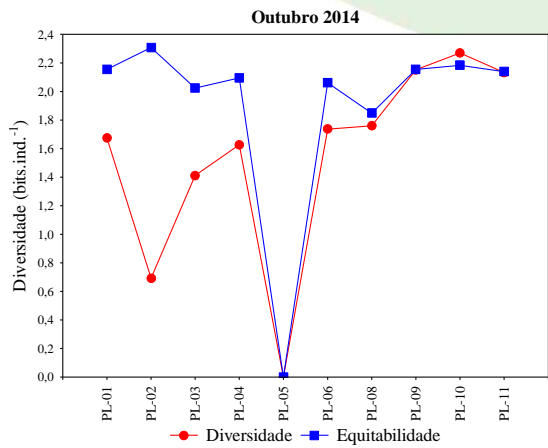
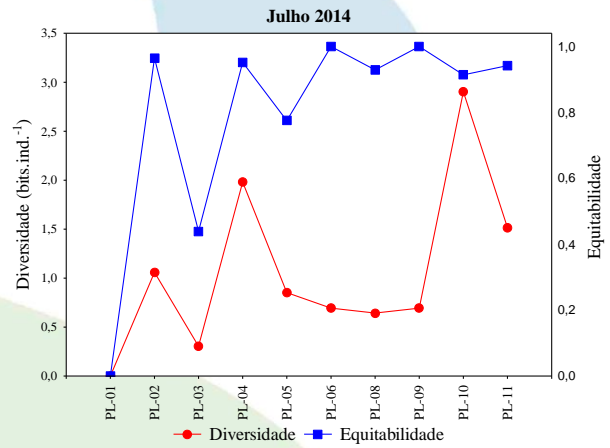
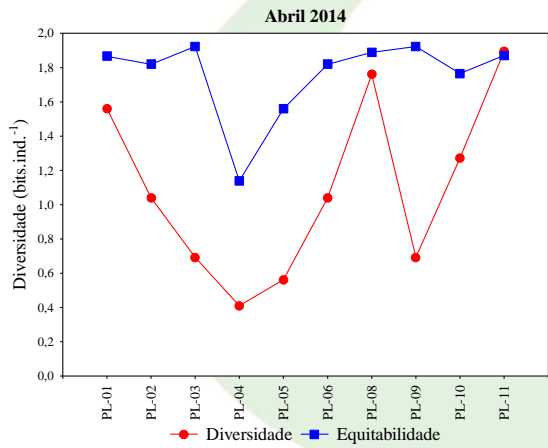
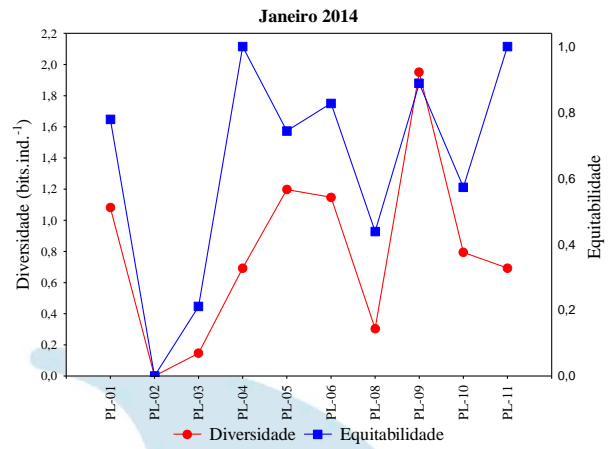
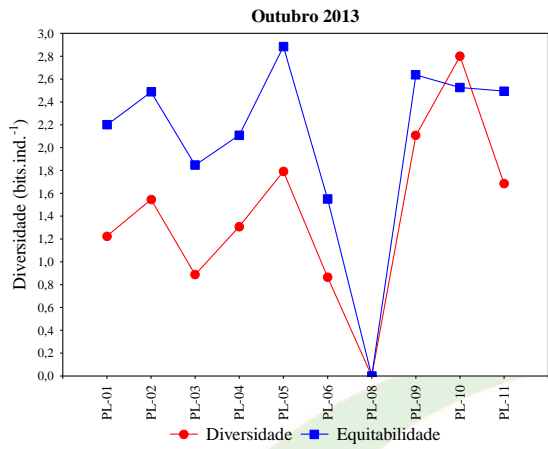
Os menores valores do índice de diversidade se devem a baixa riqueza fitoplanctônica registrada no rio Madeira e nos tributários PL-09 e PL-10. Os valores de equitabilidade foram altos na maioria dos pontos em janeiro de 2016 com média de 0,33 para o rio Madeira e 0,52 para os tributários. Os valores de equitabilidade (**Figura 5-77**) podem ser atribuídos à ausência de espécies dominantes, o que é geralmente observado em sistemas lóticos.

Assim como registrado para a riqueza de espécies, a variabilidade temporal do índice de diversidade de espécies nos períodos de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório esteve diretamente relacionada a velocidade de fluxo. Esta influência foi mais acentuada no rio Madeira, que apresentou maiores valores na fase de pré-enchimento (**Figuras 5-77 e 5-78**).

Os tributários também apresentaram decréscimo da riqueza na fase de enchimento, no entanto, as condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa na fase de estabilização

favorecem o desenvolvimento fitoplânctônico, o que refletiu no aumento do índice de diversidade. A variabilidade temporal da equitabilidade mostrou padrão inverso ao registrado para a dominância de espécies com decréscimo dos valores no rio Madeira e acréscimo nos tributários na fase de estabilização do reservatório (**Figuras 5-77 e 5-78**).





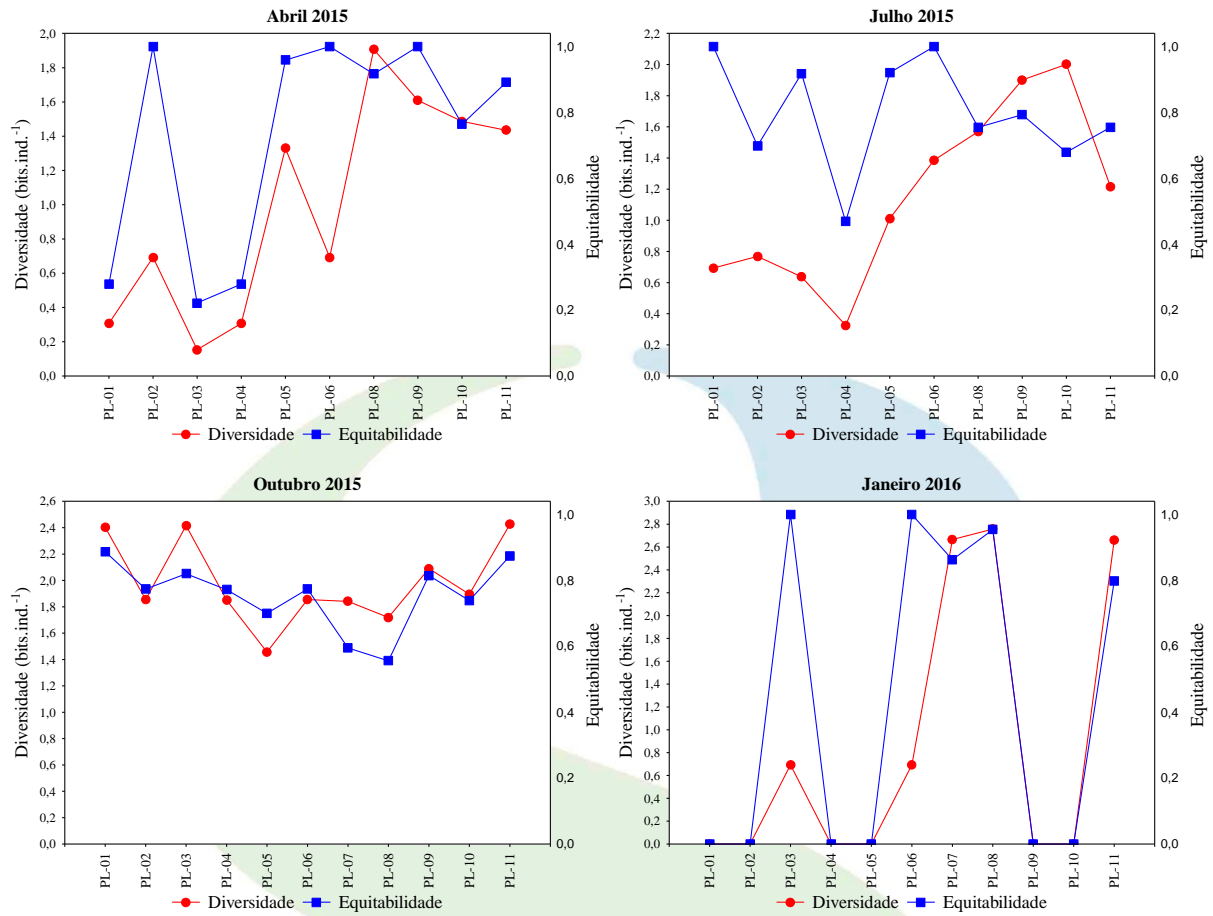


Figura 5-77- Variação espacial e temporal da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau.

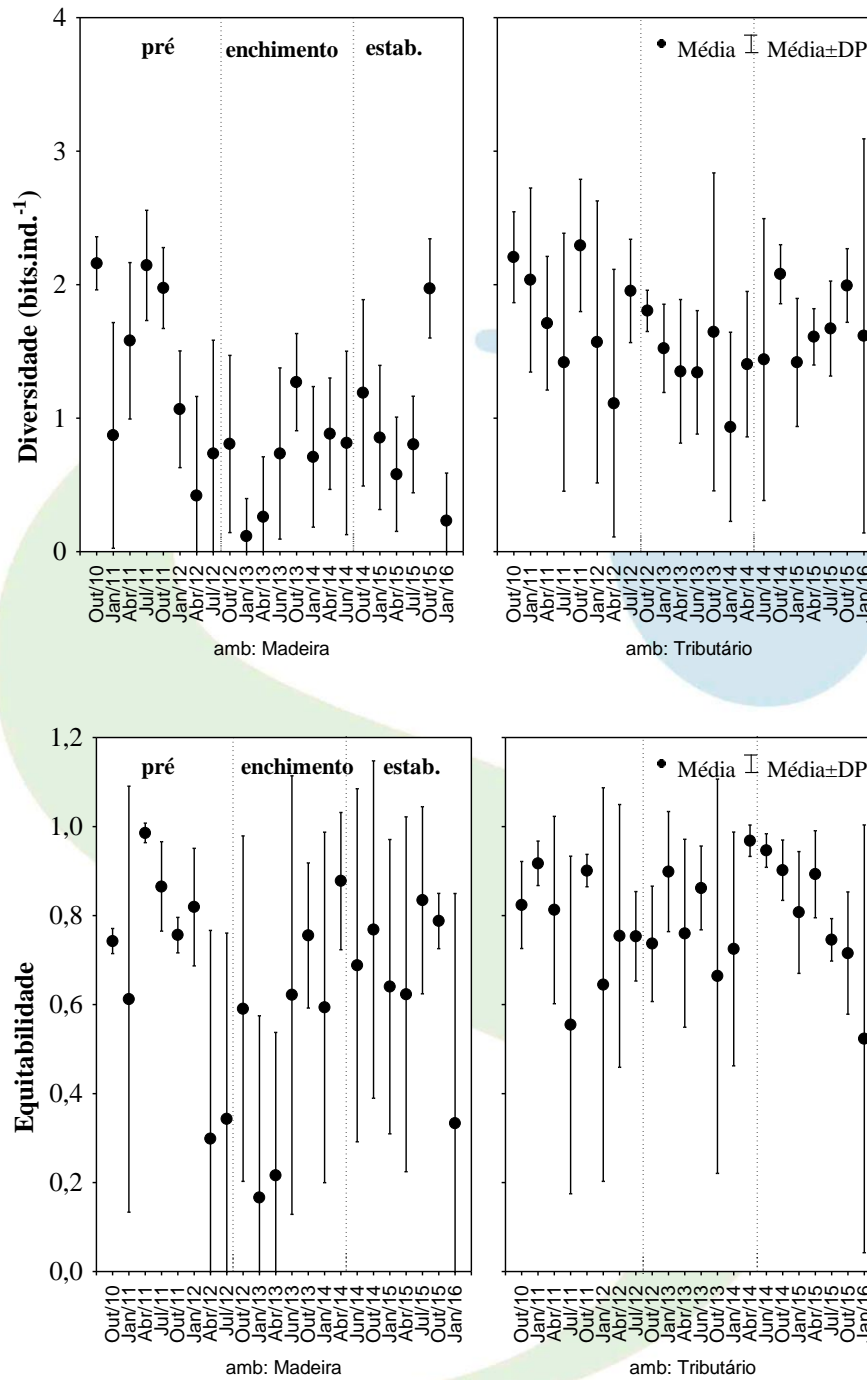


Figura 5-78- Variação temporal da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência da UHE Jirau, nos períodos pré, enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Espécies indicadoras (IndVal)

Foram registrados 32 táxons indicadores das condições ambientais do rio madeira e tributários (**Quadro 5-16**), sendo a maioria destes representados por bacilariofíceas no período de pré-enchimento. Estes resultados se devem a tolerância destas algas a alta velocidade de fluxo e baixa disponibilidade luminosa (REYNOLDS, et al., 2002).

Os tributários também apresentaram espécies indicadoras, representantes de Euglenofíceas, criptofíceas e zignemafíceas durante todo o período de monitoramento e refletiu as condições hidrodinâmicas mais favoráveis a estes grupos, bem como maior concentração de matéria orgânica.

Quadro 5-16- Espécies fitoplanctônicas indicadoras das estações amostradas no rio Madeira e nos tributários. (A = abundância, F = frequência, IV = valor indicador - %, p=nível de significância). Os valores em negrito representam as espécies com maiores valores indicadores.

	Madeira						Tributário						p
	Enchimento			Pós-Enchimento			Enchimento			Pós-Enchimento			
	A	F	IV	A	F	IV	A	F	IV	A	F	IV	
Bacillariophyceae													
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0116
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0002
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	24	21	5	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0.0002
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	29	38	11	23	30	7	0	0	0	0	0	0	0.0050
<i>Discostella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	0	0	0	3	17	0	2	4	0	0	0	0	0.0018
<i>Fragilaria</i> sp.	1	2	0	3	7	0	4	4	0	0	5	0	0.0004
<i>Gomphonema angustatum</i> (E. T. Kützing) G. L. Rabenhors.	0	0	0	82	13	11	2	4	0	2	5	0	0.0146
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	1	4	0	0	0	0	63	18	11	35	10	4	0.0088



<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich	18	2	0	0	0	0	24	14	3	58	15	9	0.0408
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0108
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	5	15	1	10	30	3	7	18	1	18	40	7	0.0484
<i>Pinnularia</i> sp.	1	2	0	1	3	0	7	7	1	0	0	0	0.0004
Pennales não identificada 1	14	15	2	4	10	0	11	7	1	56	25	14	0.0174
Pennales não identificada 4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0010
Cyanobacteria													
<i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0068
<i>Aphanizomenon</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0.0112
<i>Limnothrix</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0.0352
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek	0	2	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0.0006
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0104
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk. - Legn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0020
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0076
Euglenophyceae													
<i>Euglena</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	4	0	21	10	2	0.0002
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.	0	0	0	6	3	0	10	4	0	1	5	0	0.0006
Cryptophyceae													
<i>Chroomonas</i> sp.	1	2	0	0	0	0	23	7	2	75	20	15	0.0032
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.	6	8	0	3	3	0	58	21	12	20	30	6	0.0498
<i>Cryptomonas</i> sp.	10	10	1	0	0	0	63	43	27	0	0	0	0.0014
Zygnemaphyceae													
<i>Actinotaenium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	21	4	1	0	0	0	0.0062
<i>Closterium ralfsii</i> Bréb. ex Ralfs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0174
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	11	7	1	12	10	1	0.0064
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	1	0.0256
<i>Mougeotia</i> sp.	1	2	0	0	0	0	0	0	0	69	15	10	0.0112

Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os dois primeiros eixos da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) foram retidos para interpretação por explicarem a maior variabilidade dos dados, cujos autovalores foram 0,50 e 0,24 para os eixos 1 e 2, respectivamente. Esta análise evidenciou similaridade na composição dos grupos morfológicos funcionais (**Figura 5-79**).

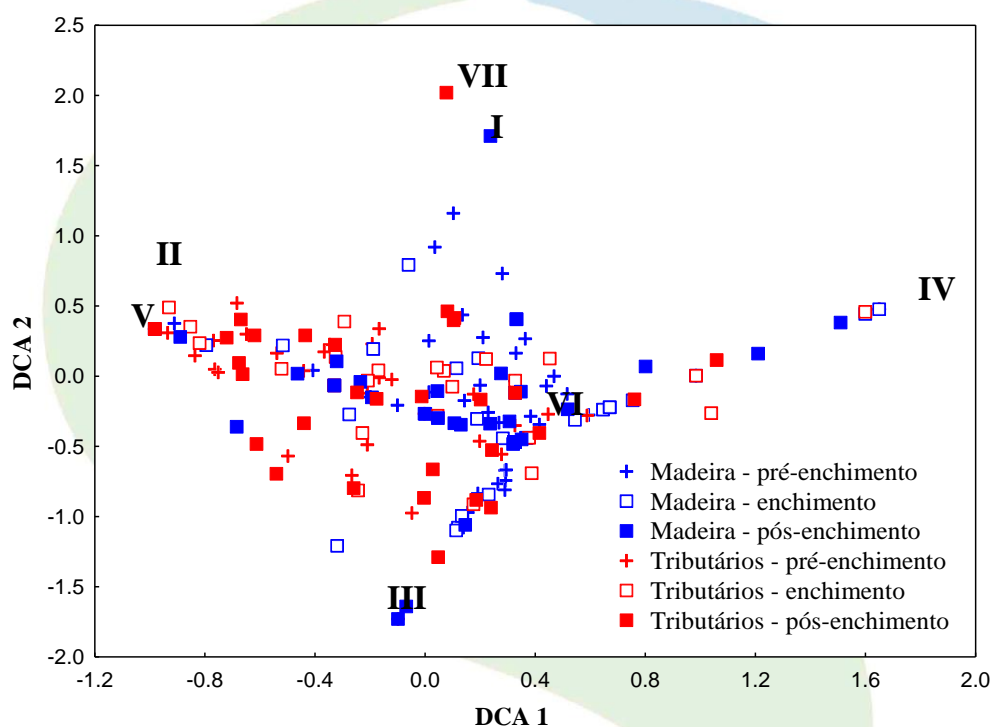


Figura 5-79- Dispersão dos escores dos pontos, períodos de coleta e grupos morfológicos funcionais no rio Madeira e tributários, ao longo dos dois primeiros eixos da DCA.

A Análise de Correlação Canônica (CCA) apresentou os dois primeiros eixos canônicos significativos de acordo com o teste de Monte Carlo ($p < 0,05$), que explicaram 2,4 % e 1,7% da variabilidade total dos dados, respectivamente. A baixa porcentagem de explicação observada indica que os fatores



ambientais não constituíram parâmetros estruturadores eficientes para a comunidade fitoplanctônica, provavelmente devido às condições lóticicas dos pontos monitorados.

A CCA evidenciou maior influência do gradiente espacial quando comparado à variabilidade temporal, sendo que as fases rio, enchimento e pós-enchimento não foram claramente discriminadas no diagrama (**Figura 5-80a**). Segundo PADIAL et al. (2014) e SANTOS et al. (2015) mesmo em sistemas com alta sazonalidade como aqueles submetidos a pulsos de inundação, a dinâmica temporal pode não influenciar os papéis relativos de diferenciação de nicho e espaço.

A segregação espacial registrada foi influenciada pelos maiores valores de densidade de diatomáceas, cianobactérias e clorófitas no rio Madeira, na porção inferior do diagrama, associadas aos maiores valores de profundidade, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade e oxigênio dissolvido (OD). Alta complexidade taxonômica, maiores valores de densidade de zignemafíceas e representantes de grupos mixotróficos na porção superior do diagrama estiveram correlacionados com os maiores valores de temperatura, clorofila, demanda química de oxigênio (DQO) e maiores concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) nos tributários (**Figura 5-80b**).

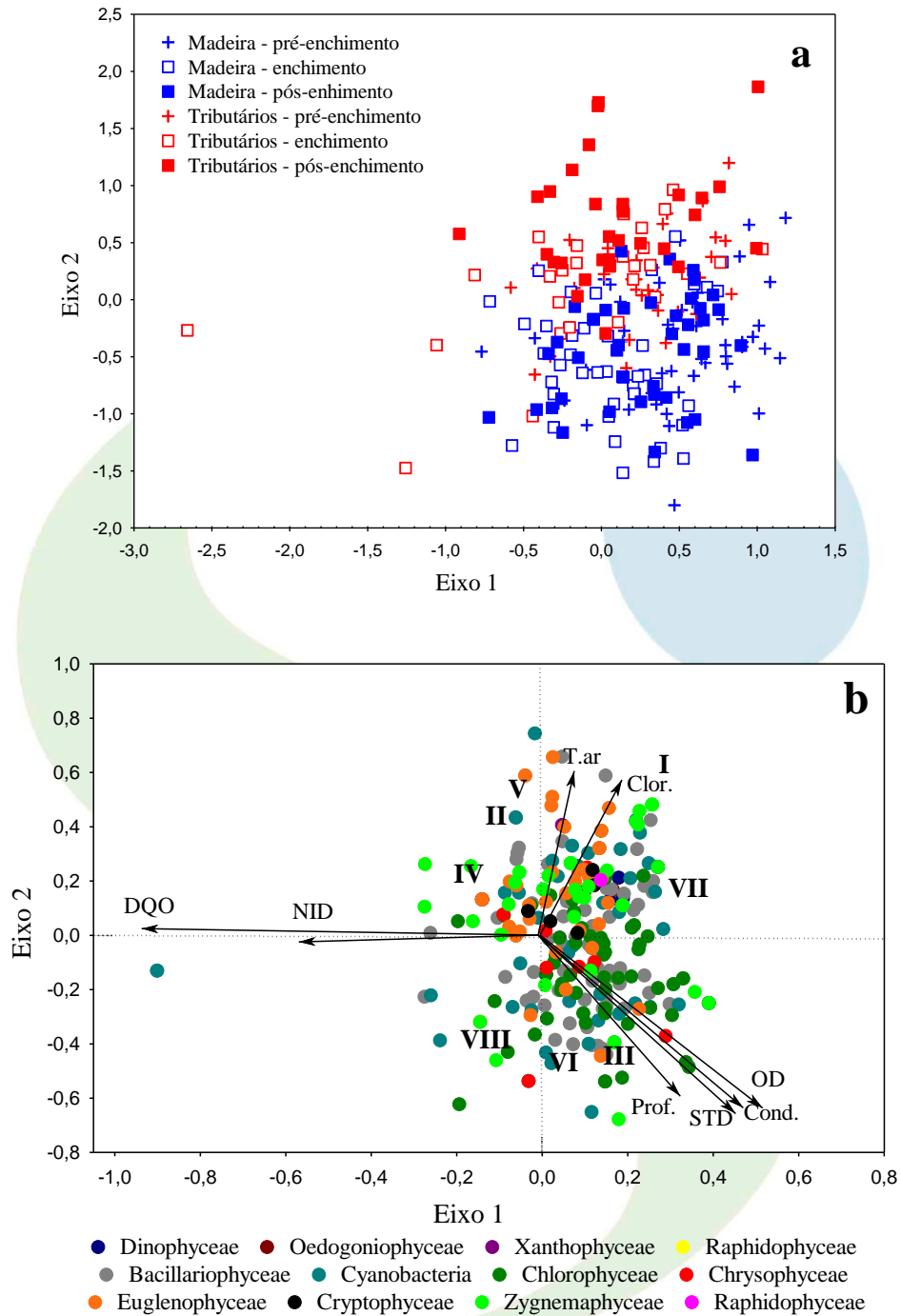


Figura 5-80- Dispersão dos escores dos pontos de amostragem (a), grupos morfológicos funcionais e variáveis ambientais (b), ao longo dos dois primeiros eixos da CCA.



Os grupos morfológicos funcionais fitoplanctônicos III (cianobactérias filamentosas com aerótopos), VI (exclusivamente as bacilariofíceas) e VIII (cianobactérias fixadoras de nitrogênio) estiveram melhor representados no rio Madeira como evidenciado no diagrama. Os grupos I (pequenos organismos com alta relação superfície/volume), II (crisofíceas), IV (clorofíceas, zignemafíceas, xantofíceas, cianobactérias), V (euglenofíceas, dinofíceas, criptofíceas) e VII (grandes colônias mucilaginosas) foram melhor representados nos tributários (**Figura 5-80b**).

O fato dos grupos III, VI e VIII estarem associados ao rio Madeira está diretamente relacionado à maior turbulência, condições as quais estes grupos possuem adaptações. Os demais grupos associados aos tributários se devem provavelmente ao modo de vida oportunista dos flagelados mixotróficos e distribuição cosmopolita das clorofíceas.

Zooplâncton

Composição específica do zooplâncton

Os resultados de composição do zooplâncton, obtido até o momento, para a área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, evidenciaram a ocorrência de 225 espécies, com destaque para os rotíferos (87 espécies), seguidos por protozoários testáceos (77 espécies), cladóceros (42 espécies) e copépodes (19 táxons), incluindo as suas formas jovens (náuplios e copepoditos).

Tal padrão de dominância de rotíferos, como já discutido para o monitoramento em toda a área de influência da UHE Jirau, corrobora os resultados frequentemente registrados para o zooplâncton de ambientes aquáticos continentais (Lansac-Tôhaet al., 1999, 2005; Nogueira, 2001; Sampaio et al., 2002), em particular, em ambientes predominantemente lênticos, e tem se mantido ao longo desta



fase de estabilização do reservatório de Jirau. Por outro lado, a expressiva participação de protozoários testáceos na organização da comunidade zooplânctônica é característica do potamoplâncton, ou o plâncton de rios, e foi amplamente observada na fase pré-represamento. No entanto, nesta fase de pós-represamento o que tem sido observado é uma tendência de redução na participação deste grupo para a diversidade total do zooplâncton. Assim, sugere-se que o represamento do reservatório de Jirau parece ter determinado um incremento no tempo de residência da água, pelo menos em parte da área de influência do Canteiro de obras de Jirau.

Temporalmente, os resultados de diversidade regional, obtidos ao longo do monitoramento, têm evidenciado uma tendência de redução nessa diversidade, especialmente evidente nos últimos períodos de amostragem. Ressalta-se que o número de espécies registrado em janeiro último é o menor de todos os valores registrado ao longo do monitoramento do canteiro de Jirau (**Figura 5-81**).

Assim, os resultados de composição específica do zooplâncton obtidos a partir das análises das amostras tomadas em janeiro de 2016, na área de influência do canteiro de Jirau, evidenciaram a ocorrência de apenas 39 espécies este mês (Tabela 3, Figura3), evidenciando um novo decréscimo na diversidade regional da comunidade zooplânctônica, considerando as 50 espécies registradas em outubro, os 64 táxons registrados em julho passado e as 77 espécies verificadas em abril de 2015 (**Figura 5-81**).

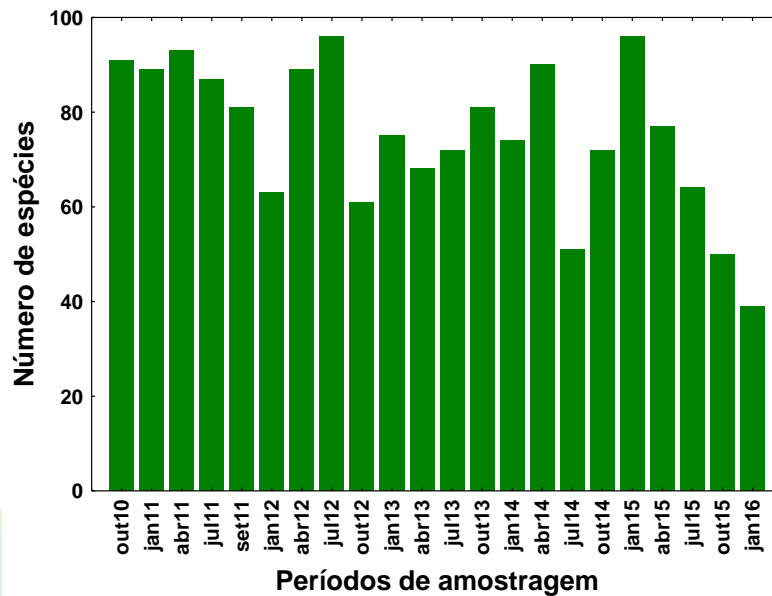


Figura 5-81- Número de espécies registrado nos diferentes períodos de amostragem, na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau.

Em relação à contribuição dos diferentes grupos para a diversidade regional do zooplâncton, observa-se novamente em janeiro de 2016 o predomínio de rotíferos, representados por 19 espécies, seguidos por protozoários testáceos com 12, cladóceros com 5 e copépodes com 3 espécies.

Considerando-se a composição dos diferentes grupos, os resultados obtidos em janeiro de 2016 reforçam aqueles que vêm sendo verificados ao longo do monitoramento, e corroboram também o padrão frequentemente registrados para o zooplâncton de ambientes aquáticos continentais tropicais (Velho et al., 1999; Lansac-Tôha et al., 2004; 2005, Vieira et al., 2007). Assim, Arcellidae e Centropyxidae foram, novamente, as famílias mais representativas entre os protozoários testáceos. Para os rotíferos, destacaram-se, mais uma vez, as famílias Brachionidae e Lecanidae, enquanto que, entre os cladóceros, todas as famílias foram igualmente representadas (1 táxon cada) este mês. Entre os copépodes, destacaram-se novamente os Cyclopidae.

Riqueza de espécies

Assim como observado para a diversidade regional, também para a riqueza de espécies (diversidade local) se observaram baixos valores neste último período de amostragem.

Assim, em janeiro último os valores de riqueza de espécies do zooplâncton, na área de influência do canteiro de Jirau, variaram entre 3 e 11 espécies com média aproximada de 7 espécies para o rio Madeira, e nos igarapés de 1ª e 2ª etapa a riqueza flutuou entre 6 e 9 espécies com média aproximada também de 7 espécies, a mesma média de quando considerada toda a área de estudo (**Figura 5-83**). Temporalmente, esses resultados evidenciam um novo decréscimo também na riqueza de espécies para a área de estudo, considerando a média global de 21 espécies registrada em abril, de 16 espécies em julho e de 10 espécies em outubro de 2015 passado (**Figura 5-83**).

Espacialmente, embora as médias de riqueza tenham sido semelhantes entre rio Madeira e tributários, os maiores valores de riqueza foram observados em pontos do rio Madeira (Pontos PL5 e PL7) e os menores também no rio Madeira, nos pontos PL2 e PL4 (**Figura 5-82**).

Em relação à contribuição dos diferentes grupos para a riqueza total do zooplâncton, os rotíferos predominaram, em termos de riqueza, na grande maioria dos pontos de amostragem, com exceção dos igarapés de 2ª etapa onde os protozoários testáceos foram mais representativos, e no ponto PL2, no rio Madeira onde os copépodes foram mais especiosos (**Figura 5-82**).

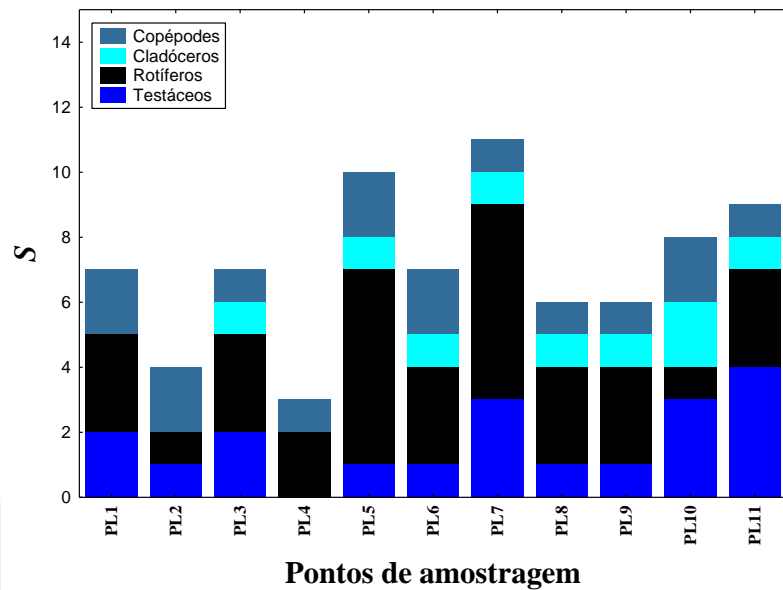


Figura 5-82- Variação espacial da riqueza de espécies do zooplâncton, na área de influência do canteiro de obras da barragem da UHE Jirau, em janeiro de 2016.

Temporalmente, na fase de pré-enchimento, os valores médios de riqueza de espécies foram relativamente altos, com médias, em geral, superiores a 23 espécies por período de amostragem. Após o fechamento do reservatório, em outubro de 2012, observa-se uma tendência de redução desta diversidade local, com médias de riqueza variando entre 13 e 16 espécies (**Figura 5-83**). Já no início da fase de pós-fechamento do reservatório, se observa um marcado incremento na riqueza de espécie média, na área de estudo, atingindo uma média aproximada de 28 espécies em dezembro de 2015. A partir de então, um novo decréscimo nos valores deste atributo foi observado, atingindo a menor média de todo o monitoramento em janeiro último (cerca de 7 espécies) (**Figura 5-83**).

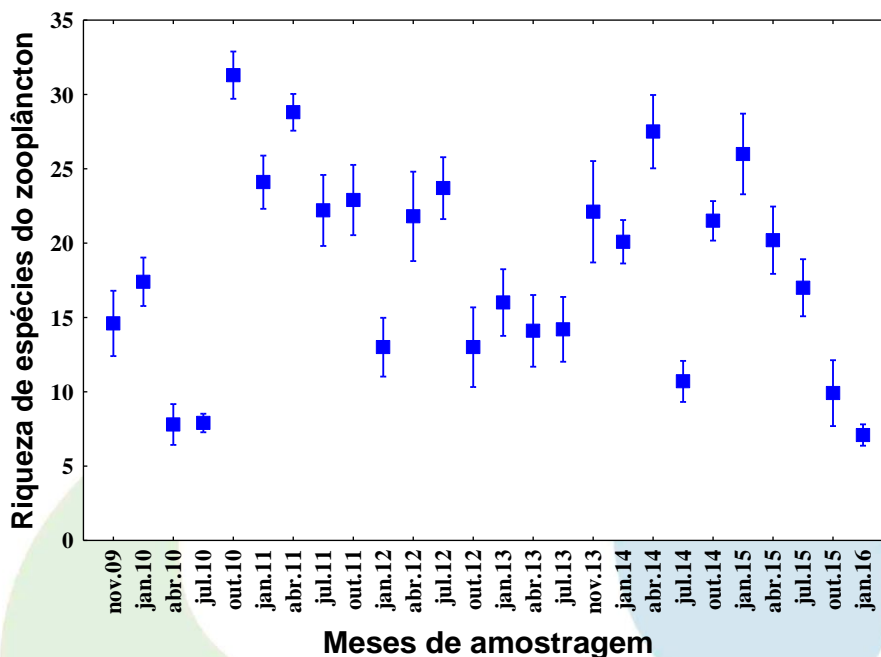


Figura 5-83- Riqueza média de espécies do zooplâncton, ao longo do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem da UHE Jirau.

Abundância numérica do zooplâncton

Os resultados de abundância numérica do zooplâncton, obtidos em janeiro de 2016, na área de influência do canteiro de obras de Jirau, evidenciaram novamente valores bastante reduzidos desse atributo, a maioria deles inferiores a 500 indivíduos/m³. Exceção a essas reduzidas densidades foram observadas em dois pontos no rio Madeira (pontos PL5 e PL7) e nos dois igarapés de 2^a etapa (Pontos PL10 e PL11), onde a densidade do zooplâncton chegou a 3.000 indivíduos/m³ em um desses tributários (**Figura 5-84**).

De qualquer forma, todos os valores de densidade aqui observados devem ser considerados baixos. Comparativamente, em reservatórios com elevado grau de trofia (eutróficos e hipereutrófico), a densidade da comunidade zooplanctônica, pode atingir valores cerca de 300 vezes superiores a maior

abundância aqui registrada, atingindo densidades superiores a 1.000.000 indivíduos/m³ (Lansac-Tôha et al., 2005).

Como já discutido em relatórios anteriores, em ambientes com reduzido tempo de residência da água, ou seja, ambientes predominantemente lóticos, são esperados valores relativamente baixos de abundância das comunidades planctônicas (KOBAYASHI et al., 1997, 1998; POURRIOT et al, 1997; BURGER et al., 2002; MWEBASA-NDAWULA et al., 2005). Isso ocorre porque o plâncton tem seu desenvolvimento fortemente limitado pela velocidade de corrente, considerando que os organismos na coluna de água são exportados, rio abaixo, em uma taxa muito superior ao recrutamento de indivíduos via reprodução (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI et al., 1998).

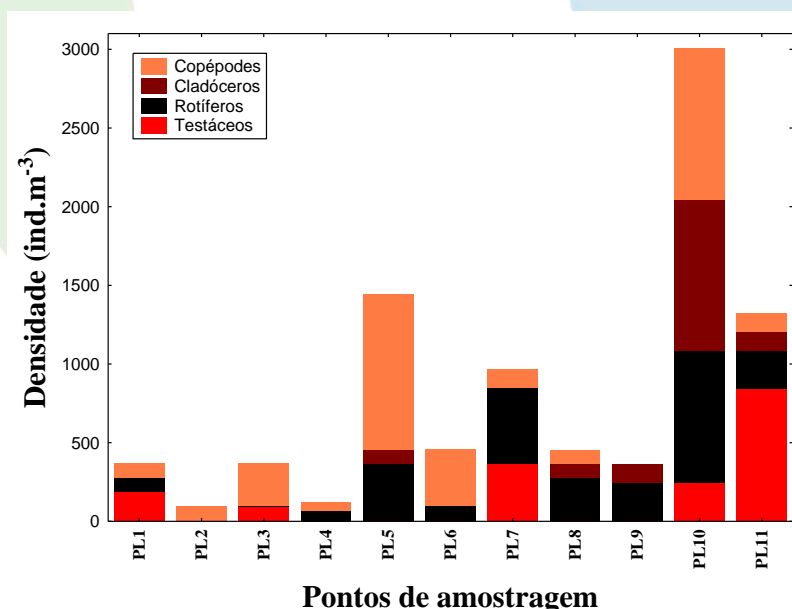


Figura 5-84- Variação espacial da densidade do zooplâncton na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau, em janeiro de 2016.

Assim, em janeiro último, os valores de densidade do zooplâncton variaram de 97 até 3.004 indivíduos/m³ na área de influência do Canteiro da UHE Jirau (**Figura 5-84**), com abundância média aproximada de apenas 814 indivíduos/m³. Temporalmente, essa abundância média é cerca de duas

vezes maior que aquela registrada em outubro de 2015, mas ainda assim está entre as menores já registradas para a área de influência do Canteiro de obras de Jirau (**Figura 5-85**).

Em relação à participação dos grupos na abundância total do zooplâncton, destacaram-se novamente este mês os copépodes e rotíferos, enquanto que os protozoários testáceos foram dominantes apenas em dois pontos (PL1 e PL11), enquanto que os cladóceros, embora não tenham dominado, se destacaram no ponto PL10 (**Figura 5-84**).

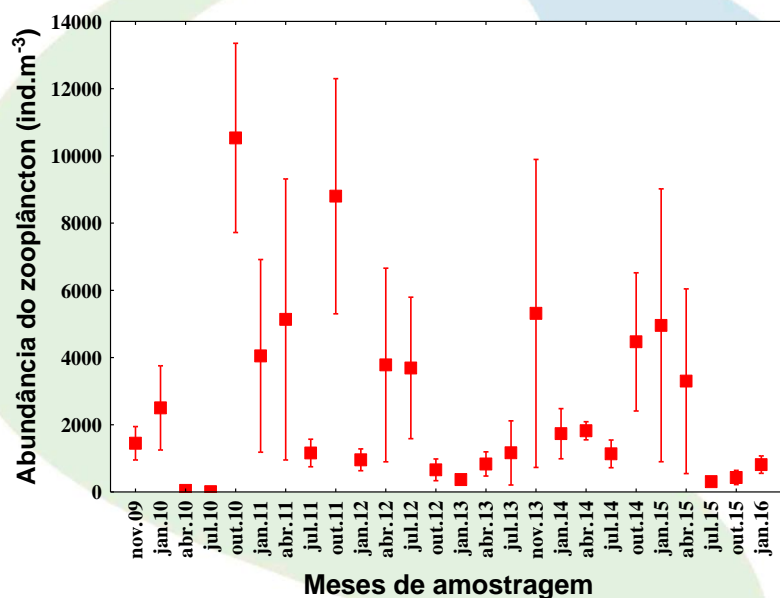


Figura 5-85- Abundância numérica média do zooplâncton ao longo do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau.

Biomassa

Em relação à biomassa, assim como observado para a abundância numérica do zooplâncton, os valores têm sido, em geral, bastante reduzidos, frequentemente inferiores a 1.000 ugPS.m⁻³ (**Figura 5-86**). Valores superiores a este foram registrados em alguns períodos de amostragem e, em geral, para algum tributário, com valores médios de biomassa chegando a 7.000 ugPS.m⁻³ (**Figura 5-86**).

Comparativamente, estudos sobre o zooplâncton em ambientes aquáticos continentais brasileiros, que incluem resultados de biomassa, têm evidenciado valores desse atributo variando entre 4.000 e 357.000 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ (Leitão e Rocha, 2000; Sendacz et al., 2006; Bonecker et al., 2007).

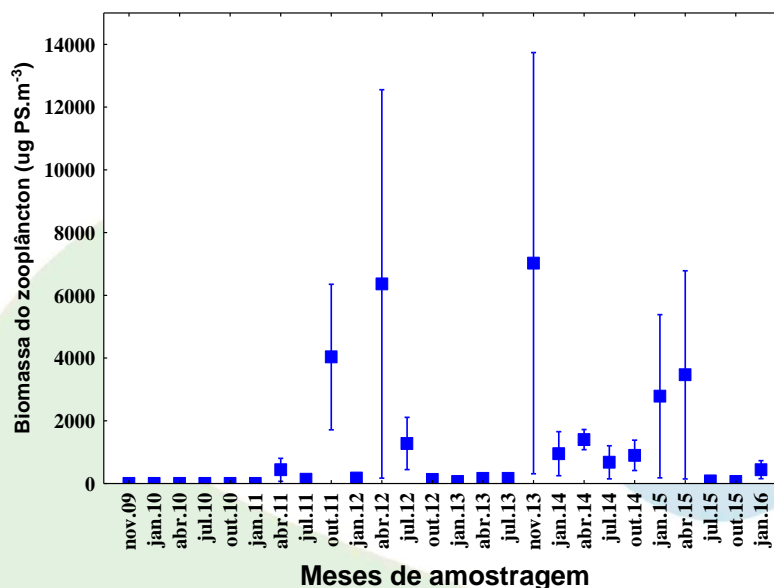


Figura 5-86- Biomassa média do zooplâncton ao longo do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau. (Os pontos centrais representam a média e as barras o Erro Padrão da Média).

Além disso, da mesma forma que observado para a densidade, maiores valores de biomassa do zooplâncton têm sido registrados em alguns igarapés, e os menores em amostras do rio Madeira. As diferenças mais expressivas em relação aos padrões observados para a densidade são evidenciadas quando a contribuição dos grupos é avaliada, de forma que, para a biomassa, os rotíferos deixam de ser o grupo mais importante dando lugar aos microcrustáceos, tanto cladóceros, como copépodes.

Assim, em janeiro último os resultados de biomassa do zooplâncton evidenciam um padrão espacial similar aquele descrito para a densidade, de forma que, maiores valores deste atributo foram

observados para um dos igarapés de 2ª etapa (Ponto PL10) e ainda um ponto do rio Madeira (ponto PL5), e os menores para alguns pontos localizados no rio Madeira (Pontos PL3 e PL4) (**Figura 5-87**).

Como ressaltado anteriormente, as maiores diferenças para a densidade numérica referem-se à participação dos grupos na abundância e biomassa total do zooplâncton, de forma que protozoários testáceos e rotíferos deixam de ser importantes em termos de biomassa e apenas os cladóceros, nos igarapés e os copépodes, especialmente nos tributários, tem elevada representatividade (**Figuras 5-84 e 5-87**).

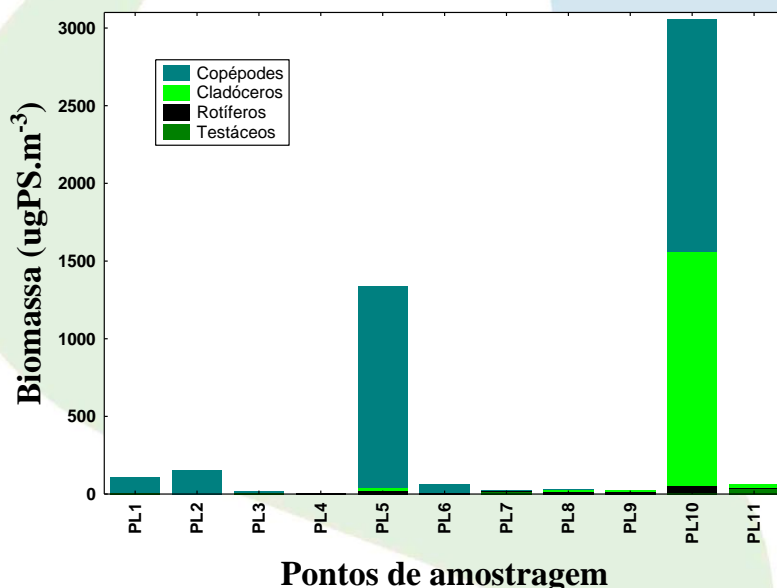


Figura 5-87- Variação espacial e temporal da biomassa dos diferentes grupos zooplancônicos, na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau, em janeiro de 2016.

Em janeiro de 2016, os valores de biomassa do zooplâncton variaram aproximadamente entre 3 $\mu\text{gPS.m}^{-3}$, no ponto PL4, a 3056 $\mu\text{gPS.m}^{-3}$ no ponto PL10 (**Figura 5-87**), com uma média aproximada de 442 $\mu\text{gPS.m}^{-3}$, sendo este valor médio cerca de 8 vezes maior que aquele registrado em outubro de 2015 (**Figura 5-87**).

Índice de Diversidade e equitabilidade

Os resultados de índice de diversidade observados ao longo de todo o monitoramento parecem ter sido fortemente influenciados pela riqueza de espécies, um dos atributos que compõem esse índice. Assim, o padrão temporal exibido para este índice foi muito similar àquele já descrito para a riqueza de espécies (**Figura 5-88**). Neste sentido, no início do monitoramento, na fase de pré-represamento, os valores médios de índice de diversidade foram relativamente altos, com médias, em geral, superiores a 2 bits.ind^{-1} . Após o fechamento do reservatório, em outubro de 2012, observa-se uma tendência de redução em seus valores e, já no início da fase de estabilização do reservatório, se observa um marcado incremento deste índice. Posteriormente, um novo decréscimo em seus valores é observado, até janeiro de 2016, último período de amostragem desse estudo, quando um valor inferior a $1,5 \text{ bits.ind}^{-1}$ é observado (**Figura 5-88**).

Em relação aos dois tipos de ambientes, rio Madeira e igarapés, maiores valores de índice de diversidade têm sido, em geral, observados para os igarapés, embora elevados valores deste índice venham sendo também verificados em alguns pontos do rio Madeira.

Assim, como ressaltado anteriormente, em janeiro de 2016 os valores de equitabilidade e o índice de diversidade foram, relativamente baixos, a maioria inferior a $2,0 \text{ bits.ind}^{-1}$, especialmente em função dos baixos valores de riqueza registrados, considerando que a equitabilidade apresentou, em geral, elevados valores (superiores a 0,6 na maioria dos pontos de amostragem) (**Figura 5-89**). Os maiores valores de índice de diversidade foram verificados, em geral, para os igarapés e também para o rio Madeira entre os pontos PL5 e PL8.

Por outro lado, os mais baixos valores deste índice foram observados no rio Madeira, entre os pontos PL1 e PL4, onde também foram registrados os menores valores de equitabilidade (**Figura 5-89**).

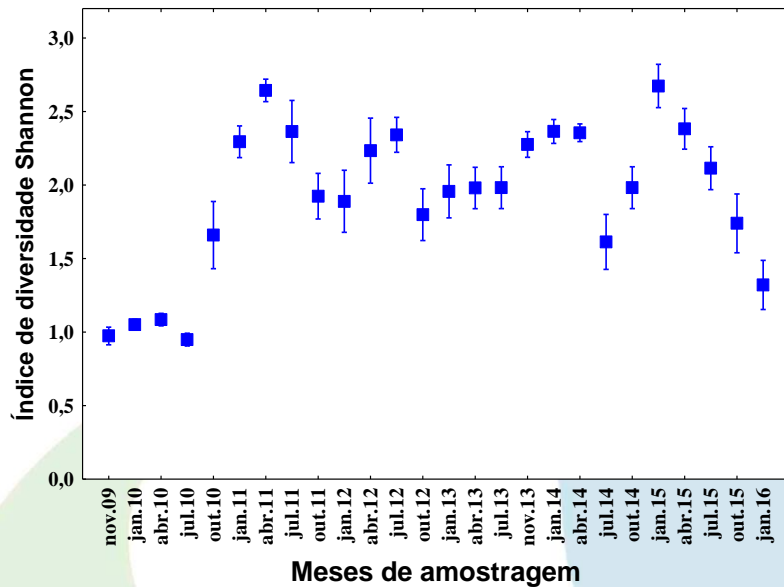


Figura 5-88- Índice de Diversidade (Shannon) médio do zooplâncton ao longo do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau. (Os pontos centrais representam a média e as barras o Erro Padrão da Média).

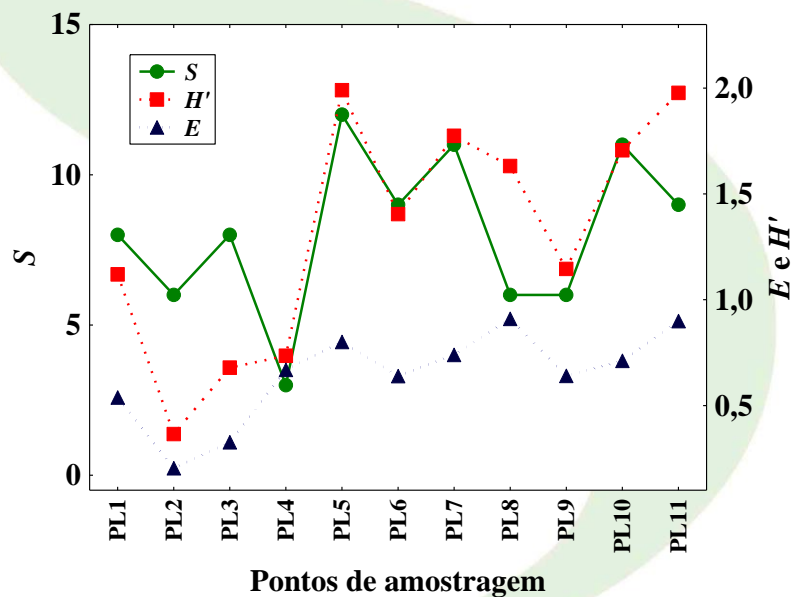


Figura 5-89. Variação espacial da Riqueza de espécies (S), do Índice de diversidade (H') e da Equitabilidade (E) do zooplâncton, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau, em janeiro de 2016.

Diversidade Beta

Os resultados de diversidade Beta, obtidos ao longo do monitoramento da área de influência do Canteiro de obra da UHE Jirau, evidenciaram, com algumas exceções, valores relativamente pouco variáveis (em torno de 15%) na área de estudo. Um baixo valor de Beta (inferior a 10%) foi observado apenas em novembro de 2013, enquanto que os mais elevados valores deste atributo (entre 20 e 30%) foram observados apenas em 4 períodos de amostragem, com destaque para o último período de amostragem, janeiro de 2016, quando o valor de Beta foi superior a 28% (**Figura 5-90**).

Em relação às fases do estudo (pré-represamento, enchimento e pós-represamento), nenhum padrão claro de variação temporal vem sendo observado, embora se mantenha ainda, uma tendência de incremento na heterogeneidade espacial da composição de espécies na fase de pós-represamento (com a grande maioria dos períodos com valores superiores a 15%) (**Figura 5-90**).

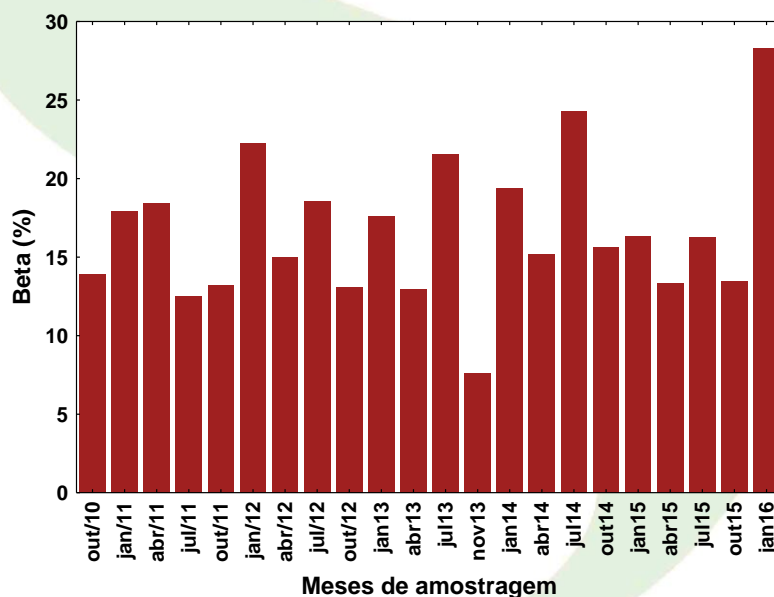


Figura 5-90- Variação temporal da Diversidade Beta do zooplâncton, calculada em cada mês, entre os pontos de amostragem, na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau.

Espécies indicadoras

Os resultados da Análise de Valor Indicador (**INVAL**), realizada a partir dos dados obtidos em janeiro de 2016, não evidenciaram a ocorrência de nenhum táxon com potencial bioindicador das condições ambientais vigentes na área de influência do canteiro de obras de Jirau, nem do rio Madeira, nem dos igarapés de 1ª e 2ª etapas. Ou seja, embora algumas espécies tenham ocorrido exclusivamente em um ou outro ambiente, não apresentaram frequência de ocorrência e abundância suficiente para um valor indicador significativo.

Frequência de ocorrência e dominância das espécies

Dentre as 39 espécies zooplanctônicas registradas em janeiro de 2016, na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, 27 foram consideradas importantes, seja em termos de frequência de ocorrência ou de abundância, tanto no rio Madeira ou nos igarapés, destacando-se os rotíferos com 10 espécies, seguidos por protozoários testáceos com 7 espécies, cladóceros com 4, e copépodes com 3 espécies, além das formas jovens desse último grupo (náuplios e copepoditos) (**Quadro 5-17**).

Para o rio Madeira, 7 espécies foram classificadas como abundantes, além das formas jovens de copépodes ciclopídeos, e 12 apresentaram elevada frequência de ocorrência (Constantes ou acessórias), sendo apenas os rotíferos Bdelloidea e os náuplius e copepoditos de ciclopídeos classificados como constante. Além destes, destacaram-se para este ambiente, em termos de abundância o copépode *Thermocyclops minutus* e suas larvas (náuplios de ciclopídeos) (**Quadro 5-17**).

Em relação aos igarapés, também 9 espécies foram consideradas importantes em termos de abundância, e 23 em termos de frequência de ocorrência (Constantes ou acessórias) (Tabela 6). Dentre estas destacaram-se, em termos de frequência de ocorrência, o testáceo *Centropyxis aculeata* o rotífero *Lecane bulla*, e especialmente, os náuplios de ciclopídeos. Em termos de abundância destacam-se, para estes igarapés as densidades de *Centropyxis aculeata*, entre os protozoários

testáceos, *Trichocerca similis*, entre os rotíferos, *Diaphanosoma spinulosum*, entre os cladóceros e os jovens de calanoida, entre os copépodes (**Quadro 5-17**).

Quadro 5-17 - Frequência de ocorrência, abundância e dominância das espécies do zooplâncton (valores em percentuais) na área de influência do UHE Jirau, em janeiro de 2016 (Apenas as espécies mais representativas em termos de frequência de ocorrência e dominância estão apresentadas) (Frequência: **constante**, presente em mais de 50% das amostras; **acessória**, presentes entre 25% e 50% das amostras; **raras/ausentes**, presentes em menos de 25% das amostras).

Frequência		Dominância	
	constante		dominante
	acessória		abundante
	Rara/ausentes		

ESPÉCIES	Frequência%		Dominância%	
	Rio	Tributários	Rio	Tributários
<i>Arcella conica</i>	14,3	25,0	3,1	0,0
<i>Arcella hemisphaerica</i>	28,6	25,0	4,7	2,3
<i>Arcella vulgaris</i>	0,0	25,0	0,0	7,0
<i>Arcella vulgaris undulata</i>	0,0	25,0	0,0	2,3
<i>Centropyxis aculeata</i>	28,6	75,0	6,3	9,4
<i>Centropyxis constricta</i>	0,0	25,0	0,0	0,0
<i>Cucurbitella dentata quinquilobata</i>	0,0	25,0	0,0	0,0
<i>Brachionus dolabratus</i>	28,6	0,0	1,6	0,0
<i>Platytas quadricornis quadricornis</i>	28,6	0,0	2,4	0,0
<i>Lecane bulla</i>	14,3	75,0	6,3	1,8
<i>Lecane cornuta</i>	14,3	25,0	3,1	1,8
<i>Lecane luna</i>	14,3	25,0	3,1	2,3
<i>Lecane leontina</i>	0,0	25,0	0,0	2,3
<i>Lecane papuana</i>	28,6	0,0	0,1	0,0
Bdelloidea	57,1	50,0	0,1	4,1
<i>Trichocerca similis</i>	0,0	25,0	0,0	16,3
<i>Macrochaetus sericus</i>	0,0	25,0	0,0	2,3
<i>Alona affinis</i>	0,0	25,0	0,0	2,3
<i>Macrothrix spinosa</i>	28,6	50,0	2,4	4,1

<i>Moina minuta</i>	14,3	25,0	0,0	2,3
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0,0	25,0	0,0	16,3
Náuplio de Cyclopoida	85,7	100,0	23,7	4,1
Copepodito de Cyclopoida	71,4	25,0	4,8	2,3
<i>Thermocyclops decipiens</i>	14,3	25,0	2,4	0,0
<i>Thermocyclops minutus</i>	28,6	0,0	14,2	0,0
Copepodito de Calanoida	28,6	25,0	0,1	11,7
<i>Notodiaptomus sp.</i>	28,6	25,0	4,7	4,7

Estrutura da comunidade (análises de DCA e CCA)

Os resultados obtidos para a estrutura da comunidade zooplânctonica, ao longo de todo o monitoramento da área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau, a partir de análises de ordenação como a Análise de Correspondência Destendenciada (DCA), tem evidenciado uma maior discriminação espacial, entre as amostras do rio Madeira e dos igarapés de 1ª e 2ª, do que temporal, entre as amostras dos períodos de pré e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau (**Figura 5-91**).

Assim, os diagramas de ordenação da DCA têm evidenciado as amostras do rio Madeira, em geral, mais negativamente correlacionadas ao eixo 1 da DCA, enquanto que as amostras dos Igarapés de 1ª e 2ª etapas têm sido mais positivamente correlacionadas a este eixo, apesar de alguma sobreposição entre amostras dos dois tipos de ambientes.

Nenhum padrão claro de diferenciação entre as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento) foi, ainda, evidenciado, embora pareça existir uma tendência de uma maior dispersão das amostras da fase de pós-enchimento no diagrama, especialmente aquelas tomadas no rio Madeira (em geral, mais negativamente correlacionadas ao eixo 1) (**Figura 5-91**). Isso poderia sugerir uma maior heterogeneidade espacial na organização da comunidade zooplanctônica, nesta fase de pós-enchimento.

Em relação às espécies, os resultados têm evidenciado que grande parte das espécies de protozoários testáceos e também parte dos cladóceros rotíferos, têm caracterizado as amostras dos igarapés. Por

outro lado, a maioria das espécies de rotíferos e algumas espécies de cladóceros e copépodes, especialmente aquelas tipicamente planctônicas, caracterizam grande parte das amostras do rio Madeira (**Figura 5-91**).

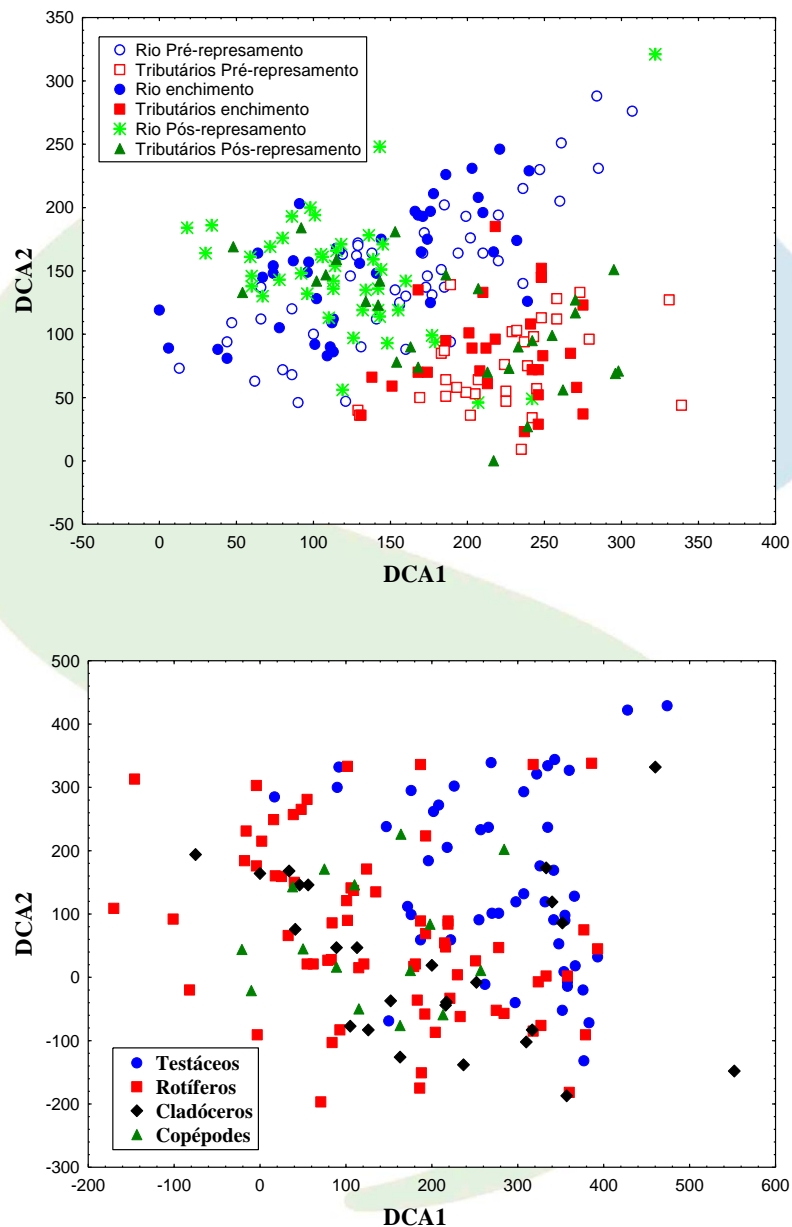


Figura 5-91- Distribuição dos escores das espécies, dos diferentes grupos zooplanctônicos, na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau, a partir de uma DCA baseada nos dados obtidos entre janeiro de 2010 e janeiro de 2016.

Os resultados obtidos a partir da Análise de Correlação Canônica (CCA) corroboram aqueles já descritos para a DCA, de forma que estestambém evidenciam uma marcada discriminação espacial das amostras, enquanto que temporalmente pouca segregação das amostras é observada.

Assim, as amostras do rio Madeira estiveram mais negativamente correlacionadas ao eixo 1 da CCA, e foram caracterizadas pelos maiores valores de condutividade elétrica, OD, fósforo total e turbidez, enquanto que as amostras dos igarapés de 1ª e 2ª etapas, têm sido caracterizadas pelos maiores valores de DBO e abundância fitoplanctônica (**Figura 5-92**).

Considerando-se a comunidade zooplanctônica, os resultados da CCA também evidenciam que grande parte das espécies de protozoários testáceos e diversas espécies de cladóceros e também de rotíferos, estiveram mais positivamente correlacionadas ao eixo 1 da análise, e tem caracterizado as amostras dos igarapés de 1ª e 2ª etapas, enquanto que grande parte das espécies de rotíferos e copépodes, bem como algumas espécies de cladóceros têm caracterizado as amostras do rio Madeira (**Figura 5-92**).

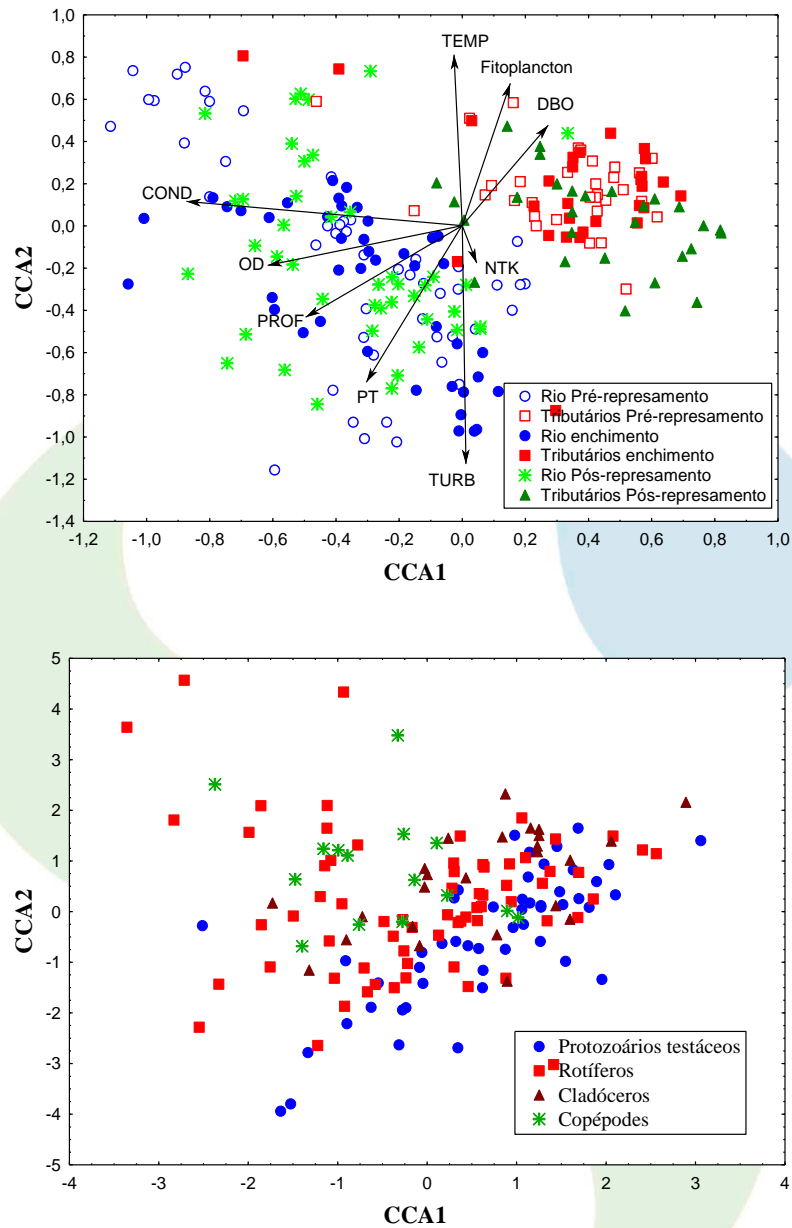


Figura5-92. Distribuição dos escores das espécies, dos diferentes grupos zooplancônicos, dos pontos de amostragem, e das variáveis limnológicas na área de influência do canteiro de obras da barragem de Jirau, a partir de uma CCA baseada nos dados obtidos entre janeiro de 2010 e janeiro de 2016.

Zoobentos

Composição

A comunidade bentônica foi composta por oito táxons, representada pelos filos Platyhelminthes, Mollusca, Annelida e Arthropoda em janeiro de 2016, na fase pós-enchimento. Neste mês, Gastropoda, Oligochaeta, Ceratopogonidae e Chironomidae foram os principais representantes no canteiro de obras da UHE Jirau, além do novo registro de Turbellaria (**Quadro 5-18**). Maior abundância relativa foi registrada pelos insetos aquáticos.

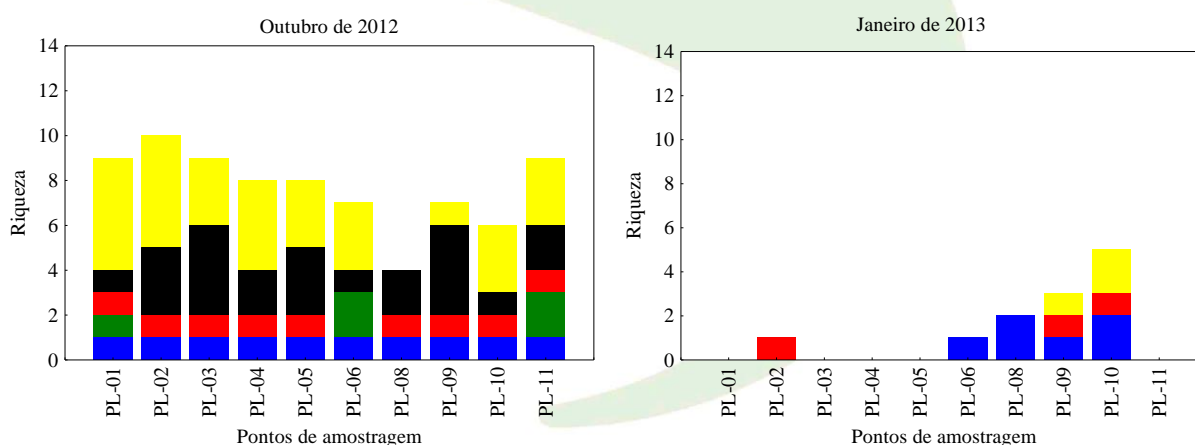
Quadro 5-18- Composição, riqueza e densidade (ind.m⁻²) dos invertebrados bentônicos no canteiro de obras da UHE Jirau, em janeiro de 2016.

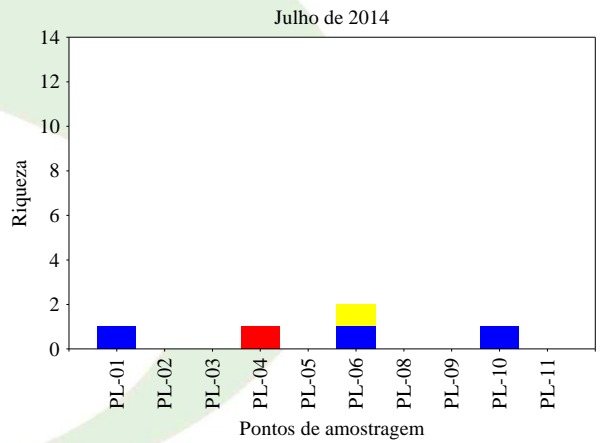
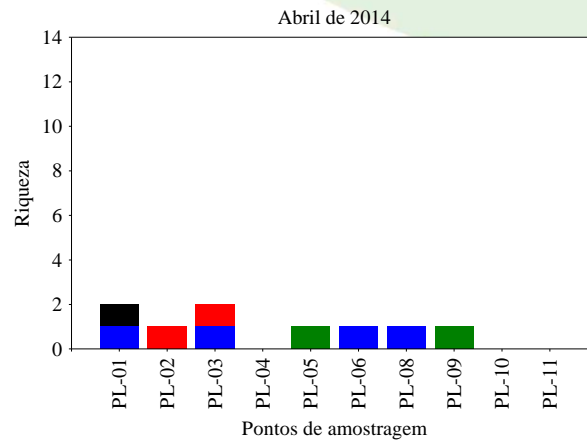
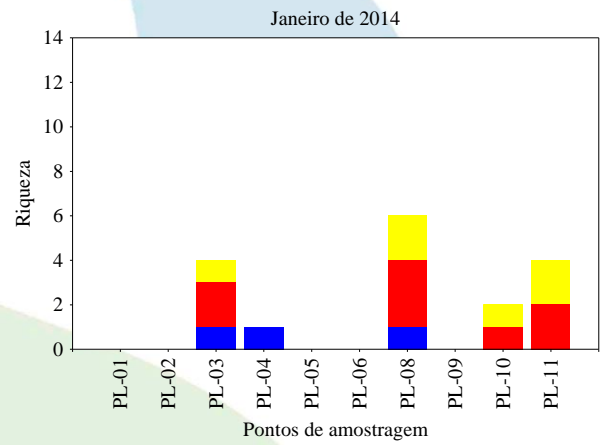
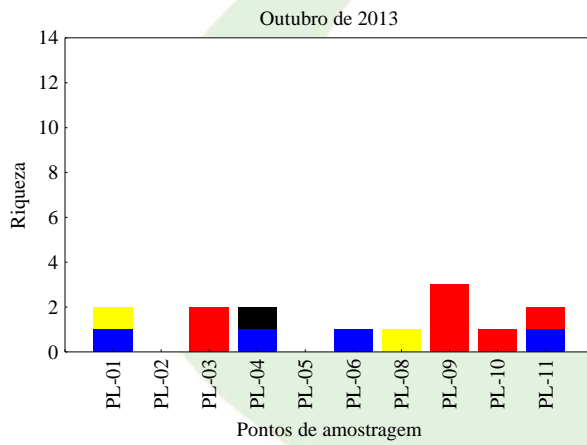
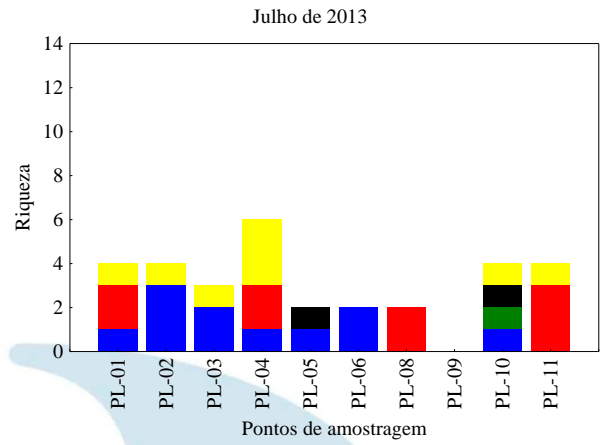
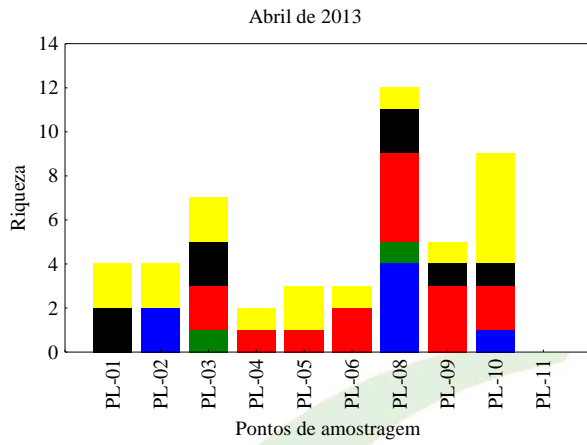
	PL-01	PL-02	PL-03	PL-04	PL-05	PL-06	PL-07	PL-08	PL-09	PL-10	PL-11
Filo Platyhelminthes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Turbellaria	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Filo Mollusca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Classe Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família Lymnaeidae	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
Filo Annelida											
Classe Oligochaeta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família Alluroididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brinkhurstia americanus</i>	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
Filo Arthropoda											
Classe Insecta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ordem Diptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Auluaudomyia</i> sp.	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
Família Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subfamília Tanypodinae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Larsia</i> sp.	0	0	0	13	0	0	0	0	13	0	0
Subfamília Chironominae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedokritus</i> sp.	0	26	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypedilum</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
<i>Tanytarsus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0

Os insetos aquáticos (principalmente Chironomidae) e anelídeos (Oligochaeta) foram, em geral, os principais representantes da fauna de invertebrados bentônica durante o período de monitoramento. A classe Insecta representa apenas cerca de 3% das espécies de insetos aquáticos, no entanto, compreende aproximadamente 95% da macrofauna dos corpos d'água (Willians e Feltmate, 1992).

Riqueza taxonômica

Em janeiro de 2016, maior valor de riqueza de invertebrados foi observado no tributário (ponto PL-09), representada pelas larvas de Chironomidae (**Quadro 5-18, Figura 5-93**). No final da fase de enchimento e início do pós-enchimento foi registrada baixa riqueza taxonômica, no entanto, em janeiro de 2015 observou um aumento na riqueza de invertebrados bentônicos, especialmente nos tributários. Durante o monitoramento, os valores de riqueza oscilaram no canteiro de obras da UHE Jirau, no rio Madeira (RO). Na fase de enchimento, em outubro de 2012 e julho de 2013 foram registrados maiores valores de riqueza taxonômica no rio Madeira, ao passo que em janeiro e abril de 2013 e janeiro de 2014, nos tributários. Em outubro de 2013 foi observada baixa riqueza de invertebrados no rio Madeira e tributários (**Figura 5-93**).





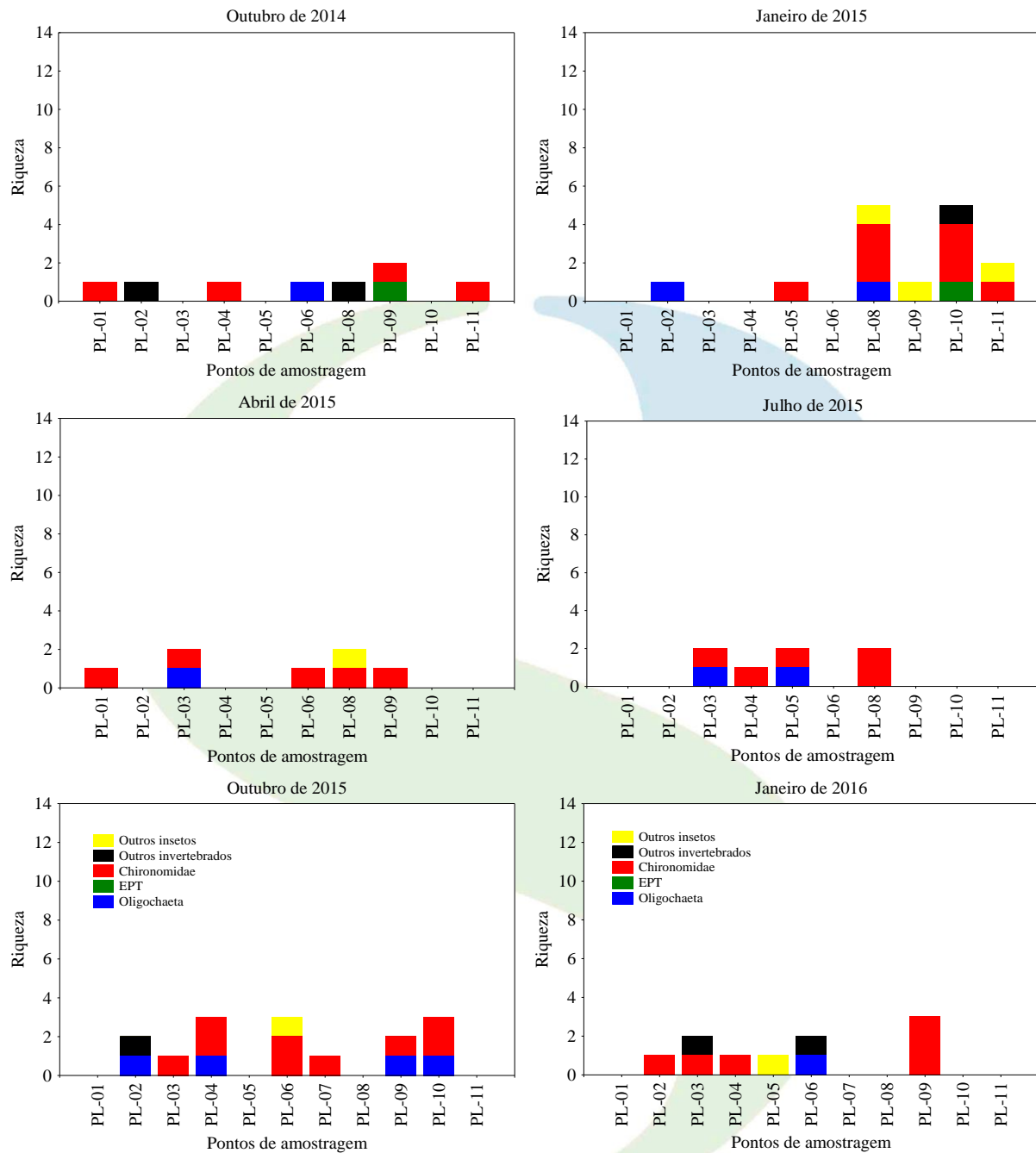


Figura 5-93- Variação espacial da riqueza de invertebrados no canteiro de obras da UHE Jirau, na fase de enchimento (outubro de 2012, janeiro, abril, julho e outubro de 2013, e janeiro e abril de 2014) e pós-enchimento (julho e outubro de 2014 e janeiro, abril, julho e outubro de 2015 e janeiro de 2016).

Diversidade beta

Na fase pós-enchimento, os maiores valores de diversidade beta foram registrados em outubro de 2015 e janeiro de 2016 no rio Madeira. Em julho de 2014, abril e julho de 2015, assim como em janeiro de 2016 não foram constatadas alteração na composição de invertebrados nos tributários. Na fase de enchimento, os resultados de diversidade beta evidenciaram maior alteração na composição taxonômica nos tributários, exceto em abril e outubro de 2013 e abril de 2014 (**Figura 5-94**).

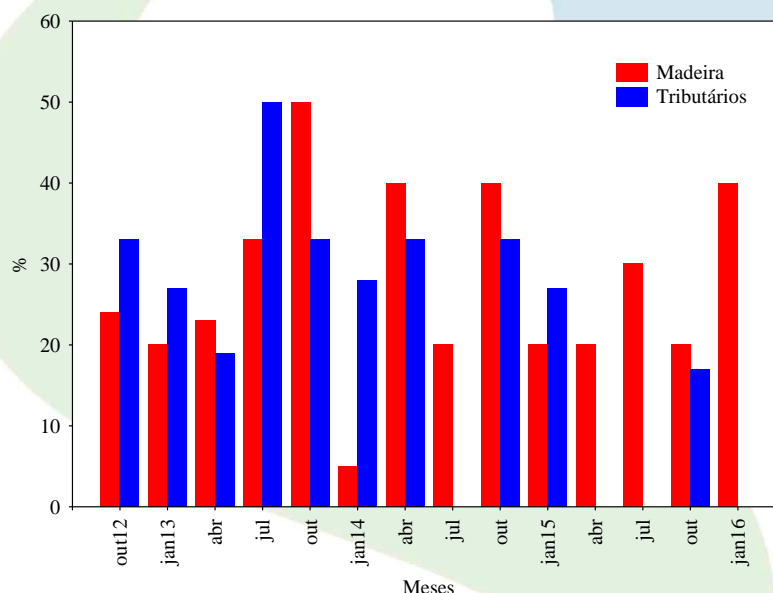


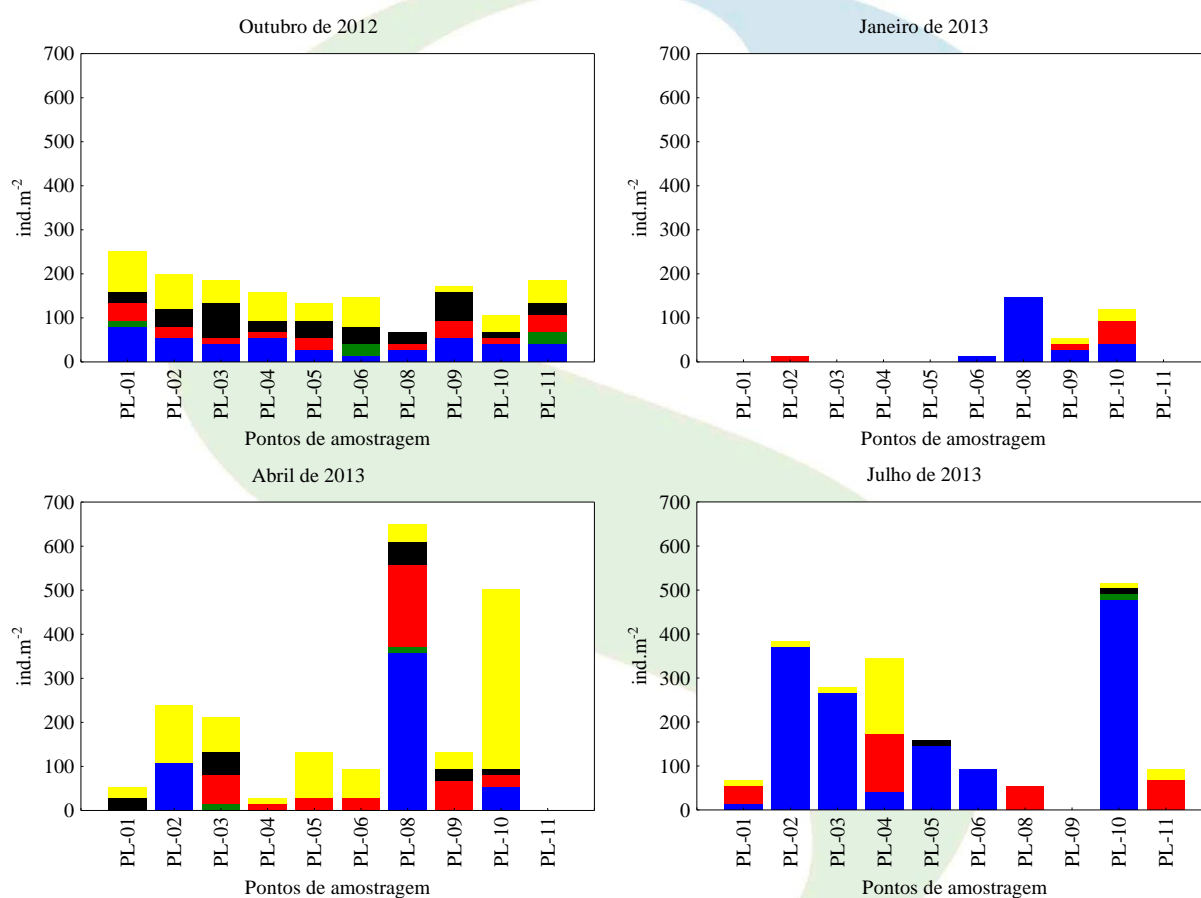
Figura 5-94- Variação espacial da diversidade Beta no canteiro de obras da UHE Jirau.

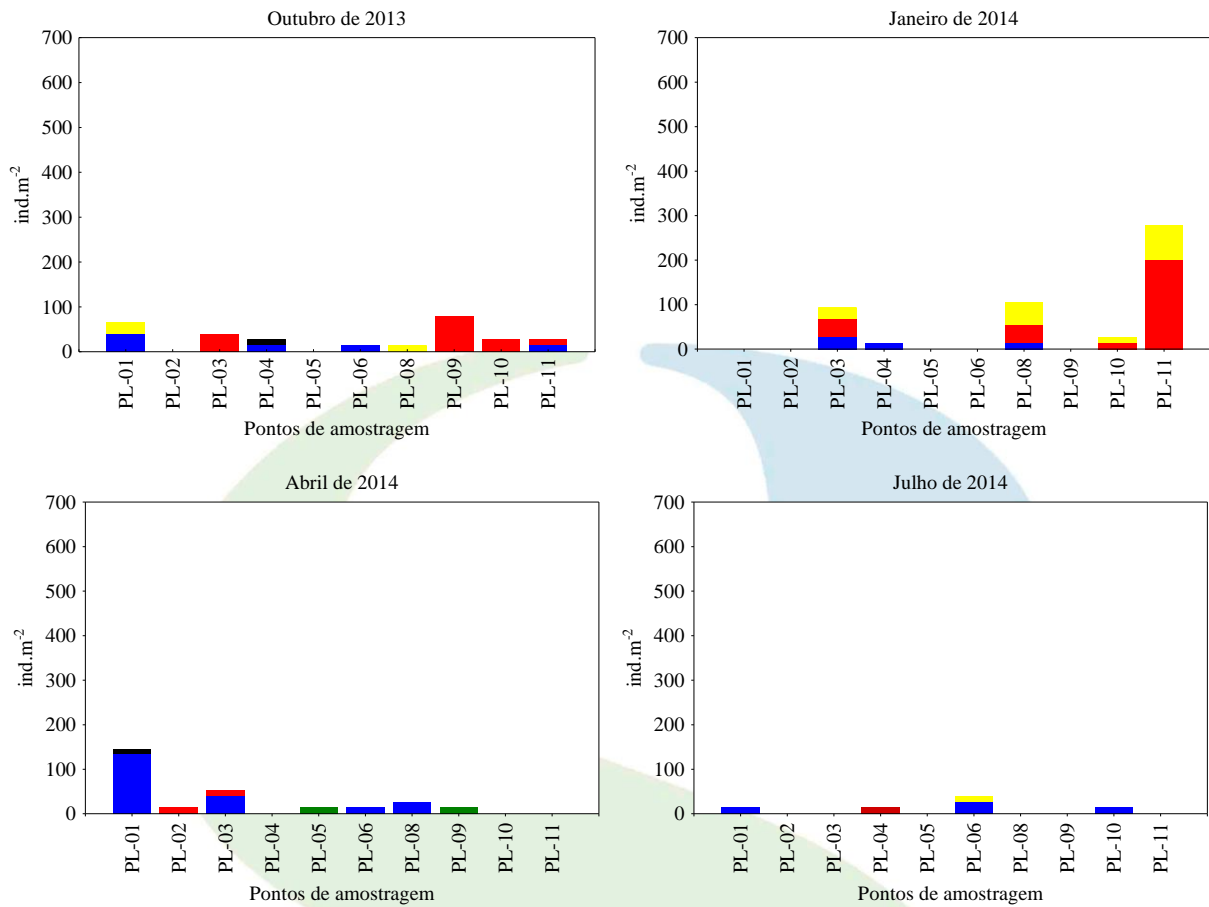
Densidade numérica

Na fase pós-enchimento, em janeiro de 2016, assim como em julho e outubro de 2014, abril e julho de 2015 foram registradas baixa densidade de invertebrados bentônicos. Maiores densidades de organismos foram registradas em janeiro (nos tributários) e outubro de 2015 (rio Madeira),



representada principalmente por insetos aquáticos. Na fase de enchimento, maiores densidades de invertebrados foram registradas em outubro de 2012, abril e julho de 2013 no canteiro de obras da UHE Jirau, representados principalmente por Oligochaeta e Chironomidae. Por outro lado, baixas densidades de organismos foram observadas em janeiro e outubro de 2013 e abril de 2014 (**Figura 5-95**). As larvas de Chironomidae e Oligochaeta foram os grupos, em geral, mais abundantes no rio Madeira e tributários.





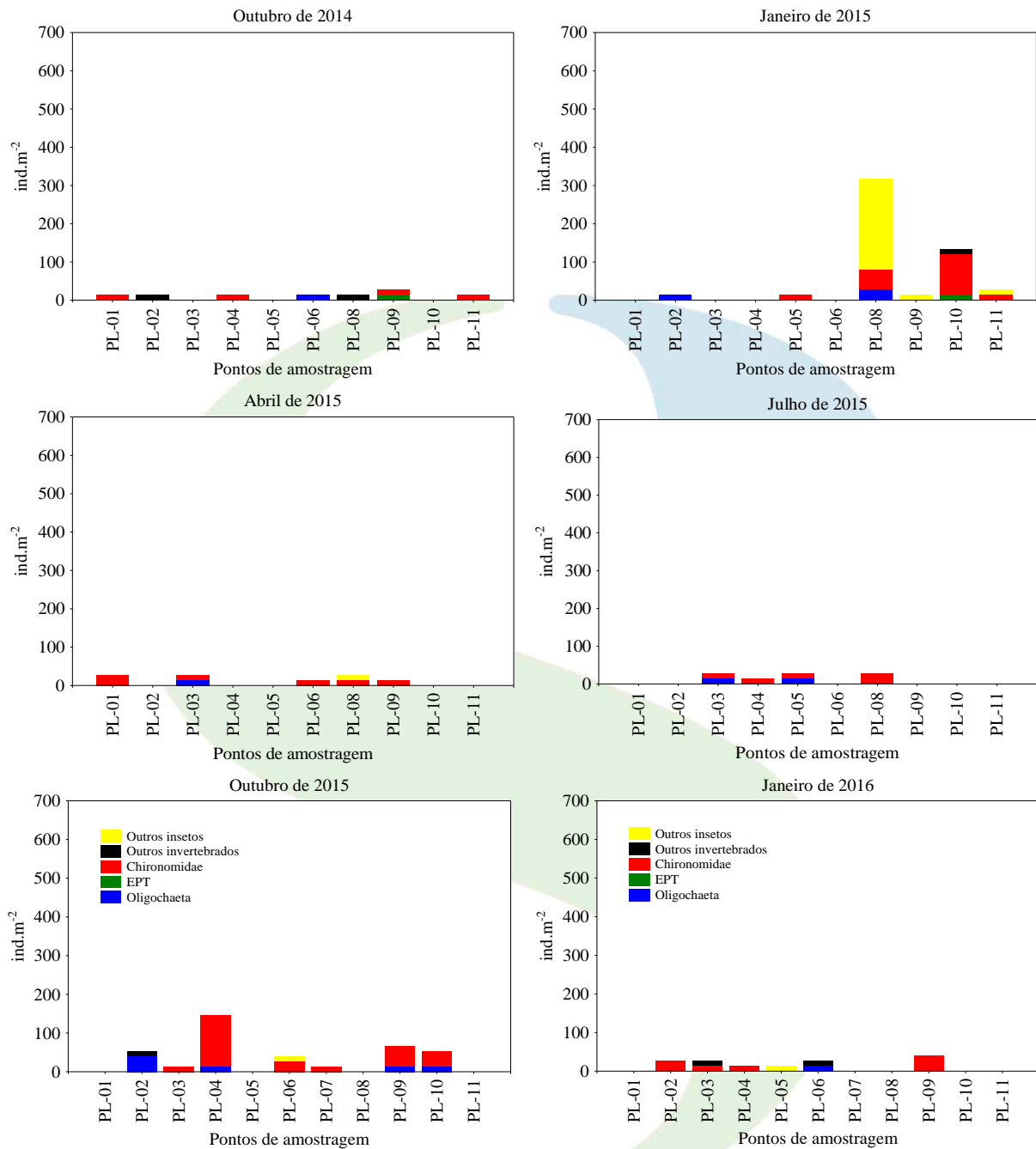


Figura 5-95- Variação espacial da densidade de invertebrados bentônicos no canteiro de obras da UHE Jirau, na fase de enchimento (outubro de 2012, janeiro, abril, julho e outubro de 2013, e janeiro e abril de 2014) e pós-enchimento (julho e outubro de 2014 e janeiro, abril, julho e outubro de 2015 e janeiro de 2016).



Oligochaeta representa um dos grupos mais abundantes e diversificados na comunidade bentônica de rios, córregos, lagos e reservatórios (Marchese, 1994, Sporka, 1998, Peraltas et al., 2002, Alves et al., 2006, Dornfeld et al., 2006). Chironomidae constitui um dos principais organismos bentônicos, tendo em vista sua elevada abundância, biomassa e diversidade (Coffman e Ferrington Jr., 1996; Higuti et al., 1993; Spies e Reiss, 1996, Moretto et al., 2003; Higuti, 2004). Ambos os grupos possuem ampla distribuição e se adaptam a diversas condições ambientais (Suriano e Fonseca-Gessner, 2004; Pamplin et al., 2005), características que permitem habitarem praticamente todos os habitats aquáticos, como por exemplo, a área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau.

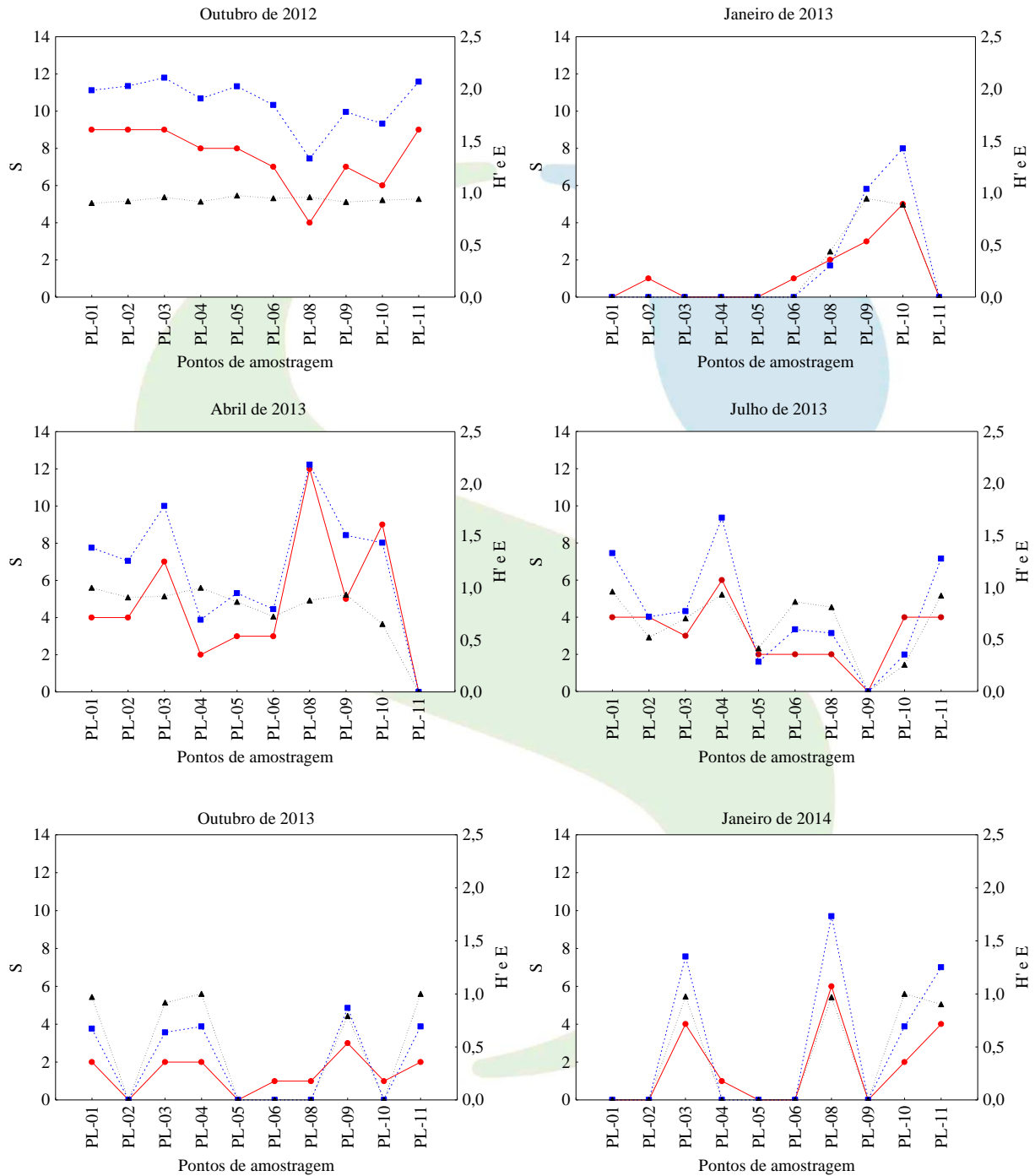
Em janeiro de 2016, nenhum representante de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi registrado na área de influência do canteiro de obras da UHE Jirau. Da mesma forma, nenhum indivíduo de EPT foi registrado em janeiro e outubro de 2013 e janeiro de 2014 (fase de enchimento), julho de 2014, abril, julho e outubro de 2015 (fase pós-enchimento). Em janeiro de 2015 e outubro de 2014 foram observados apenas Ephemeroptera nos tributários. Em abril de 2014, Trichoptera (ponto PL-05) e Ephemeroptera (ponto PL-09) foram registradas no rio Madeira e tributário, respectivamente. Em outubro de 2012 foi registrada Ephemeroptera e Trichoptera, e em abril e julho de 2013, Trichoptera e Ephemeroptera, respectivamente (Figura 4). EPT, são insetos geralmente sensíveis a perturbações ambientais e, vivem principalmente em águas limpas e bem oxigenadas. Devido a essas características, essa fauna é comumente considerada um bom indicador da qualidade da água (Righi-Cavallaro et. al, 2010; Bagatini et al., 2012).

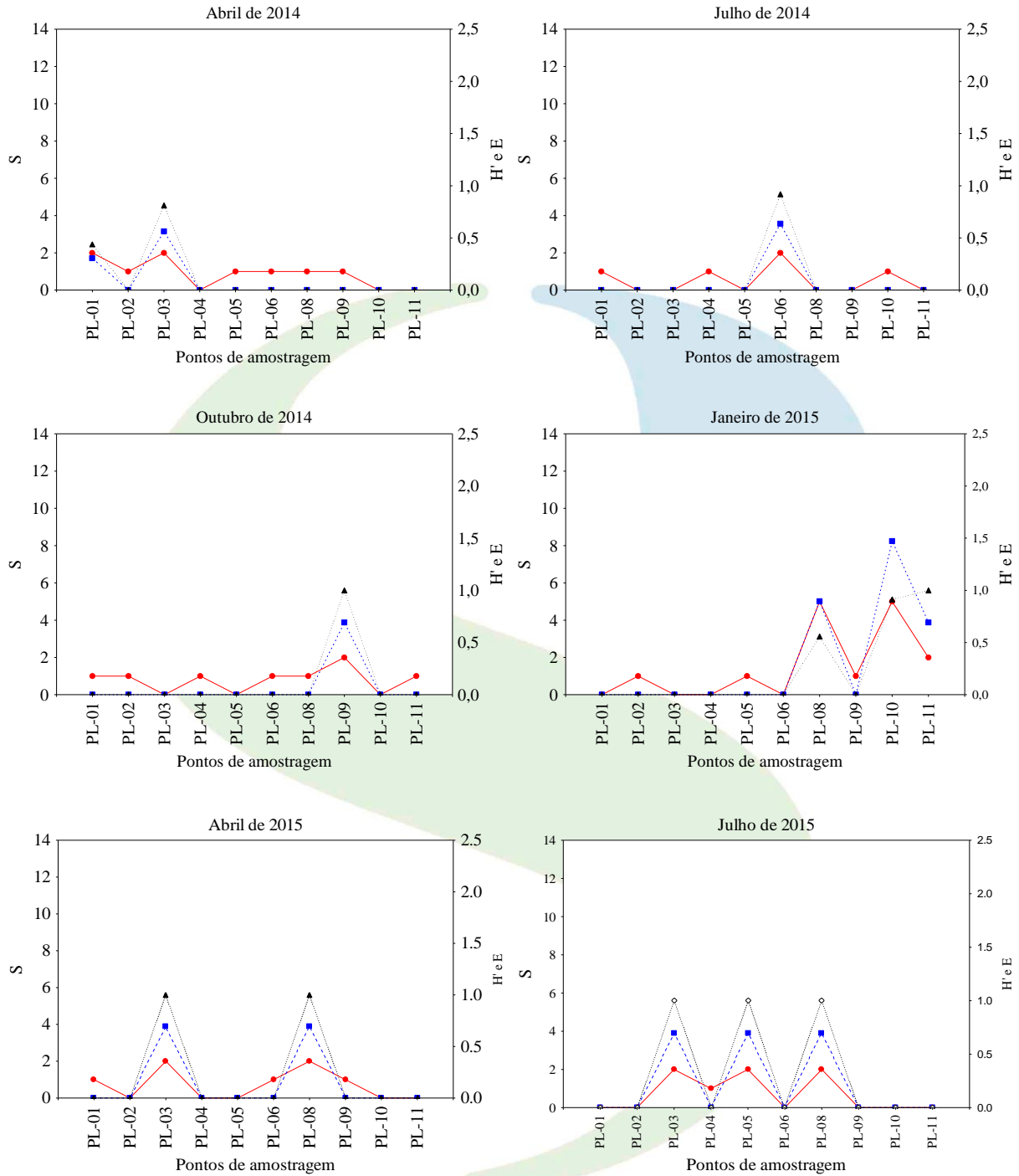
Diversidade de táxons e equitabilidade

Maiores valores de diversidade e equitabilidade foram observadas no ponto PL-09 (tributário), no entanto, os valores destes atributos, em geral, foram baixos em janeiro de 2016. Na fase pós-enchimento, exceto em janeiro de 2015, baixos valores de diversidade foram registrados no rio Madeira e seus tributários. Maiores valores de diversidade de Shannon foram constatados na fase de enchimento, em outubro de 2012 (rio Madeira), janeiro (tributário), abril (tributário) e julho de 2013



(rio Madeira) e janeiro de 2014 (tributário). Durante o monitoramento, nenhum padrão temporal e/ou espacial tem sido observado para riqueza, diversidade de Shannon e equitabilidade (**Figura 5-96**).





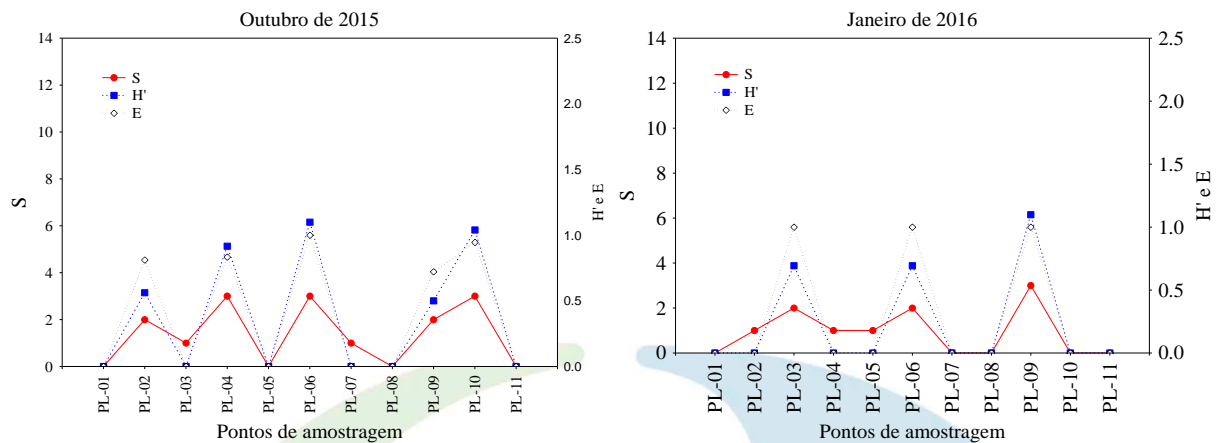


Figura 5-96- Riqueza (S), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (E) da comunidade bentônica no canteiro de obras da UHE Jirau, entre outubro de 2012 e janeiro de 2016.

Índice de espécies indicadoras (IndVal)

Os resultados do IndVal não evidenciaram táxons de invertebrados bentônicos potencialmente indicadoras em janeiro de 2016.

Táxons abundantes e dominantes

Os resultados de frequência e dominância dos invertebrados bentônicos são mostrados no **Quadro 5-19**. Em janeiro de 2016, *Larsia sp.*, *Polypedilum sp. 2* e *Tanytarsus sp.* foram abundantes e acessórios nos tributários. No rio Madeira, *Aedokritus sp.* foi abundante e acessório. Além deste táxon, Turbellaria, Limnaeidae, *Brinkhurstia americanus*, *Auluaudomyia sp.* e *Larsia sp.* foram também abundantes no rio Madeira.

Quadro 5-19 - Frequência de ocorrência, abundância e dominância dos táxons zoobentônicos (valores em percentuais) na área de influência do UHE Jirau, em janeiro de 2016 (Apenas as espécies mais representativas em termos de frequência de ocorrência e dominância estão apresentadas) (Frequência: **constante**, presente em mais de 50% das amostras; **acessórias**, presentes entre 25% e 50% das amostras; **raras/ausentes**, presentes em menos de 25% das amostras).

Frequência		Dominância	
	constante		dominante
	acessória		abundante
	Rara/ausentes		

Táxons	Frequência%		Dominância%	
	Rio	Tributários	Rio	Tributários
Turbellaria	17		13	
Lymnaeidae	17		13	
<i>Brinkhurstia americanus</i>	17		13	
<i>Auluaudomyia</i> sp.	17		13	
<i>Larsia</i> sp.	17	33	13	33
<i>Aedokritus</i> sp.	33		38	
<i>Polypedilum</i> sp. 2	17	33		33
<i>Tanytarsus</i> sp.	17	33		33

Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os autovalores dos eixos 1 e 2 da DCA foram 0,33 e 0,21, respectivamente. Os resultados da DCA evidenciaram, em geral, uma maior discriminação entre as fases pré e enchimento/pós, apesar de algumas sobreposições. A maioria dos pontos da fase pré-enchimento foi discriminada a esquerda do diagrama, ao passo que os pontos de amostragem da fase de enchimento e pós foram distribuídos no lado direito do diagrama (**Figura 5-97**).

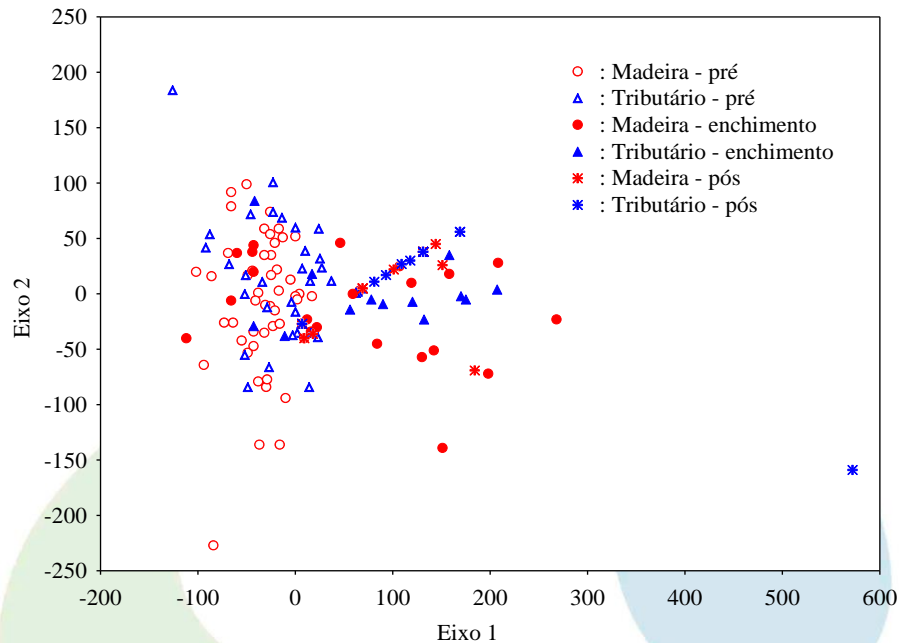


Figura 5-97- Distribuição dos escores da DCA, derivada da densidade de invertebrados bentônicos do rio Madeira (vermelho) e tributários (azul), durante o período de monitoramento.

O eixo 1 da CCA foi significativo de acordo com o teste de Monte Carlo, e discriminou, em geral, as fases pré e enchimento/pós. Entre as variáveis selecionadas para a análise, demanda química de oxigênio (DQO, -0.36) foi negativamente correlacionada com o eixo 1, e oxigênio dissolvido (OD, 0.30) positivamente com este eixo. Em relação à comunidade de invertebrados bentônicos, os resultados da CCA evidenciaram uma fauna representada principalmente por Annelida (Oligochaeta) e Diptera (insetos, em especial Chironomidae) na fase de enchimento e pós-enchimento, ao passo que na fase pré-enchimento, além destes grupos taxonômicos, EPT foi também relevante no canteiro de obras da UHE Jirau (**Figura 5-98**).



reservatório sobre os parâmetros limnológicos estudados. Tais resultados corroboram àqueles encontrados no Programa de Monitoramento Limnológico da UHE Jirau.

Em média, os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira, demonstrando a elevada concentração de íons nesse ambiente, incluindo íons carbonato e bicarbonato. As maiores concentrações de fósforo total, NTK, nitrato e nitrogênio amoniacal também foram mensuradas nos pontos localizados no rio Madeira, assim como observado durante o monitoramento na fase pré-enchimento. Assim, pode-se afirmar que durante o período de enchimento e nessa fase pós-enchimento, não houve alterações significativas nas características limnológicas do trecho estudado.

Desta maneira, pode-se afirmar que não há associação entre as características limnológicas do trecho monitorado e as atividades desenvolvidas no canteiro de obras da UHE Jirau. As variações observadas são intrínsecas desses ambientes e da sazonalidade da região.

Considerando ainda o período de operação das unidades geradoras (**Quadro 5-20**), e, conseqüentemente, a desativação do Canteiro de Obras, na margem direita do rio Madeira, sugere-se a interrupção do monitoramento do Canteiro de Obras na margem direita do rio Madeira. Além disso, os tributários analisados nessa margem do rio Madeira não apresentaram diferenças entre as fases do empreendimento (fase pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento), e as características limnológicas desses tributários, tanto características abióticas quanto biológicas têm sido similares aos demais tributários estudados na área de influência da UHE Jirau.



Quadro 5-20 – Operação das unidades geradoras da UHE Jirau.

OPERAÇÃO COMERCIAL			
SEQUENCIA	UG	DATA	
4	UG01	22/02/2014	
5	UG02	08/03/2014	
8	UG03	26/04/2014	
9	UG04	03/06/2014	
11	UG05	29/07/2014	
14	UG06	09/10/2014	
13	UG07	18/09/2014	
16	UG08	30/10/2014	
21	UG09	08/01/2015	
22	UG10	03/02/2015	
36	UG11	21/10/2015	
26	UG12	04/03/2015	
24	UG13	04/03/2015	
23	UG14	06/02/2015	
27	UG15	28/04/2015	
35	UG16	01/10/2015	
39	UG17	06/01/2016	
40	UG18	06/01/2016	
38	UG19	06/01/2016	
37	UG20	11/12/2015	
34	UG21	04/09/2015	
33	UG22	31/07/2015	
32	UG23	25/06/2015	
30	UG24	11/06/2015	
31	UG25	17/06/2015	
29	UG26	21/05/2015	
28	UG27	08/05/2015	
25	UG28	04/03/2015	
MARG EM ESQUE RDA	1	UG29	06/09/2013
	3	UG30	19/02/2014



7	UG31	24/04/2014
10	UG32	10/07/2014
15	UG33	23/10/2014
17	UG34	06/11/2014
20	UG35	18/12/2014
19	UG36	06/12/2014
18	UG37	25/11/2014
12	UG38	04/09/2014
6	UG39	08/03/2014
2	UG40	12/02/2014
41	UG41	16/01/2016
*	UG42	FASE DE MONTAGEM
*	UG43	FASE DE MONTAGEM
*	UG44	FASE DE MONTAGEM
*	UG45	FASE DE MONTAGEM
*	UG46	FASE DE MONTAGEM
*	UG47	FASE DE MONTAGEM
*	UG48	FASE DE MONTAGEM
*	UG49	FASE DE MONTAGEM
*	UG50	FASE DE MONTAGEM

*ORDEM NÃO DEFINIDA

6 INDICADORES

O **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o *status* de atendimento aos indicadores de desempenho do programa.

Quadro 6-1 – *Status* de atendimento aos indicadores de desempenho

INDICADORES	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Análise dos parâmetros físico-químicos em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de implantação e enchimento.</p> <p>Análise das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos durante as fases de implantação e enchimento.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Durante a fase de implantação do empreendimento (pré-enchimento), foram realizadas 12 campanhas trimestrais, com análises físicas, químicas e biológicas em 20 estações de monitoramento.</p> <p>Além destes pontos, foram adicionados, a partir de outubro de 2012, conforme determinado no item 1.6-i do Ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA e na condicionante 2.5 da LO nº 1097/2012, 11 novos pontos de monitoramento, sendo estes: 08 (oito) localizados nos tributários, a montante do local já monitorado, ou seja, em regiões lóxicas, 02 (dois) localizados na área alagada do rio mutum paraná e 01 (um) localizado no ponto de captação da ETA de nova mutum paraná (ponto PCAP).</p> <p>Em dezembro de 2013 também foi adicionado um ponto de coleta no igarapé Raul, totalizando 32 pontos de monitoramento.</p> <p>Entre outubro de 2012 e maio de 2014 (período de enchimento do reservatório), foram realizadas 20 (vinte) campanhas mensais, onde realizou-se análises numéricas para a interpretação dos resultados. As coletas referentes aos materiais biológicos foram realizadas em 10 (dez) campanhas (outubro e dezembro de 2012, fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2013, fevereiro e</p>



		abril de 2014).
<p>Análise dos parâmetros físico-químicos.</p> <p>Análise das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos em todas as campanhas de campo executadas durante a fase de operação do reservatório.</p>	Atendido	Durante essa fase atual pós-enchimento, foram realizadas 15 campanhas mensais, com análises físicas, químicas e biológicas em 32 estações de monitoramento.
Realizar campanhas de campo trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.	Atendido	Durante a fase de implantação (pré-enchimento do reservatório), foram realizadas 12 campanhas trimestrais, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.
Realizar campanhas de campo mensais, durante um ano após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização), para análises físicas, químicas e bacteriológicas, sendo que as análises biológicas serão realizadas com frequência bimestral.	Atendido	Desde o início do enchimento, em outubro de 2012, até o mês de maio de 2014, foram realizadas 20 (vinte) campanhas mensais de monitoramento, com análises físicas e químicas. As análises biológicas foram realizadas bimestralmente nesta etapa de implantação do empreendimento.
Realizar campanhas de campo trimestrais, durante 8 anos da operação (fase reservatório), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.	Em atendimento	<p>Considerando que o término da 3ª fase do enchimento ocorreu em maio de 2014, assim, de acordo com o PBA, o monitoramento mensal passou a ser trimestral a partir de maio de 2015.</p> <p>Foram realizadas campanhas em julho de 2015 (tendo em vista que a última campanha completa havia ocorrido em abril de 2015), outubro de 2015 e janeiro de 2016.</p>
<p>Realizar análises numéricas e qualitativas dos resultados limnológicos obtidos para caracterização das variações temporais e espaciais.</p> <p>Aplicação de testes estatísticos (análises</p>	Atendido	Em todos os relatórios técnicos são apresentadas análises estatísticas com o objetivo de verificar as variações temporais e espaciais dos dados abióticos e biológicos.



<p>univariadas e multivariadas).</p>		
<p>Relacionar resultados limnológicos obtidos às alterações sazonais características dos períodos de enchente, cheia, vazante e seca.</p> <p>Aplicação de testes estatísticos e interpretação dos gráficos apresentados nos relatórios técnicos.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Em todos os relatórios técnicos são apresentados os dados consolidados dos meses anteriores de coleta, com o objetivo de verificar as mudanças sazonais. Além disso, as análises estatísticas multivariadas também auxiliam nessa avaliação.</p>
<p>Análise do perfil vertical da coluna d'água.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Durante a fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca, onde foi analisado o perfil vertical do ponto P18 (parâmetros físicos, químicos e biológicos). O perfil vertical nos tributários foi analisado durante o período de cheia ou águas altas, ou seja, em abril de 2010, abril de 2011 e abril de 2012.</p> <p>No período entre outubro de 2012 a março de 2016 (fase de enchimento e pós-enchimento), foram realizadas 35 campanhas, onde analisou-se o perfil vertical dos parâmetros físicos e químicos (alguns parâmetros limnológicos) de todos os pontos de monitoramento, incluindo o ponto P18-MAD 5 (total de 32 pontos).</p> <p>No entanto, a análise do perfil vertical das comunidades aquáticas foi realizada bimestralmente, entre outubro de 2015 e abril de 2015, somente no ponto P18-MAD 5 e nos tributários somente no período de águas altas (por exemplo em abril de 2013, abril de 2014, abril de 2015 e abril de 2016). A partir de abril de 2015, o perfil vertical das comunidades aquáticas passou a ser realizado trimestralmente no ponto p18 e nos tributários somente no período de águas altas.</p>



<p>Análise do ciclo nictemeral.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 05 (cinco) campanhas para a análise do ciclo nictemeral, tendo a ESBR solicitado ao IBAMA a interrupção de tal estudo.</p> <p>Entretanto, em atendimento ao item 1.6-c do ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, deu-se continuidade a esta análise após o início do enchimento do reservatório, e até o mês de março de 2016, foram realizadas 07 (sete) campanhas (outubro de 2012, abril e outubro de 2013, abril e outubro de 2014, abril e outubro de 2015).</p>
<p>Comparar os resultados obtidos aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005.</p> <p>Desde a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, até o mês de março de 2016, foram realizadas 35 campanhas de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites estabelecidos pela referida resolução.</p>
<p>Cálculo do índice de qualidade da água (IQA) e do índice do estado trófico (IET).</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase de pré-enchimento, foram realizadas 12 campanhas trimestrais de monitoramento, tendo sido calculado o IQA e o IET de cada ponto de coleta (20 estações).</p> <p>No período de outubro de 2012 a março de 2016 (período de enchimento e pós-enchimento), foram realizadas 35 campanhas de monitoramento, onde foi calculado o IQA e IET de cada ponto de coleta (32 estações).</p>
<p>Criar e alimentar um banco de dados georreferenciado para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Os dados e resultados obtidos no programa estão sendo estruturados, armazenados e espacializados no sistema de gerenciamento de informações</p>



		georreferenciadas (SISGIG) da UHE Jirau.
<p>Elaborar modelo matemático para prognóstico da qualidade da água para o corpo central, tributários e jusante do reservatório que permitirá avaliar diferentes cenários, incluindo os primeiros meses de enchimento.</p>	<p>Em atendimento</p>	<p>Foram desenvolvidos pela COPPE/UFRJ prognósticos da qualidade da água do reservatório da UHE Jirau e a jusante deste, os quais subsidiaram a emissão das autorizações de supressão de vegetação (ASV), assim como a proposta de redução de supressão de vegetação até a cota 84,0m.</p> <p>Conforme requerido no parecer técnico (PT) nº 127/2012 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, encontra-se em elaboração pela COPPE/UFRJ um novo prognóstico da qualidade da água do reservatório da UHE Jirau para a etapa 3 de enchimento, considerando a proposta de redução de supressão de vegetação acima da cota 84,0 m.</p> <p>O relatório completo, contendo os resultados do prognóstico da qualidade da água para a etapa 3 de enchimento do reservatório, incluindo as informações solicitadas em reunião realizadas no dia 04 de julho de 2013 e aquelas constantes no ofício mencionado acima, foi protocolado no IBAMA no dia 19/08/2013 através da correspondência IT/AT 1250-2013 em respostas aos Ofícios nº 1218/2012 /DLIC/IBAMA e nº 02001.009779-2013-77.</p> <p>Em 31/10/2013 o IBAMA através do Ofício nº 02001.013238/2013-43 DILIC/IBAMA, encaminhou através do parecer técnico nº 6536/2013 aprovando a proposta de redução de vegetação e consequentemente, encaminhando análise do prognóstico da qualidade de água para etapa 3 de enchimento (R4f), o qual deferiu o referido prognóstico.</p> <p>A ESBR protocolou no IBAMA a correspondência IT/TS 1938-2013, encaminhando nova modelagem numérica</p>



		<p>desenvolvida pela COPPE/UFRJ (R4h), incluindo a carga orgânica adicional do material lenhoso localizado na região do igarapé Raul, além da carga do fragmento do lote 1 e.</p> <p>Considerando a emissão do Ofício nº 02001.0005422014-10 GABIN-PRESI, autorizando a etapa 3 de enchimento do reservatório, entende-se que tal relatório foi aprovado pelo IBAMA.</p> <p>Com a passagem da cheia excepcional, ocorreram alterações das condições das seções da calha fluvial do rio Madeira e tributários, com depósitos de sedimentos e processos erosivos, havendo a necessidade de executar novos levantamentos batimétricos, transversais e longitudinais, de forma a possibilitar o ajuste da malha do modelo desenvolvido pela COPPE/UFRJ e, após esta etapa, desenvolver o prognóstico de qualidade da água na fase de operação do empreendimento.</p> <p>Este levantamento foi realizado nos meses de fevereiro e março de 2015, após o reservatório da UHE jirau alcançar novamente a cota 90,0 m, e os resultados foram apresentados no dia 23/03/2015, por meio da correspondência IT/TS 395-2015.</p> <p>Com estas informações, a COPPE/UFRJ está ajustando a malha do modelo bidimensional desenvolvido para a UHE jirau. Os dados levantados estão sob análise da COPPE/UFRJ, com previsão de conclusão do trabalho em maio de 2016.</p>
<p>Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação dos processos hidrobiogeoquímicos.</p> <p>Fornecer informações sobre a qualidade</p>	<p>Atendido</p>	<p>As interfaces deste programa estão descritas no Item 7 deste relatório.</p>

<p>da água indispensáveis para o estudo da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas.</p> <p>Fornecer informações sobre aspectos limnológicos essenciais para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna.</p> <p>Fornecer informações sobre qualidade da água no ecossistema aquático de interesse para saúde pública.</p> <p>Fornecer informações sobre os resultados do monitoramento da comunidade bentônica, priorizando as famílias de insetos aquáticos de ephemeroptera, plecoptera e trichoptera, heteroptera e odonata de interesse para o programa de conservação da fauna.</p> <p>Fornecer informações sobre as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes à comunicação social e à educação ambiental.</p>		
<p>Implantar sistema de monitoramento em tempo real a montante (fases rio, enchimento e operação) e jusante do eixo da barragem do reservatório (fase operação), caso os resultados do modelo prognóstico mostrem tal necessidade.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Foram implantados, em parceria com o instituto internacional de ecologia (IIE), 02 (dois) sistemas de monitoramento da qualidade da água em tempo real, sendo um a montante e o outro a jusante do barramento da UHE Jirau.</p>

7 INTERFACES

O **Quadro 7-1** apresenta, de forma sucinta, as interfaces elencadas no PBA da UHE Jirau e o *status* quanto ao seu atendimento.



Quadro 7-1– Status de atendimento às propostas de interface com outros programas.

PROGRAMAS DE INTERFACE	PROPOSTA	STATUS DE ATENDIMENTO
Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.	Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.	Atendida. Resultados do monitoramento limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, conforme descrito nos relatórios técnicos deste programa.
Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.	Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.	Atendida. Resultados do monitoramento limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, conforme descrito nos relatórios técnicos deste programa
Programa de Conservação da Ictiofauna.	Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.	Em atendimento, conforme a necessidade do programa, os resultados do Monitoramento Limnológico são encaminhados.
Programa de Conservação da Fauna Silvestre.	Fornecer informações sobre a comunidade biológica.	Não aplicável. Os locais monitorados não são os mesmos do Programa de Conservação da Fauna Silvestre.
Programa de Saúde Pública.	Fornecer informações sobre a presença de coliformes termotolerantes e cianobactérias na água.	Mensalmente são coletadas e analisadas o padrão da qualidade da água no ponto de captação de abastecimento público, onde os laudos e suas análises são encaminhadas à concessionária periodicamente. As informações repassadas pelos técnicos do monitoramento Limnológico são importantes para o acompanhamento da qualidade de água para consumo humano, fatores físico-químicos que interferem na qualidade da água, coliformes fecais, DVH – doenças de veiculação hídrica (rotavirose, diarreias, verminoses etc.), contaminação por esgotos domésticos e industriais, contaminação por metais



		<p>pesados, questão da circulação de água do reservatório com o monitoramento de vetores; criadouros de vetores (arboviroses, malária, mansonelose e oncocercose).</p>
<p>Programa de Comunicação Social e Programa de Educação Ambiental</p>	<p>Fornecer informações sobre a qualidade da água.</p>	<p>Quando necessário nas campanhas de comunicação e nas atividades de educação ambiental são utilizados os dados de qualidade de água.</p> <p>No Canteiro de Obras são realizadas campanhas com diversos objetivos e dentre os assuntos são inseridas informações e informativos sobre a qualidade da água e seu uso consciente.</p> <p>No dia 08 de agosto de 2014, a energia sustentável do brasil s.a. (ESBR) recebeu o Ofício nº 02001.008459/2014-81 DILIC/IBAMA, através do qual este instituto apresentou observações e recomendações sobre a vistoria realizada no mês de junho de 2014 nas comunidades contempladas no programa de monitoramento e apoio à atividade pesqueira.</p> <p>Neste documento o IBAMA destacou, em alguns trechos, a preocupação de pescadores de certas localidades monitoradas em função de uma "suposta" contaminação do pescado e da água, causada pela cheia histórica do rio madeira, que estaria prejudicando a comercialização dos peixes.</p> <p>Desta forma, conforme informado na nota técnica elaborada em resposta ao referido Ofício, protocolada em 8 de setembro de 2014, através da correspondência IT/LF 1421-2014, a ESBR solicitou, por liberalidade, que as empresas Venturo Análises Ambientais e LIFE Projetos Limnológicos, contratadas para a execução de programas ambientais da UHE Jirau,</p>



		<p>realizassem a análise microbiológica de amostras peixes e da qualidade de água nos locais indicados.</p> <p>Os resultados indicaram que todas as amostras de peixes atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos na legislação, não tendo sido detectada a presença dos microrganismos pesquisados em nenhuma amostra. Em relação à qualidade de água, a maior parte dos parâmetros limnológicos monitorados está de acordo com os limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005 e com os padrões observados no rio madeira. Estas informações foram repassadas aos pescadores das referidas localidades.</p> <p>Entre maio e outubro de 2015, algumas atividades foram desenvolvidas, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none">- ações no reassentamento rural coletivo (RRC) vida nova referente água. <p>Em atendimento ao cronograma de execução do plano de sensibilização e tratamento de água (PSTA), e que no período do relatório semestral (maio/2015 a outubro/2015) foram realizadas algumas ações por meio do programa de remanejamento das populações atingidas em sinergia como programa de educação ambiental, sendo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Em 09 de abril de 2015 – entrega do informativo sobre tratamento de água no RRC;• Em 19 de junho de 2015 – entrega dos laudos laboratoriais realizados pela empresa LIFE limnologia sobre as análises de água nas propriedades dos assistidos no RRC, além da sensibilização quanto a importância na limpeza da caixa d'água e manuseio
--	--	---



		<p>correto de filtros e dosadores de cloro.</p> <ul style="list-style-type: none">• Foram realizadas palestra nas escolas no dia 21 de março referente ao Dia Mundial da Água, focando as atividades limnológicas no empreendimento, com público alvo, adolescentes da rede de ensino local.
--	--	--





9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

9.1 CONCLUSÃO

Considerando esse último semestre referente ao monitoramento limnológico (entre novembro de 2015 e março de 2016), as características limnológicas observadas foram similares às registradas no período de enchente e águas altas, tanto na fase pré-enchimento, quanto na fase de enchimento. Durante esse período, tem sido observado um acréscimo nos valores de turbidez, sólidos suspensos e alguns nutrientes, principalmente nos pontos localizados ao longo do rio Madeira. Assim, tais resultados refletem a influência da sazonalidade na região, assim como observado na fase pré-enchimento.

Considerando todo o período de estudo, até o momento, a variação sazonal é responsável pela maior parte da variação temporal observada. Além disso, considerando a variação espacial, ao longo de todo o período de estudo (fase pré-enchimento, enchimento e nessa fase pós-enchimento), foi possível observar uma clara distinção entre os pontos localizados no rio Madeira e àqueles situados nos tributários desse rio. A análise de componentes principais (PCA) demonstrou que, de fato, os pontos monitorados no rio Madeira apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, alcalinidade, dureza, fósforo total, orto-fosfato, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e carbono inorgânico dissolvido. Os resultados da análise de ordenação foram consistentes com as descrições univariadas dos dados.

Em suma, considerando as características limnológicas, tanto físico-químicas quanto biológicas (análises das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e zoobentônica), foi possível observar a ausência de alterações significativas entre as fases pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento do reservatório. Além disso, devido aos elevados valores de velocidade da água desses ambientes, principalmente no rio Madeira, a distribuição das comunidades aquáticas não foi relacionada com os fatores abióticos dos locais de coleta (baixa porcentagem de explicação). Até o momento, os resultados



demonstram a influência da sazonalidade e dos locais de coleta (diferença entre tributários e pontos localizados no rio Madeira), assim como observado no período pré-enchimento.

Vale ressaltar que grande conjunto de dados obtidos até o momento, considerando todas as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento). No total, entre setembro de 2009 e março de 2016 ocorreram 47 campanhas de monitoramento limnológico (12 campanhas na fase pré-enchimento, 20 campanhas na fase de enchimento e, até o momento, 15 campanhas nessa fase pós-enchimento). Além disso, em todos os pontos de coleta (20 pontos na fase pré-enchimento e 32 pontos na fase de enchimento e pós-enchimento) são analisados 40 parâmetros limnológicos, além das coletas das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos. A análise desse grande conjunto de dados permite avaliar os padrões de uma maneira mais eficiente e elaborar conclusões mais robustas.

O monitoramento no Canteiro de Obras da UHE Jirau vem sendo realizado desde novembro de 2009. No total, já foram realizadas 26 campanhas (entre novembro de 2009 e março de 2016), onde foram analisados 35 parâmetros abióticos, além das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônica e zoobentônicas. Assim como observado nos pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico no reservatório da UHE Jirau, as variações mensuradas nos pontos monitorados no Canteiro de Obras também seguem um padrão sazonal. Assim, a influência da sazonalidade tem sido mais importante e relevante do que a diferença entre as fases do empreendimento (pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento). Além disso, as diferenças observadas entre os pontos localizados em Igarapés e os pontos situados ao longo do rio Madeira também são evidentes.

9.2 SUGESTÕES DE ALTERAÇÃO DO ESCOPO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

Considerando os resultados obtidos ao longo das 47 campanhas de monitoramento limnológico na fase pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento, foi possível verificar alguns padrões e, a partir



desses resultados, podemos sugerir algumas alterações referentes ao Programa de Monitoramento Limnológico.

É importante enfatizar que as metodologias utilizadas para tais análises deverão ser mantidas, tendo em vista a importância da padronização destas metodologias, para futuras comparações entre as diferentes fases do empreendimento.

A seguir serão descritas algumas sugestões de alteração do Programa de Monitoramento Limnológico:

1) Interromper a análise do ciclo nictemeral

Para o Estudo do Ciclo Nictemeral, entre setembro de 2009 e março de 2016, foram coletados e analisados 12 meses de monitoramento do ciclo nictemeral (5 meses analisados na fase pré-enchimento, 4 meses na fase de enchimento e 3 meses nessa fase pós-enchimento). No total, foram avaliados 11 parâmetros abióticos e dados referentes às comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas, em 3 profundidades de coleta.

Na fase de pré-enchimento do reservatório, foram realizadas 05 (cinco) campanhas para a análise do ciclo nictemeral, tendo a ESBR solicitado ao IBAMA a interrupção de tal estudo. Após a emissão da LO nº 1097/2012, em 19/10/2012, a análise do ciclo nictemeral foi retomada, conforme solicitação do IBAMA (Ofício nº 1066/2012/DILIC/IBAMA, que encaminhou a Licença de Operação nº 1097/2012, e em seu item 1.6):

[...]

"c) Dar continuidade ao estudo de ciclo nictemeral pelo menos por mais 01 período de águas baixas e 01 período de águas altas [...]. A interrupção ou finalização do estudo nictemeral na fase de enchimento ou estabilização do reservatório estará necessariamente condicionada a autorização do Ibama, após proposta técnica oferecida pelo Empreendedor que comprove a sua desnecessidade".

[...]



O conjunto de dados obtidos durante o monitoramento na fase de enchimento e pós-enchimento permitiu sintetizar os resultados obtidos até o momento.

Análises de componentes de variância (SOKAL e ROHLF, 1995) foram utilizadas para quantificar a heterogeneidade relativa das variáveis limnológicas e das densidades das comunidades planctônicas entre os níveis dos fatores mês (outubro/2012, abril/2013, outubro/2013, abril/2014, outubro/2014, abril/2015, outubro/2015), profundidade (superfície, meio e fundo) e horário (seis horários diferentes de coleta). Os resultados dessas análises indicaram que as principais diferenças entre os resultados das diferentes variáveis foram detectadas ao longo dos meses e que as diferenças entre as profundidades e horários foram muito menores (**Figura 9-1**).

É importante enfatizar que, para nenhuma variável, os fatores horário e profundidade apresentaram valores de F significativos (valores de $P > 0,05$ em todos os casos analisados). Por outro lado, as variações entre os meses são muito mais consistentes (i.e., as diferenças entre os meses independem dos horários e profundidades de coleta) e além de estatisticamente significativas ($P < 0,001$; para todas as variáveis) são também ecologicamente importantes. Os resultados discutidos anteriormente nesse relatório, demonstram as variações temporais e sazonais nas características limnológicas, o que é refletido também nos estudos do ciclo nictemeral.

De maneira similar, as espécies fitoplanctônicas estiveram distribuídas homoganeamente na coluna de água, nos meses estudados, o que pode ser atribuído às condições de maior velocidade da água e baixa disponibilidade luminosa registradas no rio Madeira. Tais condições favoreceram principalmente as bacilariofíceas, as quais apresentaram maior contribuição para os valores de densidade. Do mesmo modo, considerando a comunidade zooplanctônica, não foi evidenciado um padrão claro de variação vertical, nos diferentes períodos de estudo, que pudessem ser atribuídos a processos migratórios do zooplâncton. É pouco provável que grupos do microzooplâncton, como os protozoários testáceos e rotíferos que apresentam, em geral, pouca mobilidade, estejam realizando migrações verticais, especialmente em um ambiente com maior velocidade da água, como o rio Madeira. Assim, é pouco



provável que a migração seja o processo responsável por alguma variação vertical observada do zooplâncton. De maneira geral, as pequenas variações encontradas, tanto dos fatores físicos e químicos, quanto dos fatores biológicos, resultam de oscilações estocásticas pouco previsíveis.

Ressalta-se, que a análise do perfil vertical e da variação nictemeral tem sido informativa principalmente em ambientes lênticos. Por outro lado, em ambientes lóticos as variações ao longo da profundidade tendem a ser minimizadas devido ao movimento turbulento que caracterizam esses ambientes. Ademais, grande parte das variações observadas (para as características abióticas e bióticas; ver abaixo) não pode ser atribuída aos processos ecológicos que, em geral, ocorrem em ambientes lênticos (ex., alternância de processos de produção e respiração ao longo da coluna da água). Provavelmente, a variabilidade encontrada resulta de oscilações estocásticas pouco previsíveis.

Os resultados dessas análises indicam, portanto, que alocação de esforços de coleta para medir a variação diária ou vertical é pouco justificável visto que a UHE Jirau funciona fio de água sem uma alteração considerável das condições hidrodinâmicas do rio Madeira. Dessa forma, sugere-se a interrupção dessa análise.

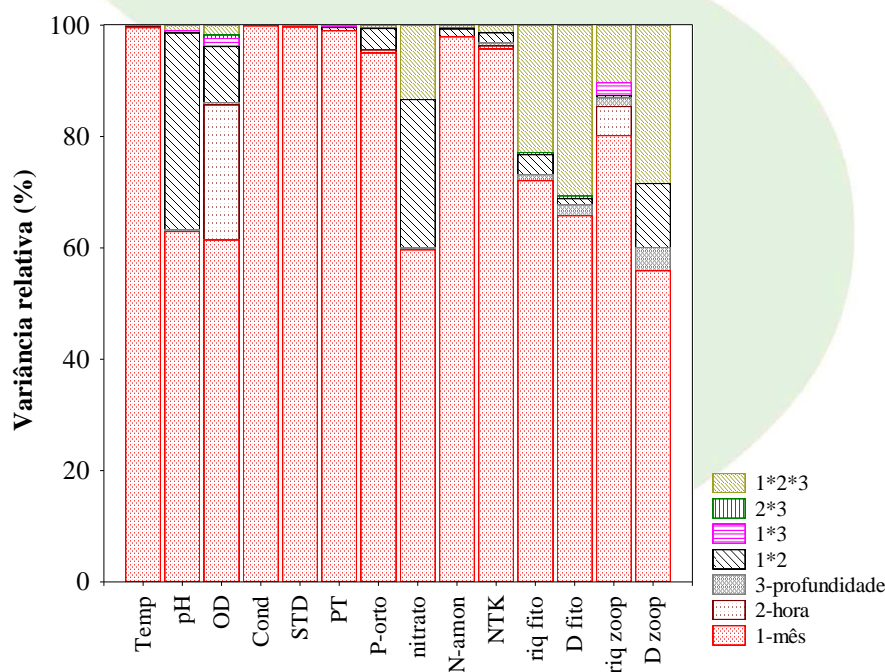


Figura 9-1. Magnitudes relativas dos componentes de variância das densidades das comunidades planctônicas (D fito e D zoo, para fitoplâncton e zooplâncton, respectivamente), para riqueza planctônica (riq fito e riq zoop) e de diferentes variáveis limnológicas. Temp= temperatura da água; OD=oxigênio dissolvido; Cond=condutividade elétrica; PT = fósforo total; P-orto= orto-fosfato; N-amon= nitrogênio amoniacal e NTK= nitrogênio total Kjeldahl.

2) Monitoramento do Ponto de Captação de Água de Nova Mutum Paraná

Em atendimento a condicionante 2.6 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012 da UHE Jirau, durante o enchimento do reservatório, o ponto de captação da **ETA de Nova Mutum Paraná** (ponto PCAP), localizado a jusante do barramento da UHE Jirau, foi monitorado seguindo os limites estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 2.914/2011. Desta forma, o monitoramento foi mensal caso a densidade de cianobactérias fosse igual ou inferior a 10.000 cel/ml e, semanal caso essa densidade fosse superior a 10.000 cel/mL. Caso ocorresse o registro de densidade de cianobactérias superior a 20.000 cel/mL (medida de alerta), seriam realizadas análises das cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal, de acordo com a mesma portaria.

Considerando que o enchimento do reservatório da UHE Jirau teve início em outubro de 2012 e foi finalizado (última etapa de enchimento) no dia 18 de maio de 2014, foi enviada uma Nota Técnica (IT/AT 584/2015 – 02001.009326/2015-11), com o objetivo principal a interrupção dessa análise (adicionada durante o enchimento do reservatório da UHE Jirau).

De maneira geral, em outubro de 2012, com o início do enchimento do reservatório da UHE Jirau, a densidade de cianobactérias analisada foi igual a 540 cel/mL e em novembro de 2012 essa densidade foi igual a 220 cel/mL (**Quadro 9-1**). Em dezembro de 2012, janeiro e fevereiro de 2013, não foi detectada a presença de células de cianobactérias nesse local. Em março e abril de 2013 também foram registrados baixos valores de densidade de cianobactérias. Novamente, em maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2013 e entre janeiro e julho de 2014, não foi detectada a presença de células de cianobactérias nesse local. Em agosto e outubro de 2014, a densidade também foi extremamente baixa (104 cel/mL e 26 cel/mL, respectivamente), enquanto que em setembro, novembro e dezembro de 2014 não foi registrada a presença de cianobactérias nesse ponto de

captação. Entre janeiro e agosto de 2015 não foi registrada a presença de cianobactérias nesse local de coleta, enquanto que entre setembro de 2015 e março de 2016 os valores de densidade também foram extremamente baixos (**Quadro 9-1**).

Assim, ao longo dos vinte (20) meses de monitoramento na fase de enchimento e nesses meses da fase pós-enchimento, a densidade de cianobactérias foi significativamente inferior ao valor de 10.000 cel/ml.

Quadro 9-1 - Densidades de cianobactérias (cel/ml) registradas no ponto de captação de água para abastecimento, entre outubro de 2012 e março de 2016.

MESES	DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML)
Outubro/2012	540
Novembro/2012	220
Dezembro/2012	0
Janeiro/2013	0
Fevereiro/2013	0
Março/2013	124
Abril/2013	95
Mai/2013	0
Junho/2013	0
Julho/2013	0
Agosto/2013	0
Setembro/2013	0
Outubro/2013	0
Novembro/2013	0
Dezembro/2013	0
Janeiro/2014	0
Fevereiro/2014	0
Março/2014	0
Abril/2014	0



MESES	DENSIDADE DE CIANOBACTÉRIAS (CEL/ML)
Maio/2014	0
Junho/2014	0
Julho/2014	0
Agosto/2014	104
Setembro/2014	0
Outubro/2014	26
Novembro/2014	0
Dezembro/2014	0
Janeiro/2015	0
Fevereiro/2015	0
Março/2015	0
Abril/2015	0
Maio/2015	0
Junho/2015	0
Julho/2015	0
Agosto/2015	0
Setembro/2015	11
Outubro/2015	19
Novembro/2015	37
Dezembro/2015	37
Janeiro/2016	390
Fevereiro/2016	320
Março/2016	210

Assim como demonstrado no item 5 desse relatório consolidado, o ponto de captação da ETA frequentemente apresentou baixas concentrações de clorofila-*a*, que também é um indicativo de baixa biomassa de algas no local.



Assim, sugere-se a retirada da análise limnológica nesse ponto de captação, tendo em vista a similaridade com os resultados obtidos no ponto P19, também localizado a jusante da barragem, além da ausência de algum distúrbio ou fonte de poluição nas proximidades desse local, que poderiam influenciar negativamente a qualidade da água. As análises limnológicas do ponto P19 poderão contribuir para informar se a jusante da barragem está ocorrendo um aumento nos valores de transparência da água e um aumento nos valores de densidade fitoplanctônica.

Além disso, é importante destacar que, de acordo com a Portaria MS 2914/2011 (Seção IV), compete ao responsável pelo sistema de abastecimento de água, nesse caso específico a CAERD, manter e controlar a qualidade da água, através de análises laboratoriais.

3) Análise do perfil vertical em todas as estações de coleta

Em atendimento a Licença de Operação (LO) nº 1097/2012 da UHE Jirau, durante o enchimento do reservatório deveria ocorrer a análise do perfil vertical de alguns parâmetros abióticos em todas as estações de coleta e em todos os meses de estudo.

Assim como apresentado nesse relatório consolidado (**item 5.1.3.** – página 144), a análise do perfil vertical de todos os pontos monitorados (monitoramento realizado em todas as estações de coleta, incluindo tributários e rio Madeira, desde o início da fase de enchimento), indicou pequenas diferenças entre as 03 (três) profundidades de coleta, considerando os parâmetros analisados em todos os locais de estudo. As maiores diferenças registradas foram observadas entre os locais e não entre as profundidades, principalmente considerando os pontos localizados no rio Madeira e àqueles localizados nos tributários.

Em suma, a ausência de variação vertical dos parâmetros limnológicos analisados em todos os pontos de coleta durante as campanhas, indicam a ausência de estratificação térmica e química da coluna da água. Durante a fase pré-enchimento e enchimento do reservatório, resultados similares foram



registrados, não sendo observada diferença significativa entre as 03 (três) profundidades de coleta, considerando todos os parâmetros estudados, tanto no ponto P18-MAD 5, localizado no rio Madeira, quanto nos pontos localizados nos tributários (quando o perfil vertical foi realizado durante o período de águas altas, na fase pré-enchimento).

A análise para verificar diferenças entre os locais de coleta pode ser feita considerando apenas os dados superficiais, o que já vem sendo de forma mais completa desde a fase pré-enchimento (coleta de todos os parâmetros abióticos e várias variáveis biológicas (comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas)

Dessa forma, sugere-se a interrupção dessa análise do perfil vertical em todos os pontos de coleta e em todos os meses de monitoramento, tendo em vista a falta de informações relevantes que essa análise tem demonstrado desde outubro de 2012.

4) Variabilidade espacial

Considerando a extensão e heterogeneidade espacial (especialmente entre o rio Madeira e seus tributários) da área de estudo, bem como a necessidade de avaliação dos impactos do barramento sobre as características físicas e químicas da água e os diferentes atributos das comunidades planctônicas, realizou-se uma análise para otimizar a malha amostral do monitoramento limnológico da UHE Jirau.

Com o objetivo de otimizar a malha amostral que vem sendo utilizada no monitoramento limnológico realizado durante 07 (sete) anos de monitoramento que incluem as fases rio, enchimento e operação, foi utilizado o conceito de coerência temporal. Diz-se que existe coerência quando as séries temporais de dados obtidas entre pares de pontos estão fortemente correlacionadas. Assim, se a série de um determinado ponto de monitoramento *X* pode prever confiavelmente a série de dados obtida em um outro ponto *Y*, então a malha amostral poderia ser otimizada com a escolha de um desses pontos somente. Além disso, para aumentar a confiabilidade desse processo de otimização, é importante



avaliar também se os pontos com dinâmicas temporais coerentes são também conectados pela hidrologia e mantêm similaridade na hidrodinâmica.

Para verificar a coerência temporal entre os pontos, considerando as fases de enchimento e pós-enchimento, primeiramente, os valores das variáveis físicas e químicas obtidas em cada mês foram log-transformados (com exceção dos valores de pH) e, em seguida, padronizados. Posteriormente foi utilizado o índice de distância Euclidiana, para verificar a dissimilaridade ambiental entre os pontos de coleta. Com o objetivo de demonstrar a similaridade entre os pontos de coleta graficamente, foi apresentado um dendrograma (cluster analysis).

Os resultados mostraram as seguintes possibilidades para otimizar o programa de monitoramento considerando as fortes correlações observadas entre as séries temporais e as claras conexões hidrológicas entre os pontos:

- i) De maneira geral, os pontos localizados ao longo do rio Madeira apresentaram grande similaridade entre si. O ponto P1-MAM apresentou grande similaridade (baixa dissimilaridade), principalmente, como os pontos P14, P18 e P19, mas também com os pontos P2, P9 e PCAP (quando esse estava situado no rio Madeira). Assim, sugere-se a retirada do ponto P1 da futura malha amostral.
- ii) Pontos P3-RIB e P4-ARA: esses tributários estão localizados a montante da influência do reservatório, não sendo justificada a permanência desses locais no monitoramento durante a fase de operação do reservatório, uma vez foi evidenciado que a UHE Jirau não tem influência na qualidade das águas nestes corpos hídricos. Além disso, a análise de dissimilaridade, demonstrou grande similaridade entre esses pontos com outros pontos situados mais a jusante, tais como o ponto P20.
- iii) Pontos adicionados com o propósito de acompanhar a degradação da matéria orgânica na fase de enchimento e localizados à montante nos tributários (P7A, P8A, P10A, P11A, P12A, P13A,



P13B, P15A, P16A e P17A): A incorporação da matéria orgânica aconteceu nos primeiros meses após o enchimento do reservatório, atualmente, após 2 anos de finalizado o enchimento, não se espera influência na qualidade da água a montante do reservatório nos tributários pela matéria orgânica inundada. Igualmente, esses pontos apresentam forte correlação com os locais situados nesses tributários, nas proximidades da foz (pontos P7, P8, P10, P11, P12, P13, P15, P16 e P17). Assim, sugere-se a retirada desses pontos, tendo em vista a redundância de informação. A manutenção dos pontos originais será suficiente para monitorar a qualidade da água no reservatório na fase pós-enchimento do reservatório.

iv) O ponto P15-LOU também apresenta grande similaridade limnológica com os pontos P16-CAI e P17-JAR. No entanto, o atendimento dos pontos i, ii e iii citados acima, já seria suficiente para otimizar a malha amostral. Mas pela análise de similaridade pode-se perceber muitos pontos com características limnológicas similares.

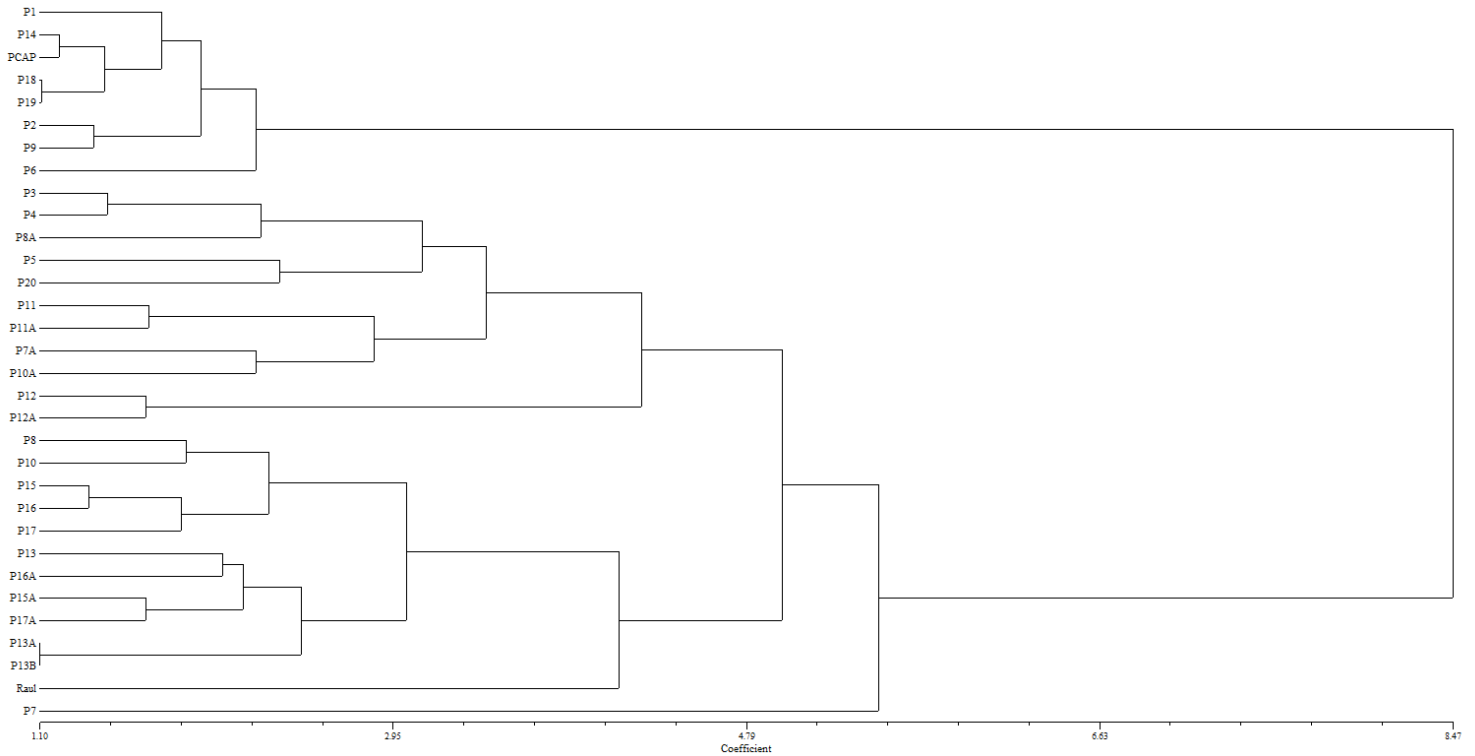


Figura 9-2- Dendrograma representando a similaridade entre os pontos de coleta, considerando os dados obtidos na fase de enchimento e pós-enchimento.

Quadro 9-2- Matriz de distância Euclidiana, demonstrando a dissimilaridade entre os pontos de coleta. Os valores em vermelho são considerados os mais similares entre si, seguido pelos valores negros destacados em negrito.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P7A	P8A	P10A	P11A	P12A	P13A	P13B	P15A	P16A	P17A	PCAP	Raul		
P1	0.00																																	
P2	2.66	0.00																																
P3	8.01	9.78	0.00																															
P4	7.76	9.60	1.46	0.00																														
P5	6.84	8.47	3.13	2.50	0.00																													
P6	2.84	1.72	9.24	9.18	8.17	0.00																												
P7	6.88	7.96	5.52	5.69	6.13	7.03	0.00																											
P8	6.16	8.01	3.57	3.52	3.84	7.54	4.14	0.00																										
P9	2.55	1.38	9.64	9.37	8.30	2.60	7.92	7.92	0.00																									
P10	5.54	7.19	4.80	4.61	4.73	6.71	3.41	1.86	7.09	0.00																								
P11	9.44	11.07	4.08	3.89	4.64	10.84	6.61	4.85	10.66	5.71	0.00																							
P12	10.95	12.50	4.80	4.89	6.02	12.15	7.22	5.91	12.14	6.70	2.22	0.00																						
P13	7.52	9.11	4.70	4.58	4.52	8.76	5.08	2.50	9.00	2.84	4.85	5.47	0.00																					
P14	1.61	1.49	8.59	8.34	7.27	1.73	7.02	6.82	1.89	6.09	10.06	11.52	8.07	0.00																				
P15	5.79	7.62	4.82	4.63	4.35	7.26	5.14	2.19	7.53	2.15	5.95	6.88	2.25	6.50	0.00																			
P16	5.23	6.94	5.31	5.16	4.64	6.47	4.62	2.32	6.99	1.87	6.45	7.50	2.77	5.84	1.36	0.00																		
P17	6.41	7.92	5.34	5.44	5.13	7.28	4.62	2.73	8.12	2.51	6.77	7.48	2.68	6.88	2.10	1.58	0.00																	
P18	1.54	2.05	8.92	8.64	7.48	2.51	7.83	7.18	2.27	6.58	10.29	11.84	8.47	1.38	6.78	6.18	7.30	0.00																
P19	1.77	1.51	9.11	8.85	7.84	2.31	7.76	7.40	1.52	6.72	10.41	11.91	8.70	1.27	7.08	6.52	7.62	1.11	0.00															
P20	6.20	8.02	2.66	2.48	2.35	7.67	5.34	2.55	7.86	3.40	4.49	5.56	3.43	6.86	2.85	3.42	3.88	7.09	7.36	0.00														
P7A	7.04	8.94	2.75	2.39	3.27	8.61	4.96	1.98	8.73	3.35	3.63	4.95	3.40	7.73	3.64	3.97	4.40	8.02	8.23	2.63	0.00													
P8A	8.94	10.80	2.05	2.46	4.30	10.38	6.17	3.87	10.61	5.24	3.58	3.92	4.59	9.64	5.18	5.80	5.79	9.95	10.11	3.51	2.66	0.00												
P10A	8.05	9.79	3.64	3.23	4.27	9.62	5.57	3.31	9.40	4.05	2.61	3.57	3.50	8.72	4.31	4.96	5.39	9.04	9.13	3.42	2.23	2.89	0.00											
P11A	8.49	10.17	3.16	3.14	3.87	9.90	5.98	4.16	9.78	5.16	1.67	3.24	4.67	9.13	5.43	5.87	6.25	9.40	9.53	3.68	2.80	2.90	2.33	0.00										
P12A	10.52	12.05	4.26	4.59	5.94	11.66	6.58	5.47	11.72	6.23	2.85	1.66	5.20	11.09	6.49	7.11	7.00	11.50	11.53	5.19	4.61	3.30	3.33	3.08	0.00									
P13A	8.32	9.72	5.32	5.57	5.70	9.11	5.25	3.50	9.91	3.78	6.44	6.59	2.45	8.73	3.39	3.47	2.25	9.21	9.47	4.52	4.65	5.27	5.18	6.16	6.11	0.00								
P13B	7.97	9.33	5.38	5.53	5.50	8.79	5.33	3.31	9.57	3.66	6.46	6.85	2.58	8.33	3.40	3.29	2.24	8.79	9.08	4.49	4.38	5.33	5.12	6.12	6.42	1.10	0.00							
P15A	8.00	9.69	3.06	3.35	3.84	9.09	4.91	2.43	9.71	3.51	4.63	5.06	2.38	8.53	3.19	3.57	3.02	8.93	9.21	2.89	2.82	3.23	3.67	4.18	4.60	2.46	2.67	0.00						
P16A	6.76	8.43	4.32	4.15	3.68	8.08	5.54	2.29	8.49	3.02	5.47	6.37	2.06	7.31	2.01	2.27	2.22	7.61	7.97	2.71	3.17	4.54	4.15	4.98	6.06	2.73	2.42	2.25	0.00					
P17A	8.35	9.87	4.14	4.26	4.25	9.44	5.86	3.16	9.92	4.04	4.93	5.26	2.08	8.83	3.34	3.78	3.20	9.19	9.48	3.38	3.54	3.98	3.93	4.66	4.92	2.21	2.21	1.66	1.96	0.00				
PCAP	2.02	1.53	8.84	8.68	7.78	1.89	7.19	7.00	1.97	6.29	10.29	11.68	8.30	1.20	6.75	6.13	7.12	1.80	1.30	7.17	7.97	9.81	8.90	9.38	11.21	8.90	8.50	8.80	7.63	9.06	0.00			
Raul	4.35	6.42	6.46	6.12	5.46	6.26	6.23	3.65	6.40	3.53	7.52	8.84	4.46	5.29	2.78	2.37	3.69	5.30	5.79	4.45	4.84	6.80	5.91	6.88	8.59	5.38	5.03	5.31	3.71	5.44	5.61	0.00		

Assim, a partir dos resultados obtidos ao longo das 35 campanhas limnológicas na área de influência da UHE Jirau (fases de enchimento e pós-enchimento), é possível inferir que 14 pontos poderiam ser retirados da malha amostral sem influenciar significativamente a representatividade espacial do monitoramento permanecendo com os pontos (**Quadro 9-3 e Anexo IV**).

Quadro 9-3- Proposta para a nova malha amostral (ver **Anexo IV**).

Malha amostral atual		Malha amostral sugerida	
Tributários	rio Madeira	Tributários	rio Madeira
P3	P1	-	-
P4	P2	-	P2
P5	P6	P5	P6
P7	P9	P7	P9
P7A	P14	-	P14
P8	P18	P8	P18
P8A	P19	-	P19
P10		P10	
P10A		-	
P11		P11	
P11A		-	
P12		P12	

Malha amostral atual			Malha amostral sugerida	
Tributários	rio Madeira		Tributários	rio Madeira
P12A			-	
P13			P13	
P13A			-	
P13B			-	
P15			P15	
P15A			-	
P16			P16	
P16A			-	
P17			P17	
P17A			-	
P20			P20	
PCAP			-	
Raul			Raul	

5) Monitoramento do Canteiro de Obras

Os resultados apresentados no **item 5.2** desse relatório (página 200), considerando o Programa de Monitoramento do Canteiro de Obras da UHE Jirau demonstraram as seguintes características:

- i) As características limnológicas do trecho monitorado na fase de enchimento e pós-enchimento foram similares às registradas na fase pré-enchimento (como apresentado pela análise de componentes principais (PCA));
- ii) As maiores variações encontradas corresponderam aos diferentes períodos sazonais (períodos de águas baixas e águas altas);
- iii) Assim como observado nos pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico, os resultados no monitoramento do Canteiro de Obras também indicam uma clara distinção entre os pontos monitorados ao longo do rio Madeira e aqueles situados nos tributários. Em média, os maiores valores de turbidez, sólidos suspensos, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e



duresa foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira, demonstrando a elevada concentração de íons nesse ambiente, incluindo íons carbonato e bicarbonato. As maiores concentrações de fósforo total, NTK, nitrato e nitrogênio amoniacal também foram mensuradas nos pontos localizados no rio Madeira, assim como observado durante o monitoramento na fase pré-enchimento.

iv) Durante todo o período de estudo, foi possível observar que as atividades construtivas desenvolvidas no canteiro de Obras não resultaram em alterações na qualidade das águas do trecho monitorado, evidenciando que as medidas de controle de erosão e controle da poluição adotadas pelas empreiteiras foram eficazes, conforme vem sendo apresentado no relatório específico do Programa de Ambiental da Construção (PAC).

Dessa forma, tendo em vista que o monitoramento do Canteiro de Obras tinha como objetivo principal monitorar os possíveis impactos na qualidade das águas causados pelas obras, sugere-se as seguintes alterações nesse Programa:

i) Considerando o período de operação das unidades geradoras (**Quadro 9-4**), e, conseqüentemente, a desativação do Canteiro de Obras, na margem direita do rio Madeira, sugere-se a interrupção do monitoramento do Canteiro de Obras nesta margem (**Quadro 9-5 e Anexo V**). Além disso, os tributários analisados nessa margem do rio Madeira não apresentaram diferenças entre as fases do empreendimento (fase pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento), e as características limnológicas desses tributários, tanto características abióticas quanto biológicas têm sido similares aos demais tributários estudados na área de influência da UHE Jirau;

ii) Após a entrega da última unidade geradora, sugere-se o monitoramento da margem esquerda do rio Madeira por mais 01 (uma) campanha, tendo em vista a finalização completa de toda a atividade no Canteiro de Obras.



Quadro 9-4 - Operação das unidades geradoras da UHE Jirau.

OPERAÇÃO COMERCIAL			
SEQUENCIA	UG	DATA	
MARGEM DIREITA	4	UG01	22/02/2014
	5	UG02	08/03/2014
	8	UG03	26/04/2014
	9	UG04	03/06/2014
	11	UG05	29/07/2014
	14	UG06	09/10/2014
	13	UG07	18/09/2014
	16	UG08	30/10/2014
	21	UG09	08/01/2015
	22	UG10	03/02/2015
	36	UG11	21/10/2015
	26	UG12	04/03/2015
	24	UG13	04/03/2015
	23	UG14	06/02/2015
	27	UG15	28/04/2015
	35	UG16	01/10/2015
	39	UG17	06/01/2016
	40	UG18	06/01/2016
	38	UG19	06/01/2016
	37	UG20	11/12/2015
	34	UG21	04/09/2015
	33	UG22	31/07/2015
	32	UG23	25/06/2015
	30	UG24	11/06/2015
	31	UG25	17/06/2015
	29	UG26	21/05/2015
	28	UG27	08/05/2015
	25	UG28	04/03/2015
MARGEM ESQUERDA	1	UG29	06/09/2013
	3	UG30	19/02/2014
	7	UG31	24/04/2014
	10	UG32	10/07/2014
	15	UG33	23/10/2014

17	UG34	06/11/2014
20	UG35	18/12/2014
19	UG36	06/12/2014
18	UG37	25/11/2014
12	UG38	04/09/2014
6	UG39	08/03/2014
2	UG40	12/02/2014
41	UG41	16/01/2016
*	UG42	FASE DE MONTAGEM
*	UG43	FASE DE MONTAGEM
*	UG44	FASE DE MONTAGEM
*	UG45	FASE DE MONTAGEM
*	UG46	FASE DE MONTAGEM
*	UG47	FASE DE MONTAGEM
*	UG48	FASE DE MONTAGEM
*	UG49	FASE DE MONTAGEM
*	UG50	FASE DE MONTAGEM
* ORDEM NÃO DEFINIDA		

Quadro 9-5- Proposta para a nova malha amostral do Canteiro de Obras da UHE Jirau (ver **Anexo V**).

Malha amostral atual	Malha amostral sugerida
PL01	PL01
PL02	-
PL03	-
PL04	PL04



Malha amostral atual	Malha amostral sugerida
PL05	-
PL06	PL06
PL07	-
PL08	-
PL09	-
PL10	-
PL11	-

6) Monitoramento diário

Durante o enchimento do reservatório da UHE Jirau, foram estabelecidas algumas análises adicionais àquelas previstas no PBA, dentre elas:

1) De acordo com o Parecer Técnico nº 124/2012– DILIC/IBAMA, os valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez seriam mensurados **diariamente** em perfis de profundidades, em alguns tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná-P11, rio Cotia-P12, área alagada do rio Mutum Paraná-P13, igarapé São Lourenço-P15, igarapé Jirau-P17 e igarapé Raul).

O monitoramento diário, em perfil vertical, de alguns tributários do rio Madeira tem sido realizado desde o dia 25 de outubro de 2012. Os Relatórios Simplificados foram entregues quinzenalmente, discutindo os resultados obtidos. Assim foi apresentado até o momento 61 Relatórios Simplificados sobre essa análise do monitoramento diário em tributários do rio Madeira (rio Mutum Paraná, rio Cotia, área alagada do rio Mutum Paraná, igarapé São Lourenço, igarapé Jirau e igarapé Raul).

Entre outubro de 2012 (primeiro mês de enchimento do reservatório) e maio de 2014 (último mês de enchimento do reservatório), o monitoramento diário foi realizado ao longo de 03 (três) profundidades de coleta (superfície, meio e fundo). O Ofício nº 02001.004044/2014-38 – CGENE/IBAMA, emitido em abril de 2014 estabeleceu que o perfil vertical deveria ser realizado a cada 50 cm de profundidade em



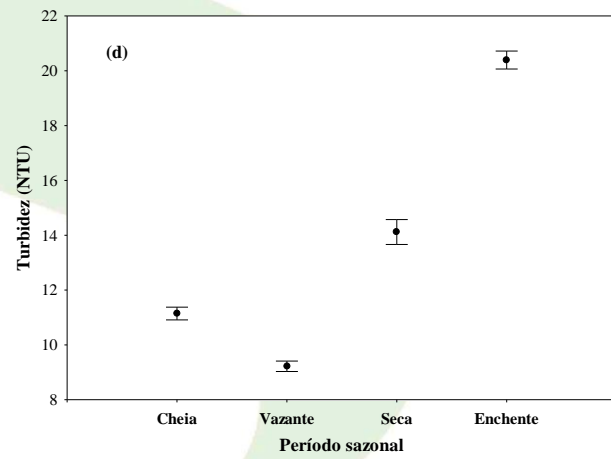
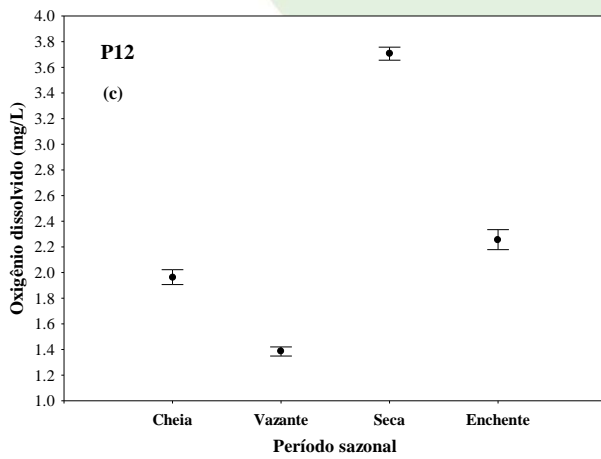
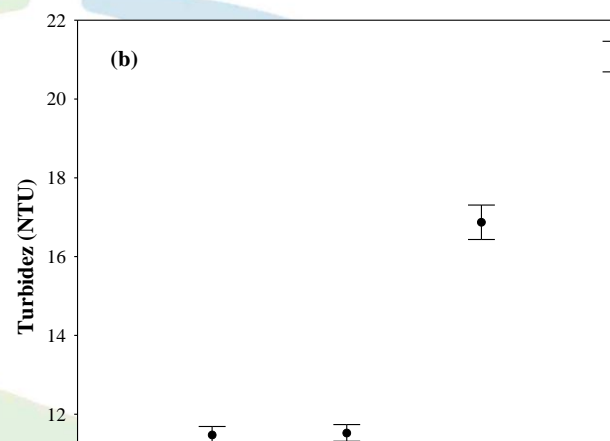
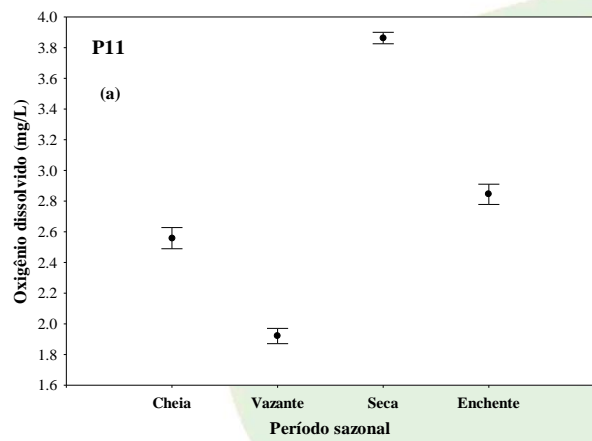
todos os tributários estudados, mesmo naqueles onde os valores de temperatura foram similares entre a superfície, meio e fundo, nos meses anteriores de monitoramento. Assim, até o momento, o monitoramento diário tem sido realizado a cada 50 cm de profundidade, em todos os tributários avaliados. Em suma, até o momento (dia 29 de fevereiro de 2016), foram realizadas 1.235 campanhas diárias, em 6 tributários, que contemplaram a análise de 6 parâmetros limnológicos em diferentes profundidades de coleta (a cada 50 cm de profundidade em todos os tributários).

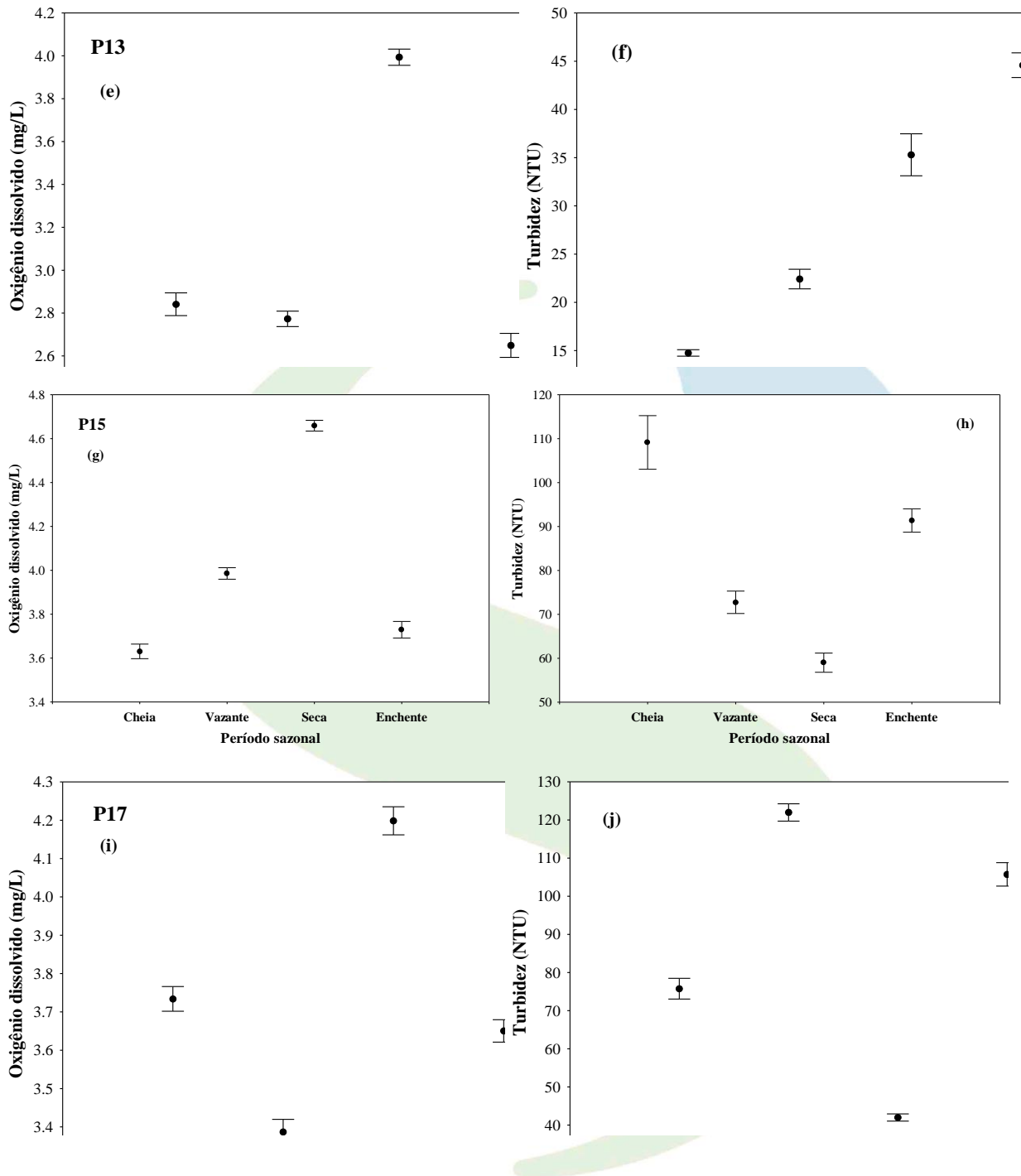
De maneira geral, através da análise temporal desses dados foi possível constatar que, para a maior parte dos parâmetros monitorados, a maior porcentagem dos dados estava em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (**Quadro 9-6**). Porém, alguns parâmetros apresentaram baixa porcentagem de dados em conformidade, como as concentrações de oxigênio dissolvido e turbidez, em alguns tributários estudados (como por exemplo nos pontos P11 e P12, considerando as concentrações de oxigênio dissolvido) (**Quadro 9-6**). Além disso, através da análise temporal desses dados foi possível observar que os valores dos parâmetros monitorados apresentaram variações sazonais, principalmente considerando os valores de turbidez (maiores valores de turbidez durante o período de enchente e cheia) e oxigênio dissolvido (maiores valores durante o período de seca) (**Figura 9-3**). Alguns tributários também apresentaram elevados valores de turbidez, tendo em vista a influência das águas do rio Madeira, como por exemplo os pontos P15, P17 e igarapé Raul, principalmente no período de águas altas.

Quadro 9-6- Valores mensurados na superfície da coluna da água que estão em conformidade (%) com a Resolução CONAMA nº 357/2005, considerando os dados obtidos através do monitoramento diário, realizado em 6 tributários do rio Madeira. Considerando as concentrações de oxigênio dissolvido, o valor de referência corresponde ao limite de alerta estabelecido para cada tributário (3,0 mg/L para o P11 e P12; 2,0 mg/L para o P13, P15 e P17; e 1,8 mg/L para o igarapé Raul).

PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS	P11	P12	P13	P15	P17	IG. RAUL
Temperatura (°C)	-	-	-	-	-	-

Oxigênio dissolvido (mg/L)	50,3%	27,7%	91,3%	98,8%	100%	99,7%
pH	35,1%	36,1%	51,5%	62,8%	63,3%	74%
Condutividade elétrica (μS/cm)	-	-	-	-	-	-
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Turbidez (NTU)	100%	100%	97,9%	68,9%	64,2%	62,1%





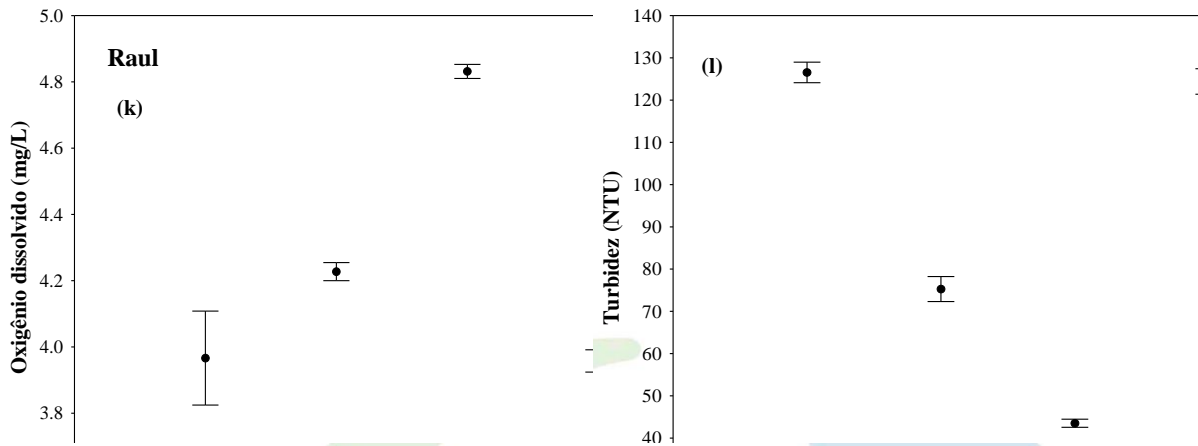


Figura 9-3- Variação sazonal nas concentrações de oxigênio dissolvido (a) e turbidez (b), no ponto P15, a partir dos dados obtidos através do monitoramento diário.

Considerando o período de enchimento (entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014) e pós enchimento (entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015) do reservatório, foi possível verificar similaridade entre os valores mensurados, tendo em vista os valores do intervalo de confiança (95%), principalmente considerando os valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez (**Quadro 9-7**). De fato, tais parâmetros apresentaram maior estabilidade ao longo do tempo. As concentrações de oxigênio dissolvido foram mais influenciadas em alguns igarapés, como nos pontos P11 e P12 (rio Mutum Paraná e rio Cotia), principalmente entre janeiro e abril de 2014, quando ocorreu a cheia histórica do rio Madeira sobre esses tributários. Nesse período, as características limnológicas dos tributários foram influenciadas pelas águas do rio Madeira. Além disso, essa grande cheia também afetou negativamente as concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários do rio Madeira, tendo em vista a inundação de áreas urbanas em localidades e distritos à montante do empreendimento, com elevação carga de matéria orgânica, e a decomposição desta nos locais inundados.

Mesmo considerando que tais resultados não foram conseqüências do enchimento do reservatório, e sim uma cheia natural do rio Madeira, aeradores foram instalados nos pontos críticos desses tributários,

para evitar danos a ictiofauna. Em atendimento à condicionante 2.7 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012), no dia 28 de fevereiro de 2014, esses aeradores foram instalados no rio Mutum Paraná (ponto P11) e rio Cotia (ponto P12), como uma medida mitigadora para incremento nas concentrações desse gás.

Em agosto, setembro, outubro e novembro de 2014 foram registradas maiores concentrações de oxigênio dissolvido nos tributários monitorados, comparando com o período anterior, durante as águas altas (entre janeiro e abril de 2014). Em janeiro e fevereiro de 2015 (período de enchente), os pontos P11 e P12 apresentaram, novamente, concentrações de oxigênio dissolvido inferiores ao limite crítico do sistema de alerta (< 3,0 mg/L nestes locais), mesmo na superfície da coluna da água. Tais resultados demonstram a influência da sazonalidade sobre essas variações. Além disso, como medida mitigadora, aeradores foram, novamente, ligados nos pontos P11 e P12 durante o período de enchente e águas altas no ano de 2015.

É importante enfatizar que, até o momento, não foram registrados danos a ictiofauna local nesses tributários, mesmo durante os períodos críticos com baixas concentrações de oxigênio na água, isto evidenciado pela equipe de monitoramento da ictiofauna que realiza vistorias em conjunto com a equipe de monitoramento limnológico, neste período de acionamento do “sistema de alerta”.

Considerando as diferentes profundidades amostradas, os dados também demonstram similaridade nos valores de temperatura da água, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (**Quadro 9-7**).

Quadro 9-7- Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e 15 de setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados em 06 tributários do rio Madeira. Os valores de superfície e fundo são apresentados para demonstrar as diferenças entre os dois extremos de profundidade.

Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Fase de Enchimento				
Temperatura (°C)				



Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
P11	S (0,5m)	25,66361	25,56983	25,75738
	F (1,2-13m)	25,37555	25,28334	25,46776
P12	S (0,5m)	25,82007	25,72763	25,91251
	F (1,4-14,5m)	25,47329	25,35537	25,59121
P13	S (0,5m)	27,55376	27,42274	27,68479
	F (2-14m)	26,80806	26,68466	26,93145
P15	S (0,5m)	28,08173	27,95770	28,20576
	F (1,6-14,4m)	26,13629	26,04429	26,22828
P17	S (0,5m)	28,39379	28,28357	28,50402
	F (1,4-14,4m)	26,52353	26,35146	26,69560
igarapé Raul	S (0,5m)	28,76347	28,65735	28,86958
	F (1,7-18,7m)	26,43467	26,33454	26,53479
Oxigênio (mg/L)				
P11	S	4,36700	4,23141	4,50259
	F	3,80655	3,68420	3,92890
P12	S	4,15920	4,02126	4,29714
	F	3,57513	3,45685	3,69342
P13	S	3,71683	3,62175	3,81191
	F	2,05168	2,00188	2,10148
P15	S	4,49926	4,41405	4,58448
	F	2,44789	2,35385	2,54192
P17	S	4,09016	4,00503	4,17529
	F	2,11046	2,04071	2,18020
igarapé Raul	S	4,03303	3,95213	4,11393
	F	1,78898	1,75047	1,82749
pH				
P11	S	5,31838	5,26185	5,37491
	F	5,32916	5,27446	5,38386
P12	S	5,35228	5,29573	5,40884
	F	5,18779	5,12900	5,24658
P13	S	5,78674	5,72607	5,84742
	F	5,59464	5,53481	5,65447
P15	S	5,70853	5,65741	5,75965
	F	5,50831	5,45424	5,56238
P17	S	5,66163	5,56921	5,75404



Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
	F	5,72946	5,63489	5,82402
igarapé Raul	S	5,88766	5,83297	5,94235
	F	5,81533	5,75829	5,87238
Condutividade (µS/cm)				
P11	S	12,07666	11,83612	12,31719
	F	12,05954	11,81850	12,30059
P12	S	8,28397	7,87648	8,69146
	F	7,99825	7,59679	8,39970
P13	S	17,34146	15,86421	18,81872
	F	17,41856	15,95111	18,88602
P15	S	36,25744	33,72043	38,79446
	F	35,68662	33,13727	38,23597
P17	S	42,00054	39,35264	44,64844
	F	42,31107	39,61864	45,00351
igarapé Raul	S	54,69366	52,11152	57,27580
	F	55,26232	52,62126	57,90339
STD (mg/L)				
P11	S	7,31028	7,13802	7,48253
	F	7,26970	7,08751	7,45189
P12	S	5,13380	4,88573	5,38186
	F	5,00350	4,75362	5,25339
P13	S	10,31986	9,41969	11,22003
	F	10,47285	9,58227	11,36344
P15	S	21,55201	19,96257	23,14146
	F	21,46831	19,85519	23,08143
P17	S	24,75297	23,14168	26,36426
	F	24,96485	23,32490	26,60480
igarapé Raul	S	34,09507	32,48648	35,70366
	F	34,85739	33,20122	36,51356
Turbidez (NTU)				
P11	S	21,83462	20,95470	22,71454
	F	24,01075	22,83855	25,18296
P12	S	11,13011	10,73727	11,52296



Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
	F	14,16708	13,50733	14,82682
P13	S	21,88925	19,60363	24,17488
	F	30,80925	27,23283	34,38567
P15	S	55,84333	51,92971	59,75696
	F	76,96452	71,81062	82,11842
P17	S	54,80302	49,98774	59,61831
	F	79,54540	73,34189	85,74890
igarapé Raul	S	56,83729	53,25303	60,42154
	F	82,33340	77,43703	87,22977
Fase Pós-Enchimento				
Temperatura (°C)				
P11	S (0,5-1,0m)	25,86409	25,79969	25,92849
	F (8-11m)	25,43337	25,38753	25,47920
P12	S (0,5-1,0m)	25,98224	25,91609	26,04839
	F (8,5-12m)	25,34017	25,29555	25,38479
P13	S (0,5-1,0m)	26,33067	26,25313	26,40822
	F (5,5-8,0m)	25,79539	25,75104	25,83974
P15	S (0,5-1,0m)	27,57222	27,50501	27,63943
	F (7,5-14m)	26,0026	25,9780	26,0271
P17	S (0,5-1,0m)	27,74224	27,69671	27,78777
	F (7,5-12m)	26,0254	25,9936	26,0572
igarapé Raul	S (0,5-1,0m)	27,55939	27,51321	27,60556
	F (8,5-18m)	25,9645	25,9469	25,9821
Oxigênio (mg/L)				
P11	S	2,72760	2,64430	2,81090
	F	1,54132	1,50675	1,57590
P12	S	2,29934	2,21006	2,38863
	F	1,25183	1,21987	1,28378
P13	S	3,11712	3,05977	3,17446
	F	1,86299	1,83662	1,88937
P15	S	4,02675	3,98270	4,07080
	F	2,4566	2,4368	2,4764
P17	S	3,80156	3,75802	3,84510
	F	2,2553	2,2367	2,2739
igarapé Raul	S	4,21263	4,17152	4,25374



Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
	F	2,6953	2,6808	2,7097
pH				
P11	S	5,799030	5,766784	5,831275
	F	5,93225	5,89530	5,96921
P12	S	5,79435	5,76146	5,82724
	F	5,89239	5,85508	5,92969
P13	S	5,93341	5,89713	5,96968
	F	6,10792	6,07373	6,14211
P15	S	6,10987	6,07459	6,14516
	F	6,2435	6,2229	6,2641
P17	S	6,11108	6,07351	6,14865
	F	6,3292	6,3042	6,3542
igarapé Raul	S	6,19116	6,15456	6,22776
	F	6,2991	6,2850	6,3131
Condutividade (µS/cm)				
P11	S	8,11932	7,94974	8,28890
	F	10,04051	9,89248	10,18854
P12	S	7,39706	7,20802	7,58610
	F	8,60616	8,46697	8,74534
P13	S	31,11288	30,08330	32,14247
	F	31,22716	30,15160	32,30272
P15	S	43,28652	42,81532	43,75773
	F	42,5947	42,3268	42,8625
P17	S	48,67271	48,18839	49,15702
	F	53,4247	53,2217	53,6277
igarapé Raul	S	54,06257	53,63361	54,49153
	F	56,3341	56,2007	56,4676
STD (mg/L)				
P11	S	5,50000	5,34911	5,65089
	F	6,86247	6,70569	7,01925
P12	S	5,13462	4,96753	5,30170
	F	5,85881	5,72544	5,99219



Parâmetros / Pontos	Prof.	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
P13	S	19,45838	18,84515	20,07162
	F	20,32104	19,67372	20,96836
P15	S	27,91619	27,62693	28,20546
	F	27,8490	27,6851	28,0128
P17	S	30,80068	30,52256	31,07880
	F	33,6647	33,5234	33,8059
igarapé Raul	S	33,30489	32,92413	33,68565
	F	35,3740	35,2545	35,4935
Turbidez (NTU)				
P11	S	13,80069	13,36156	14,23983
	F	13,68023	13,36926	13,99121
P12	S	13,20683	12,74612	13,66755
	F	13,38971	13,03689	13,74254
P13	S	21,91089	20,90171	22,92007
	F	38,31523	36,47754	40,15292
P15	S	77,44210	74,28793	80,59626
	F	140,1674	137,7908	142,5439
P17	S	86,82650	83,47571	90,17729
	F	162,7628	159,9418	165,5838
igarapé Raul	S	92,43696	88,84044	96,03348
	F	154,2330	152,5220	155,9440

Comparando, ainda, as fases de enchimento e pós-enchimento, pode-se observar as seguintes características na superfície dos pontos de coleta:

- Ponto P11 (rio Mutum Paraná): parâmetros limnológicos similares entre as duas fases, com exceção das menores concentrações de oxigênio dissolvido obtidas na fase pós-enchimento (**Quadro 9-8**).

Quadro 9-8- Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **ponto P11**.

Enchimento				Fundo			
Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)	Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	25,66	25,569	25,757	Temperatura	25,375	25,283	25,467



Oxigênio dissolvido	4,367	4,231	4,502		Oxigênio dissolvido	3,806	3,684	3,928
pH	5,318	5,261	5,374		pH	5,329	5,274	5,383
Condutividade	12,076	11,836	12,317		Condutividade	12,059	11,818	12,300
STD	7,310	7,138	7,482		STD	7,269	7,087	7,451
Turbidez	21,834	20,954	22,714		Turbidez	24,010	22,838	25,182
Pós-enchimento								
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)			Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	25,864	25,799	25,928		Temperatura	25,433	25,38753	25,47920
Oxigênio dissolvido	2,727	2,644	2,810		Oxigênio dissolvido	1,541	1,50675	1,57590
pH	5,7990	5,7667	5,8312		pH	5,932	5,89530	5,96921
Condutividade	8,119	7,949	8,288		Condutividade	10,040	9,89248	10,18854
STD	5,500	5,349	5,650		STD	6,862	6,70569	7,01925
Turbidez	13,800	13,361	14,239		Turbidez	13,680	13,36926	13,99121

- Ponto P12 (rio Cotia): parâmetros limnológicos similares entre as duas fases, com exceção das menores concentrações de oxigênio dissolvido obtidas na fase pós-enchimento (**Quadro 9-9**).

Quadro 9-9- Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **ponto P12**.

Enchimento								
Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Fundo	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	25,820	25,728	25,913		Temperatura	25,473	25,355	25,591
Oxigênio dissolvido	4,159	4,021	4,297		Oxigênio dissolvido	3,575	3,457	3,693
pH	5,352	5,296	5,409		pH	5,188	5,129	5,247
Condutividade	8,284	7,876	8,691		Condutividade	7,998	7,597	8,400
STD	5,134	4,886	5,382		STD	5,004	4,754	5,253
Turbidez	11,130	10,737	11,523		Turbidez	14,167	13,507	14,827
Pós-enchimento								
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)			Média	IC (-95%)	IC (+95%)



Temperatura	25,982	25,916	26,048		Temperatura	25,340	25,296	25,385
Oxigênio dissolvido	2,299	2,210	2,389		Oxigênio dissolvido	1,252	1,220	1,284
pH	5,794	5,761	5,827		pH	5,892	5,855	5,930
Condutividade	7,397	7,208	7,586		Condutividade	8,606	8,467	8,745
STD	5,135	4,968	5,302		STD	5,859	5,725	5,992
Turbidez	13,207	12,746	13,668		Turbidez	13,390	13,037	13,743

- Ponto P13 (área alagada do rio Mutum Paraná): parâmetros limnológicos similares entre as duas fases do empreendimento (**Quadro 9-10**).

Quadro 9-10- Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **ponto P13**.

Enchimento				Fundo			
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	27,554	27,423	27,685	Temperatura	26,808	26,685	26,931
Oxigênio dissolvido	3,717	3,622	3,812	Oxigênio dissolvido	2,052	2,002	2,101
pH	5,787	5,726	5,847	pH	5,595	5,535	5,654
Condutividade	17,341	15,864	18,819	Condutividade	17,419	15,951	18,886
STD	10,320	9,420	11,220	STD	10,473	9,582	11,363
Turbidez	21,889	19,604	24,175	Turbidez	30,809	27,233	34,386
Pós-enchimento							
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	26,331	26,253	26,408	Temperatura	25,795	25,751	25,840
Oxigênio dissolvido	3,117	3,060	3,174	Oxigênio dissolvido	1,863	1,837	1,889
pH	5,933	5,897	5,970	pH	6,108	6,074	6,142
Condutividade	31,113	30,083	32,142	Condutividade	31,227	30,152	32,303
STD	19,458	18,845	20,072	STD	20,321	19,674	20,968
Turbidez	21,911	20,902	22,920	Turbidez	38,315	36,478	40,153

- Ponto P15 (igarapé São Lourenço): leve acréscimo nos valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez na fase pós-enchimento (**Quadro 9-11**).

Quadro 9-11-Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **ponto P15**.

Enchimento				Fundo			
Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	28,082	27,958	28,206	Temperatura	26,136	26,044	26,228
Oxigênio dissolvido	4,499	4,414	4,584	Oxigênio dissolvido	2,448	2,354	2,542
pH	5,709	5,657	5,760	pH	5,508	5,454	5,562
Condutividade	36,257	33,720	38,794	Condutividade	35,687	33,137	38,236
STD	21,552	19,963	23,141	STD	21,468	19,855	23,081
Turbidez	55,843	51,930	59,757	Turbidez	76,965	71,811	82,118
Pós-enchimento							
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	27,595	27,545	27,644	Temperatura	26,003	25,978	26,027
Oxigênio dissolvido	4,027	3,983	4,071	Oxigênio dissolvido	2,457	2,437	2,476
pH	6,110	6,075	6,145	pH	6,243	6,223	6,264
Condutividade	43,287	42,815	43,758	Condutividade	42,595	42,327	42,863
STD	27,916	27,627	28,205	STD	27,849	27,685	28,013
Turbidez	77,442	74,288	80,596	Turbidez	140,167	137,791	142,544

- Ponto P17 (igarapé Jirau): leve acréscimo nos valores de pH e turbidez na fase pós-enchimento (**Quadro 9-12**).

Quadro 9-12-Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **ponto P17**.

Enchimento				Fundo			
Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)



	Média	IC (-95%)	IC (+95%)			Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	28,394	28,284	28,504		Temperatura	26,524	26,351	26,696
Oxigênio dissolvido	4,090	4,005	4,175		Oxigênio dissolvido	2,110	2,041	2,180
pH	5,662	5,569	5,754		pH	5,729	5,635	5,824
Condutividade	42,001	39,353	44,648		Condutividade	42,311	39,619	45,004
STD	24,753	23,142	26,364		STD	24,965	23,325	26,605
Turbidez	54,803	49,988	59,618		Turbidez	79,545	73,342	85,749
Pós-enchimento								
	Média	IC (-95%)	IC (+95%)			Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	27,742	27,697	27,788		Temperatura	26,025	25,994	26,057
Oxigênio dissolvido	3,802	3,758	3,845		Oxigênio dissolvido	2,255	2,237	2,274
pH	6,111	6,074	6,149		pH	6,329	6,304	6,354
Condutividade	48,673	48,188	49,157		Condutividade	53,425	53,222	53,628
STD	30,801	30,523	31,079		STD	33,665	33,523	33,806
Turbidez	86,827	83,476	90,177		Turbidez	162,763	159,942	165,584

- Igarapé Raul: leve acréscimo nos valores de pH e turbidez na fase pós-enchimento (**Quadro 9-13**).

Quadro 9-13- Valores médios e intervalo de confiança mínimo e máximo (com 95% de confiança) dos valores obtidos entre outubro de 2012 e 18 de maio de 2014 (**fase de enchimento**) e entre 19 de maio de 2014 e setembro de 2015 (**fase pós-enchimento**), para 06 parâmetros limnológicos mensurados no **igarapé Raul**.

Enchimento								
Superfície	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Fundo	Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	28,763	28,657	28,870		Temperatura	26,435	26,335	26,535
Oxigênio dissolvido	4,033	3,952	4,114		Oxigênio dissolvido	1,789	1,750	1,827
pH	5,888	5,833	5,942		pH	5,815	5,758	5,872
Condutividade	54,694	52,112	57,276		Condutividade	55,262	52,621	57,903
STD	34,095	32,486	35,704		STD	34,857	33,201	36,514
Turbidez	56,837	53,253	60,422		Turbidez	82,333	77,437	87,230
Pós-enchimento								

	Média	IC (-95%)	IC (+95%)		Média	IC (-95%)	IC (+95%)
Temperatura	27,559	27,513	27,606	Temperatura	25,965	25,947	25,982
Oxigênio dissolvido	4,213	4,172	4,254	Oxigênio dissolvido	2,695	2,681	2,710
pH	6,191	6,155	6,228	pH	6,299	6,285	6,313
Condutividade	54,063	53,634	54,492	Condutividade	56,334	56,201	56,468
STD	33,305	32,924	33,686	STD	35,374	35,254	35,494
Turbidez	92,437	88,840	96,033	Turbidez	154,233	152,522	155,944

De maneira geral, os pontos P11 e P12 merecem maior atenção com relação às concentrações de oxigênio dissolvido, que tendem a diminuir durante o período de enchente e águas altas, corroborando com as indicações na modelagem matemática do local. Como pode ser visualizado no **Quadro 9-6**, nestes dois pontos de coleta, poucos valores (concentração de oxigênio dissolvido na superfície da coluna da água) foram superiores ao limite estabelecido como alerta (50,3% dos dados obtidos no ponto P11 e 27,7% dos dados obtidos no ponto P12). Para os demais locais, a maior parte dos dados obtidos estiveram de acordo com os respectivos limites (91,3% dos dados no ponto P13; 98,8% dos dados no ponto P15; 100% dos dados no ponto P17 e 99,7% dos dados no igarapé Raul).

Assim, esses pontos podem ser mantidos em um programa de monitoramento intensivo, não necessitando ser diário (como será apresentado posteriormente). A seguir serão apresentados os dados obtidos através de testes estatísticos que corroboram a necessidade de alterações no monitoramento diário.

Após a obtenção de um amplo conjunto de dados, torna-se necessário a análise estatística desses resultados, com o objetivo principal de verificar se os resultados obtidos em dias de coleta próximos são mais semelhantes entre si do que o esperado ao acaso. Em estatística, esse problema é conhecido como autocorrelação temporal, ou seja, dependendo da frequência das coletas, os resultados são temporalmente dependentes. Assim, a existência de autocorrelação indica que as informações obtidas podem apresentar redundância.



Uma análise de autocorrelação temporal foi realizada para verificar se a frequência atual de monitoramento é necessária, considerando os seis tributários estudados. Um coeficiente de autocorrelação temporal consiste na correlação de uma série de dados com essa própria série considerando diferentes defasagens temporais. Um correlograma temporal é produzido quando os coeficientes de autocorrelação são relacionados com as defasagens temporais. Assim, essa análise tem como objetivo verificar se o valor de uma variável limnológica qualquer obtido em um determinado dia de coleta é similar ao valor observado no dia anterior. Elevados coeficientes de autocorrelação temporal indicam que sucessivos valores obtidos ao longo do tempo são similares ou que é possível prever o valor que seria observado no tempo $t+1$ conhecendo-se o valor registrado no tempo t . Quando existe elevada autocorrelação temporal, pode-se inferir que a frequência do programa de monitoramento pode ser minimizada tendo em vista que as informações coletadas não são independentes (i.e., não conferem novas informações).

Os correlogramas temporais estimados para as variáveis limnológicas mensuradas nos seis tributários estudados indicaram um elevado grau de dependência temporal (**Figura 9-4**). Para todos os parâmetros limnológicos estudados a autocorrelação foi significativa até 30 dias de intervalo, ou seja, os valores passariam a ser representativos após 2 meses de coleta (**Figura 9-4**). Isso foi mais evidente para as variáveis oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez, que após 30 dias apresentaram elevado coeficiente de autocorrelação (**Figura 9-4**).

Assim, valores obtidos, por exemplo, entre os dias 01, 02, 03, 04, 05, etc., de qualquer mês monitorado, tendem a ser muito similares e não conferem informações estaticamente independentes.

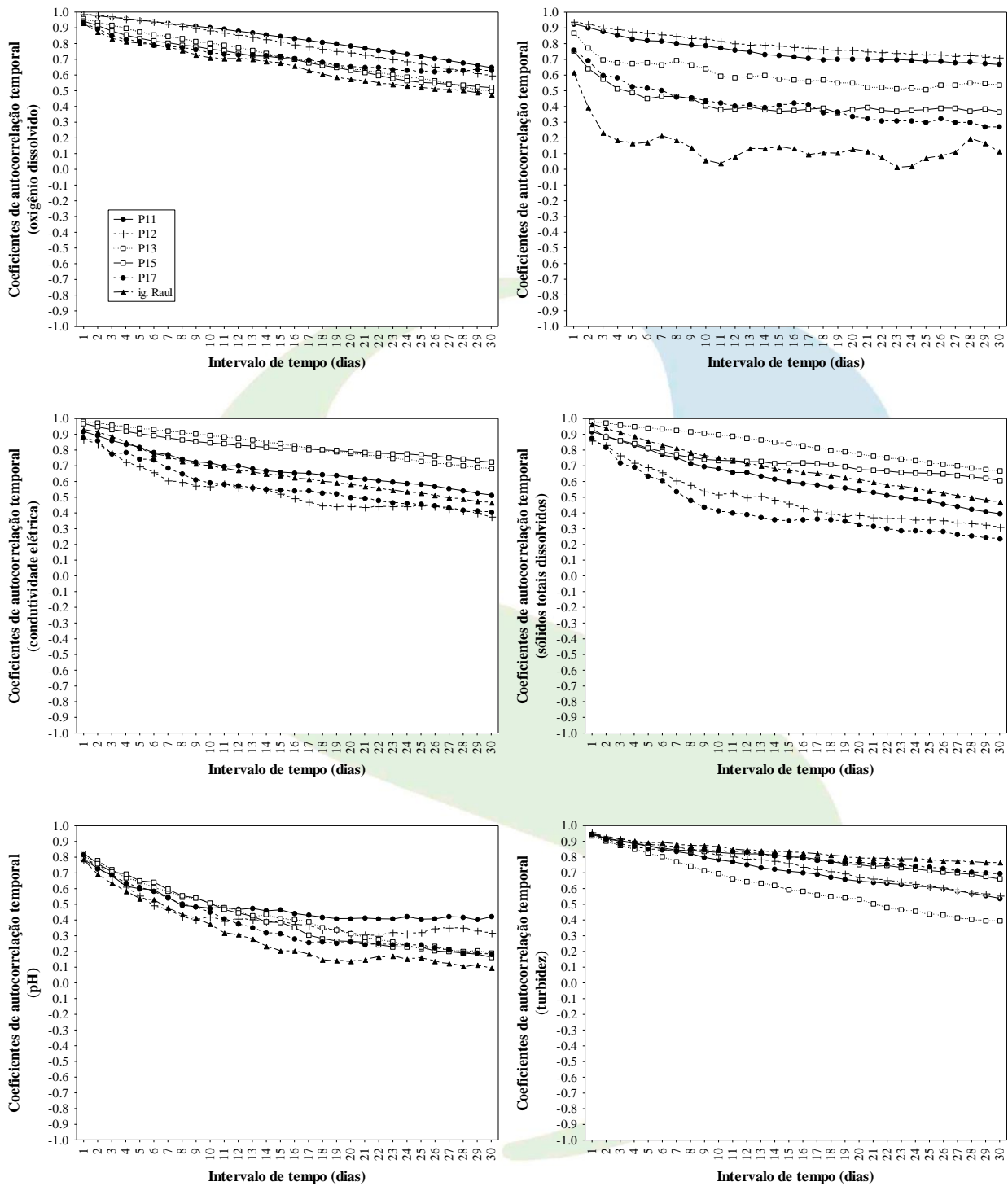


Figura 9-4- Correlogramas temporais para as diferentes variáveis limnológicas analisadas nos 06 (seis) tributários.

Além disso, entre os anos de 2014 e 2015, os resultados apresentados nos relatórios quinzenais (referentes ao monitoramento diário) têm demonstrado a similaridade nos valores dos parâmetros limnológicos quando mensurados a cada 50 cm de profundidade, principalmente considerando os valores de pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez (exemplo na **Figuras 9-5 a 9-9**). Isso se torna mais evidente em períodos de águas baixas e nos tributários mais rasos.

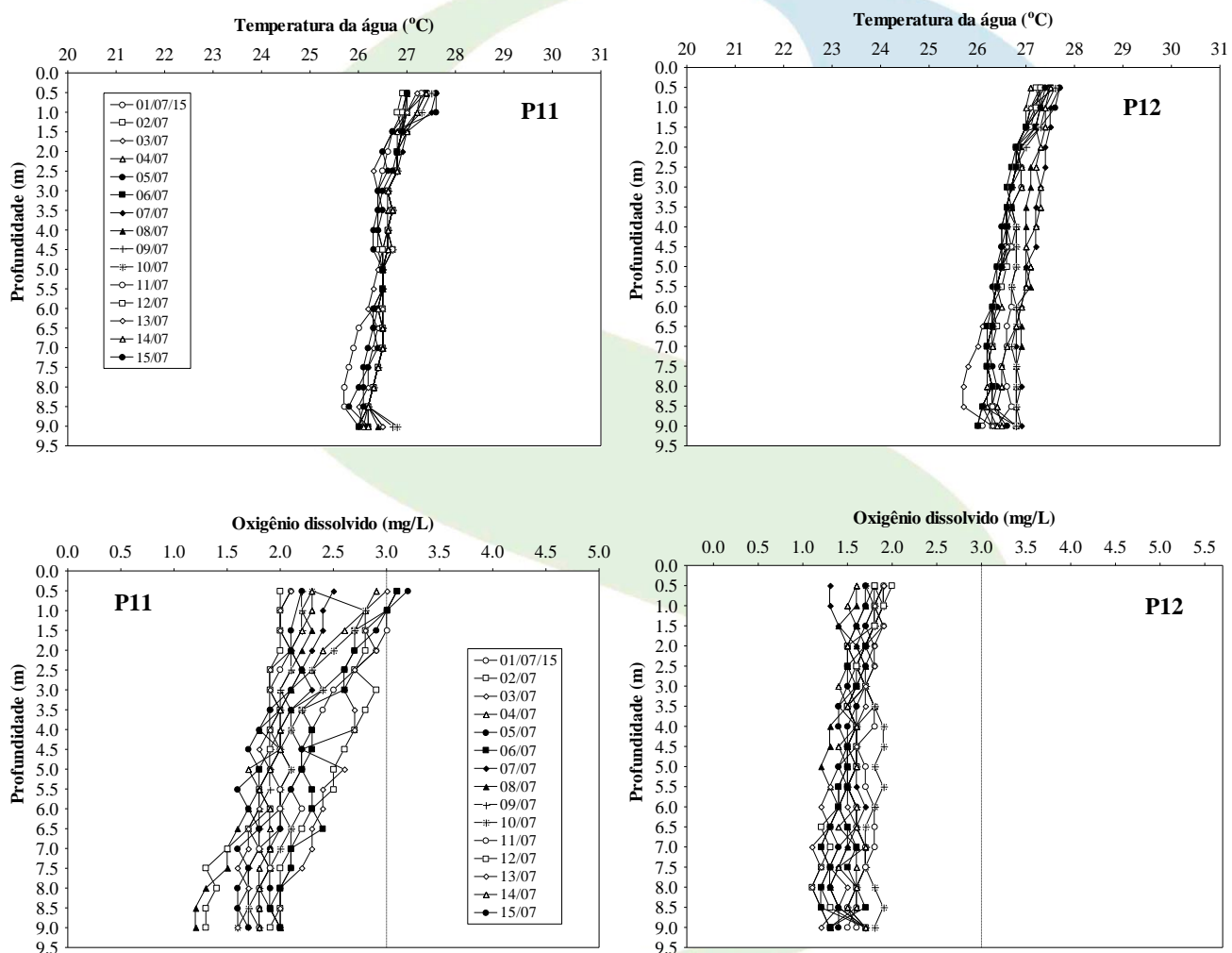
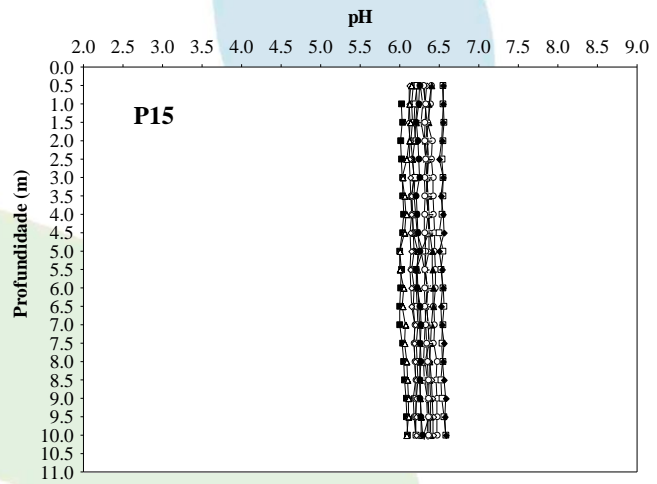
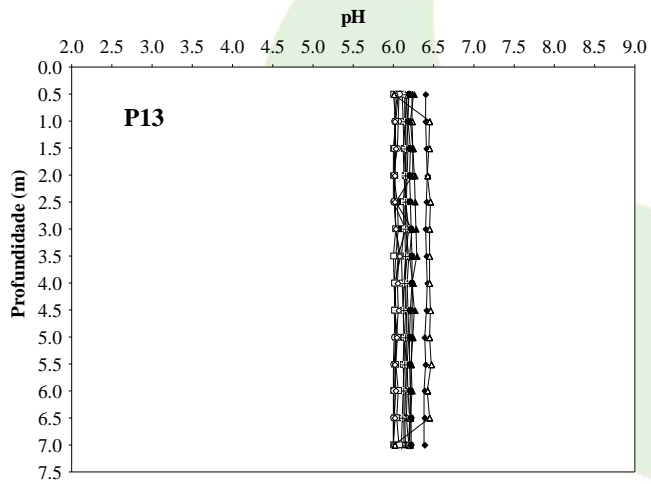
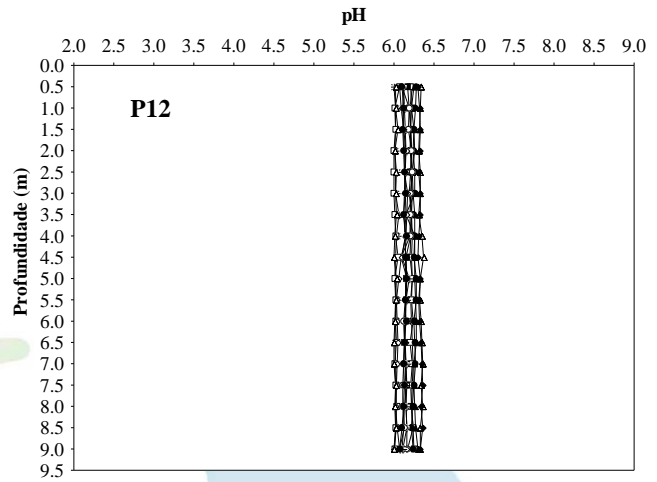
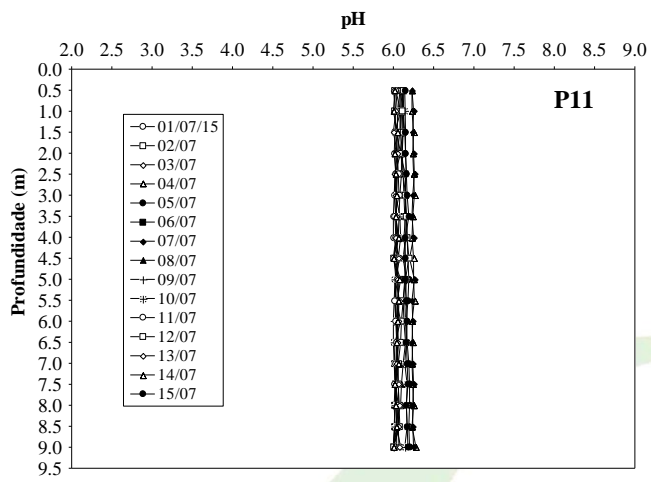


Figura 9-5- Valores de temperatura e oxigênio dissolvido mensurados entre os dias 01 e 15 de julho de 2015.



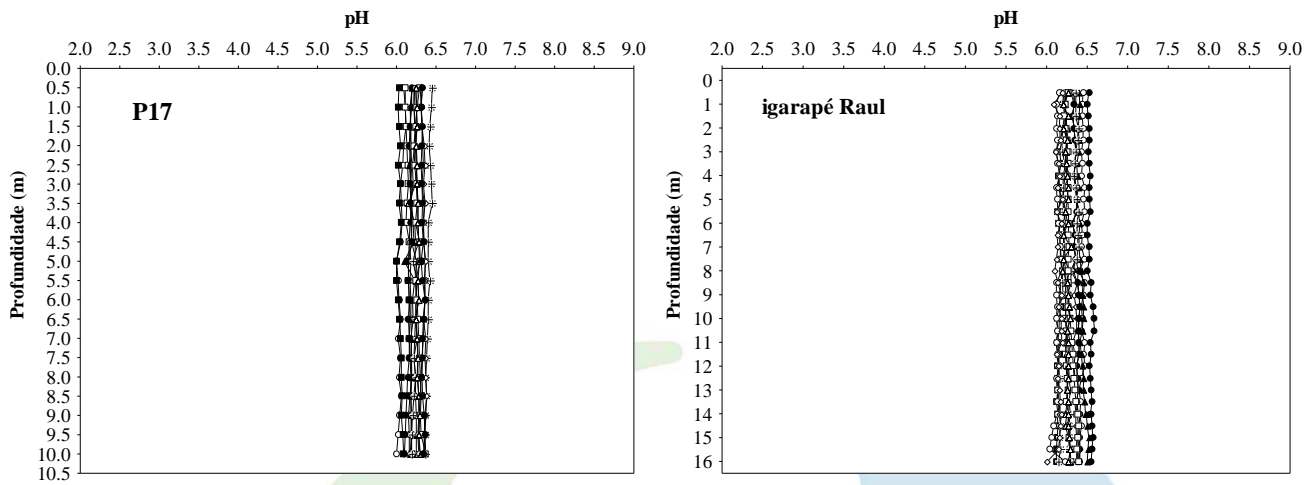
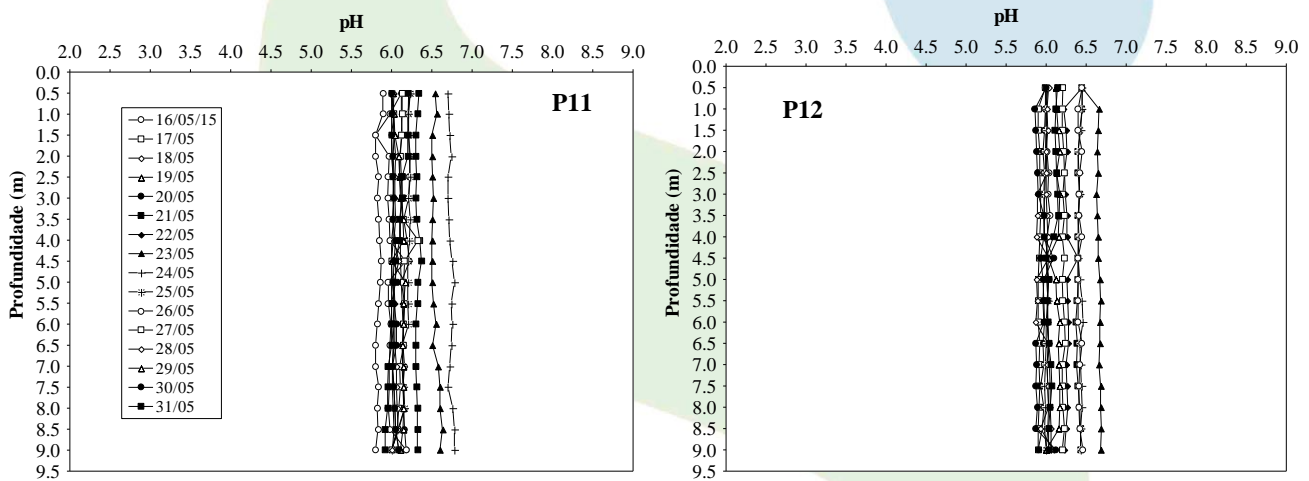


Figura 9-6- Valores de pH mensurados entre 01 e 15 de julho de 2015.



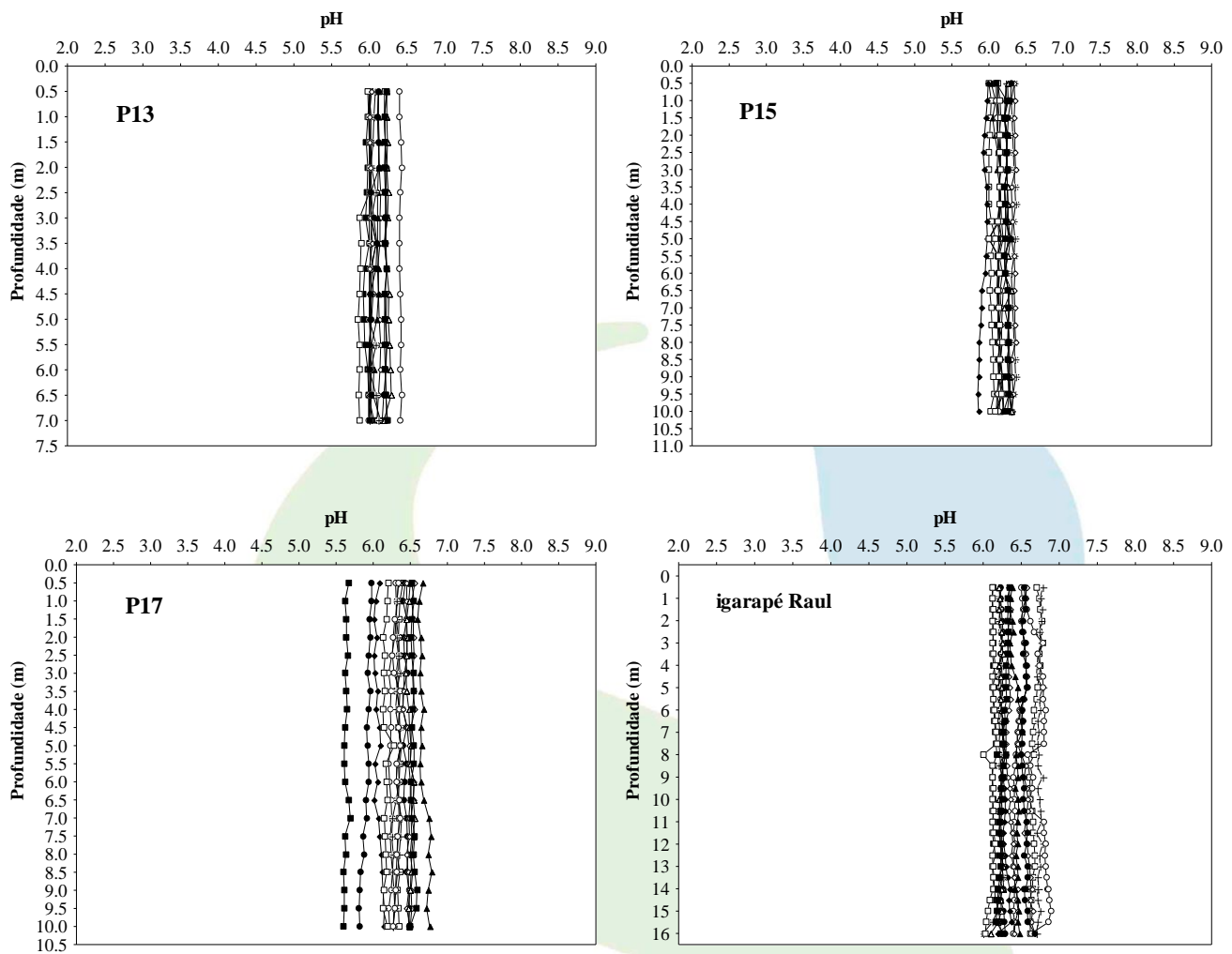
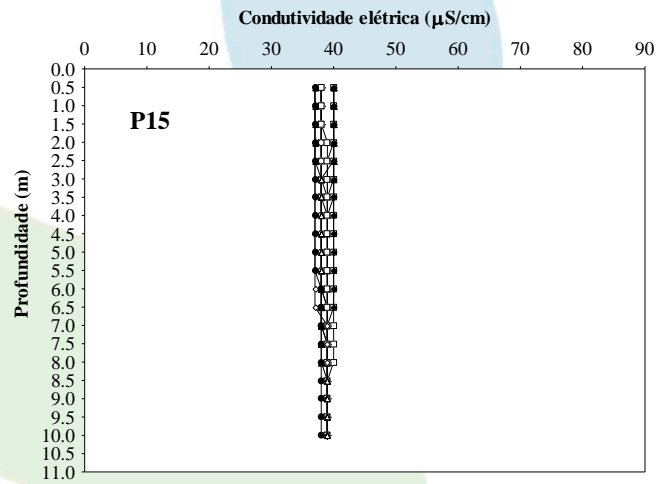
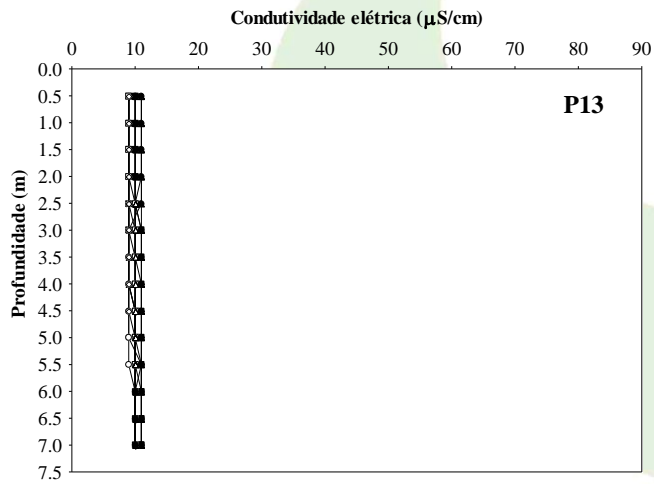
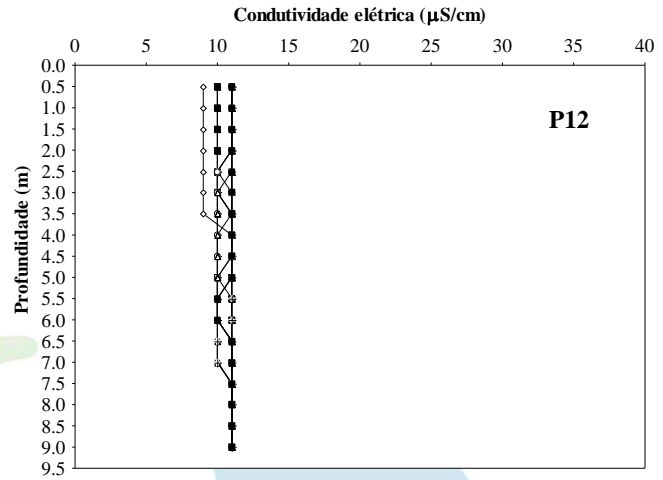
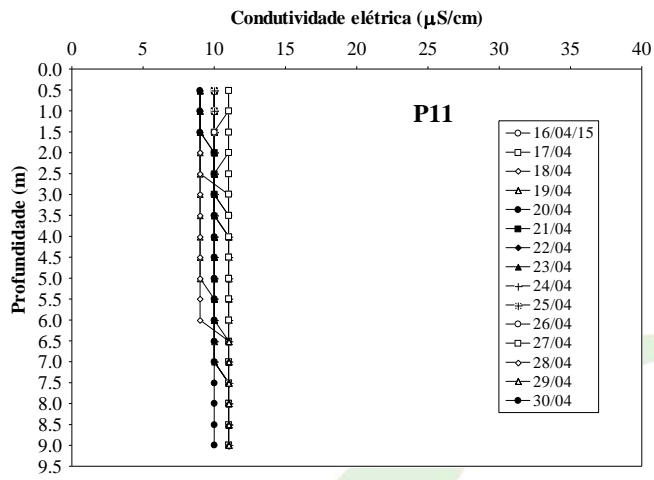


Figura 9-7- Valores de pH mensurados entre 16 e 31 de maio de 2015.



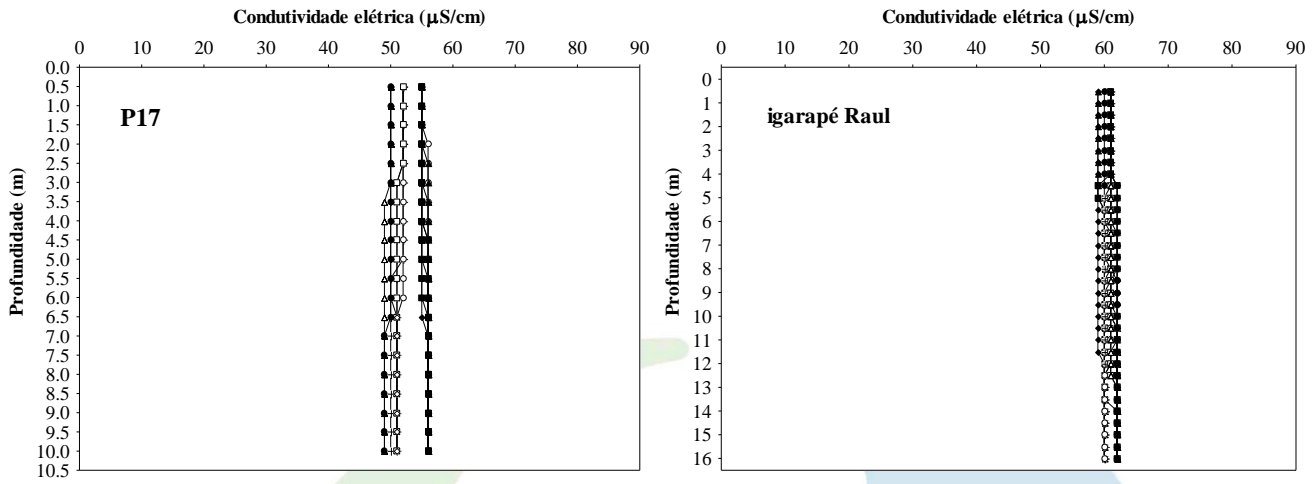
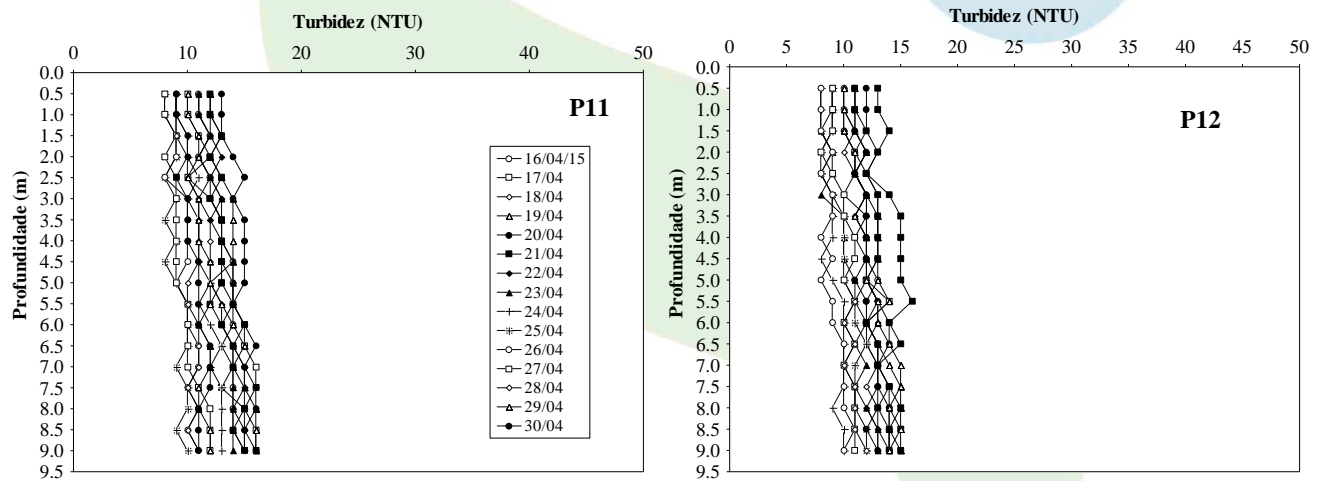


Figura 9-8- Valores de condutividade elétrica mensurados entre 16 e 30 de abril de 2015.



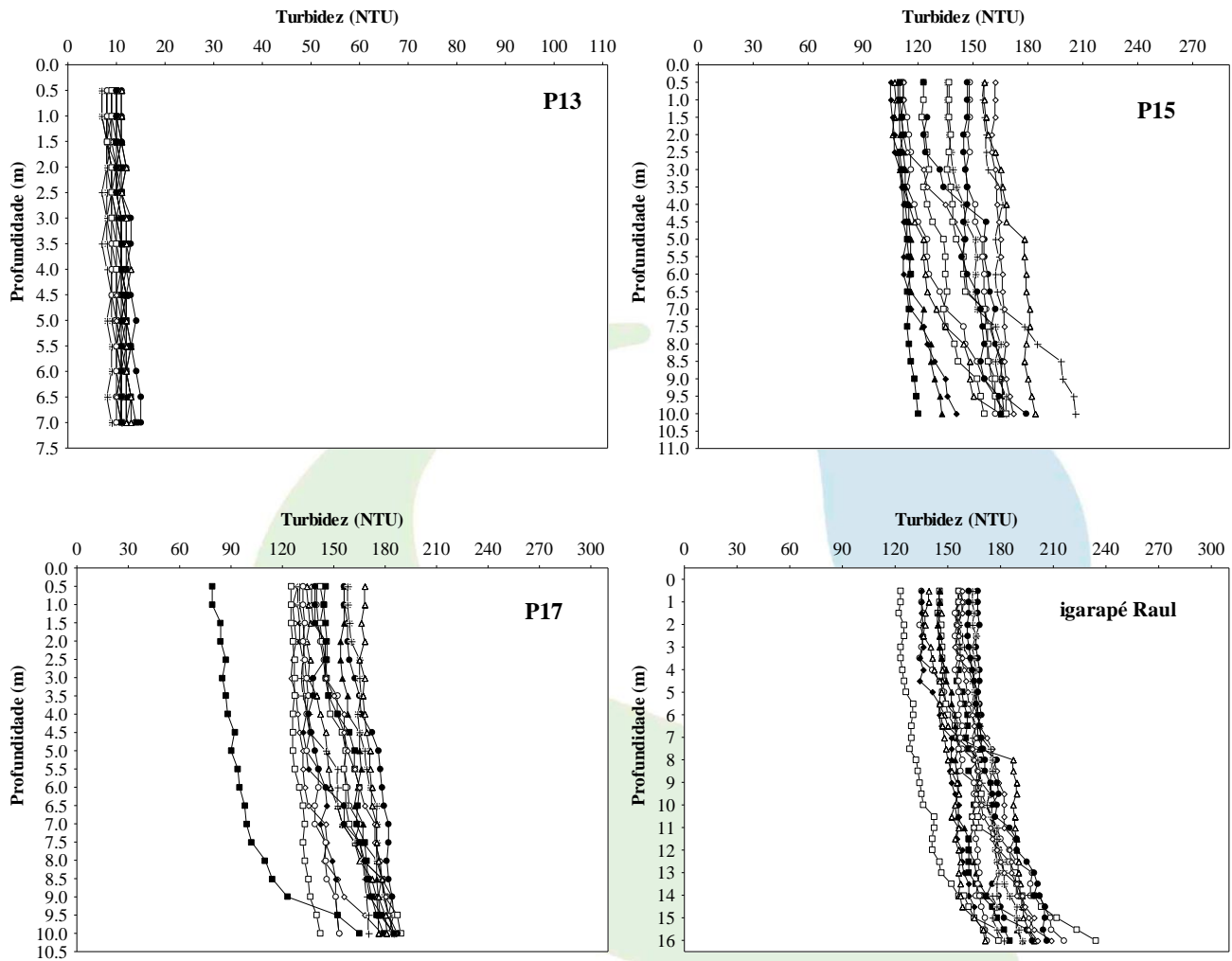


Figura 9-9- Valores de turbidez mensurados entre 16 e 30 de abril de 2015.

Considerando os resultados apresentados, sugere-se que os pontos P11, P12 e P13 continuem sendo monitorados de maneira intensiva (considerando as baixas concentrações de oxigênio dissolvido frequentemente mensuradas nesses locais), não necessitando ser um monitoramento diário (como demonstrado pela análise de autocorrelação temporal). Por outro lado, os demais locais de coleta não apresentaram transgressões com relação aos limites críticos propostos em atendimento à



condicionante 2.7 da Licença de Operação (LO) nº 1097/2012. Os maiores valores de turbidez, pH e condutividade elétrica registrados em alguns tributários (como nos pontos P15, P17 e Igarapé Raul) demonstram a influência das águas do rio Madeira nesses tributários, após o enchimento do reservatório, o que era esperado. Assim, sugere-se a interrupção do monitoramento diário dos tributários P15, P17 e Igarapé Raul.

De maneira geral, para todos os parâmetros limnológicos analisados, observou-se um elevado grau de dependência entre os dados diários, ou seja, é possível prever o valor de qualquer um desses parâmetros no tempo $t+1$ conhecendo-se o valor registrado no tempo t .

Em suma, a partir dos resultados obtidos, tanto na fase de enchimento quanto nessa fase atual pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau, foi possível verificar a elevada similaridade nos valores mensurados entre os dias mais próximos. Assim, as seguintes alterações são sugeridas:

- 1) Considerando as baixas concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas, principalmente, nos períodos de enchente e águas altas nos **pontos P11 e P12 (rio Mutum Paraná e rio Cotia) e, eventualmente, no ponto P13 (alagado do rio Mutum Paraná), sugere-se a continuidade do monitoramento intensivo desses tributários com frequência quinzenal** (tendo em vista a redundância nos dados, se obtidos com menor frequência, como demonstrado na análise de autocorrelação temporal, que demonstra a redundância dos dados até com 30 dias). Essa frequência quinzenal também nos norteará para o acionamento do sistema de alerta na região.
- 2) A coleta do perfil vertical nos pontos P11, P12 e P13 podem voltar a ser realizados em três profundidades (superfície, meio e fundo da coluna da água), tendo em vista a similaridade entre os valores obtidos a cada 50 cm de profundidade (resultados apresentados anteriormente).
- 3) Considerando o monitoramento quinzenal dos pontos P11, P12 e P13, quando as concentrações de oxigênio dissolvido forem inferiores ao limite proposto como alerta, serão acionados os aeradores no



local, assim como tem sido feito atualmente. Além disso, nessas condições, a equipe de ictiofauna participará desse monitoramento.

4) Os **pontos P15, P17 e Igarapé Raul** vem apresentando valores mais estáveis (considerando os parâmetros limnológicos analisados), sendo influenciados apenas pelos períodos de águas altas e águas baixas. Além disso, esses tributários não apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido inferiores ao limite crítico proposto no sistema de alerta do monitoramento. Assim, **sugere-se a suspensão** do monitoramento intensivo desses tributários. O monitoramento trimestral que já é realizado nesses tributários, através do Programa de Monitoramento Limnológico, é suficiente para a avaliação da influência sazonal sobre os parâmetros limnológicos nesses locais. A proposta dessa nova malha amostral pode ser visualizada no **Anexo VI**.

Ressalta-se, ainda, que, de acordo com o Programa de Monitoramento da Ictiofauna, o rio Mutum Paraná, mesmo apresentando baixas concentrações de oxigênio dissolvido, não tem apresentado problemas com mortalidade de peixes, o que justifica também a alteração da frequência do monitoramento. De fato, de acordo com o relatório de ictiofauna: "Em 2015 a abundância de peixes na área da antiga localidade de Mutum Paraná, denominada atualmente de Mutum Velho, atraiu cerca de 15 pescadores de Abunã para o local, estes encontram-se acampados e estão sendo monitorados semanalmente no local desde maio de 2015. Todos esses pescadores monitorados possuem residência fixa em Abunã e estão acampados simplesmente pela facilidade de ficarem próximos ao local de pesca com maior produção. Destaca-se que a equipe técnica do SMAP observou a presença frequente de atravessadores durante todo o período monitorado neste acampamento, mais um indicativo de que a produção pesqueira neste local é alta".

Além disso, o monitoramento diário foi adicionado ao Programa de Monitoramento Limnológico como uma atividade intensiva a ser realizada durante o enchimento do reservatório, com o objetivo de minimizar algum possível dano ecológico nessa fase do empreendimento. Esse objetivo foi, de fato,

cumprido, uma vez que a fase de enchimento foi superada e o empreendimento encontra-se a mais de 01 (um) ciclo hidrológico na fase de operação.

7) Interrupção do Monitoramento em Tempo Real

Os dados do monitoramento em tempo real, através das sondas instaladas tanto a montante quanto a jusante da barragem, têm demonstrado grande similaridade com os valores originados através do Programa de Monitoramento Limnológico. As maiores variações têm sido obtidas avaliando os dados de turbidez (maiores valores no período de enchente e águas altas), assim como os dados do Programa têm demonstrado. As concentrações de oxigênio dissolvido são frequentemente menores durante o período noturno, o que é esperado tendo em vista as menores taxas fotossintéticas dos organismos fitoplanctônicos. Assim, considerando que as informações redundantes têm sido registradas através do Programa de Monitoramento Limnológico, sugere-se a interrupção do monitoramento em tempo real. Ressalta-se, entretanto, que, caso seja identificada alguma alteração significativa nas características limnológicas, esta atividade será retomada como uma medida de gestão.

8) Frequência de entrega dos relatórios

Considerando a frequência trimestral atual do monitoramento limnológico, sugere-se que os relatórios sejam entregues semestralmente, contemplando os seguintes períodos: 01 (um) relatório semestral contemplando os períodos de enchente e águas altas (meses de janeiro e abril) e 01 (um) relatório semestral contemplando os períodos de vazante e águas baixas (meses de julho e outubro).



Dessa forma, os relatórios terão conclusões mais robusta, tendo em vista a similaridade entre esses meses (por exemplo, entre julho e outubro).

9.3 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

A proposta de cronograma do Programa de Monitoramento Limnológico para a fase de pós-renovação da LO encontra-se apresentado no **Quadro 9-14**.

Quadro 9-14– Proposta de cronograma de atividades do Programa de Monitoramento Limnológico.

Cronograma	2016												2017												2018												2019												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Programa de Monitoramento Limnológico																																																	
Campanhas trimestrais de monitoramento																																																	
Entrega dos relatórios técnicos semestrais																																																	
Criar e alimentar um banco de dados georreferenciado																																																	

Previsto	
Realizado	

10 EQUIPE TÉCNICA

O **Quadro 10-1** apresenta a equipe técnica responsável pela execução do programa.

Quadro 10-1 - Equipe técnica responsável pela execução do programa.

NOME	CARGO	CTF/ÓRGÃO DE CLASSE	ASSINATURA
Juliana Machado do Couto Curti	Diretora técnica/ Bióloga	CRBio nº 30921/D CTF/IBAMA 518647	
Kátia Bittar Haddad	Trabalho laboratório/ Bióloga	CRBio nº57437 CTF/IBAMA 3166007	
Leonardo de Assis Ítalo	Trabalho de campo e laboratório/ Biólogo	CRBio nº49855 CTF/IBAMA 5160320	
Wagner Batista Xavier	Trabalho de campo e laboratório/ Biólogo	CRBio nº70166 CTF/IBAMA 3165884	
AdailtoFrancisco Félix	Trabalho de campo e laboratório/Gestor Ambiental	CTF: 5997401	
Metusáel Nunes da Silva	Trabalho de campo e laboratório/ Biólogo	CTF: 6510698	
Thiago dos Santos Neves	Trabalho de campo e laboratório/Químico	CRQ nº12200562 CTF/IBAMA 6314812	
Luiza Soares Brandão	Trabalho de campo e laboratório/Química	CTF/IBAMA 5712264	
Luiz Felipe Machado-Velho	Analista das comunidades aquáticas (zooplâncton)/ Biólogo	CRBio nº 12570 CTF/IBAMA 904763	
Luzia Cleide Rodrigues	Analista das comunidades aquáticas	CRBio nº 17890	

	(fitoplâncton)/ Bióloga	CTF/IBAMA 904744	
Janet Higuti	Analista das comunidades aquáticas (zoobentos)/ Bióloga	CRBio nº17889 CTF/IBAMA 4965113	
Donato Seiji Abe	Biólogo responsável pelo Sistema de Monitoramento em Tempo Real	CRBio- nº 06075/01 CTF/IBAMA: 311398	

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.

BASU, B.K. E PICK, F.R. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate river. **Journal of Plankton Research**, v. 19, p. 237-253. 1996.

BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. **Qualidade de águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Editora FURG, 2001. 166p.

BDPro. **BioDiversity Professional** ©. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science, 1997.

BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. **Holos Environmental**, 2001, 1, 162.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.

BOLTOVSKOY, D., TELL, G.; DADON, R. 1995. Afinidad entre comunidades bentônicas de um ambiente lótico. Pages 203-214 *in*: E. C. Lopretto and G. Tell editores. **Ecosistemas de águas continentales**: metodologias para su estudio. Argentina.

BONECKER, C.C, NAGAE, M.Y. BLETLER, M.C.M, VELHO, L.F.M., LANSAC-TÔHA, F.A. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. **Hydrobiologia** V.579, P. 115-123. 2007.



- BORGES, P.A.F.; RODRIGUES, L.C.; PAGIORO, T.A.; TRAIN, S. Spatial variation of phytoplankton and other abiotic variables in the Pirapó River -PR (Brazil) in august 1999: Preliminary study. **Acta Scientiarum**, v. 25, p. 1-8, 2003.
- BURGER, D.F. *et al.* Distribution and abundance of zooplankton in the Waikato River, New Zealand. **Hydrobiologia**, v. 479, p. 31-38. 2002.
- CALLISTO, M., MORENO, P.; GONÇALVES Jr. J. F.; LEAL, J. J. F.; ESTEVES, F. A. 2002. Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 62: 77-84.
- CARMOUZE, J.P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Editora Edgard Blücher, Fapesp, 1994. 254 p.
- CASPER, A.F. THORP, J.H. Diel and lateral patterns of zooplankton distribution in the St. Lawrence River. **River Research and Applications**, v. 23, p.73-85, 2007.
- COFFMAN, W. P.; FERRINGTON Jr L. C. 1996. Chironomidae. Pages 635-754 in R. W Merritt and K. W. Cummins, editors. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall: Hunt Publishing, USA.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.
- DABÉS, M.B.G.S. e VELHO, L.F.M. Assemblage of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) associated to aquatic macrophytes stands in a marginal lake of the São Francisco river floodplain, Brazil. **Acta Scientiarum Maringá**, v. 23, p. 299-304, 2001.
- DESCY, J.; LEITAO, M.; EVERBECQ, E.; SMITZ J.S.; DELIEGE, J. F. Phytoplankton of the River Loire, France: a biodiversity and modelling study. **Journal of Plankton Research**, v. 34, n. 2, p.120-135, 2012.
- DOMIS, L. N. S.; ELSER, J. J.; GSELL, A. S.; HUSZAR, V. L. M.; IBELINGS, B. W.; JEPPESEN, E.; KOSTEN, S.; MOOIJ, W. M.; ROLAND, F.; SOMMER, U.; VAN DONK, E.; WINDER, M.; LÜRLING, M. Plankton dynamics under different climatic conditions in space and time. **Freshwater Biology**, v. 58, p. 463-482, 2013.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, p. 345-366. (1997).
- HIGUTI, J. 2004. Composition, abundance and habitats of benthic chironomid larvae. Pages 209-221 in S. M.Thomaz, A. A. Agostinho and N. S. Hahn, editors. **The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- HIGUTI, J., TAKEDA, A. M.; PAGGI, A. C. 1993. Distribuição espacial das larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) do rio Baía (MS-Brasil). **Revista UNIMAR** 15: 65-81.



- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Cheia no Rio Madeira. Disponível em < http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3547>. Acesso em 10 de maio de 2015.
- KOBAYASHI, T.R.J. Associations between river environmental variables and zooplankton body masses in a regulated Australian river. **Mar. Freshwat. Res.** v. 48, p. 523-529. 1997.
- KOBAYASHI, T.R.J. *et al.* Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. **Hydrobiologia**, v. 377, p. 133-145. 1998.
- KÜIPER-GOODMAN, T.; FALCONER, I.; FITZGERALS, J. Human health aspects. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.). **Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring, and Management.** London: E e FN Spon, 1999. p. 114-153.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: Agostinho, A. A. *et al.* (Org.). **Structure and Function of the Paraná River and its floodplain.** Eduem, Maringá: p. 75-84. 2004.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: HENRY, R (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** Botucatu: Fundibio/Fapesp. cap. 12, p. 347-74. 1999.
- LANSAC-TÔHA, F.A., *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: Rodrigues, L., *et al.* (eds). **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RIMA, p. 115-128. 2005.
- LANSAC-TÔHA, F.A., *et al.* Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 63-74. 2007.
- LIND, O. T.; TERRELL, T. T.; KIMMEL, B. L. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (Ed.), **Comparative reservoir limnology and water quality management.** Kluwer Academic Press, Netherlands, 1993. p. 57-67.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist.** Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MORETTO, Y., HIGUTI, J.; TAKEDA, A. M. 2003. Spatial variation of the benthic community in the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences** 25: 23-30.
- NOGUEIRA, M.G. Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Parapanema River), São Paulo, Brasil. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 455, p. 1-18. 2001.

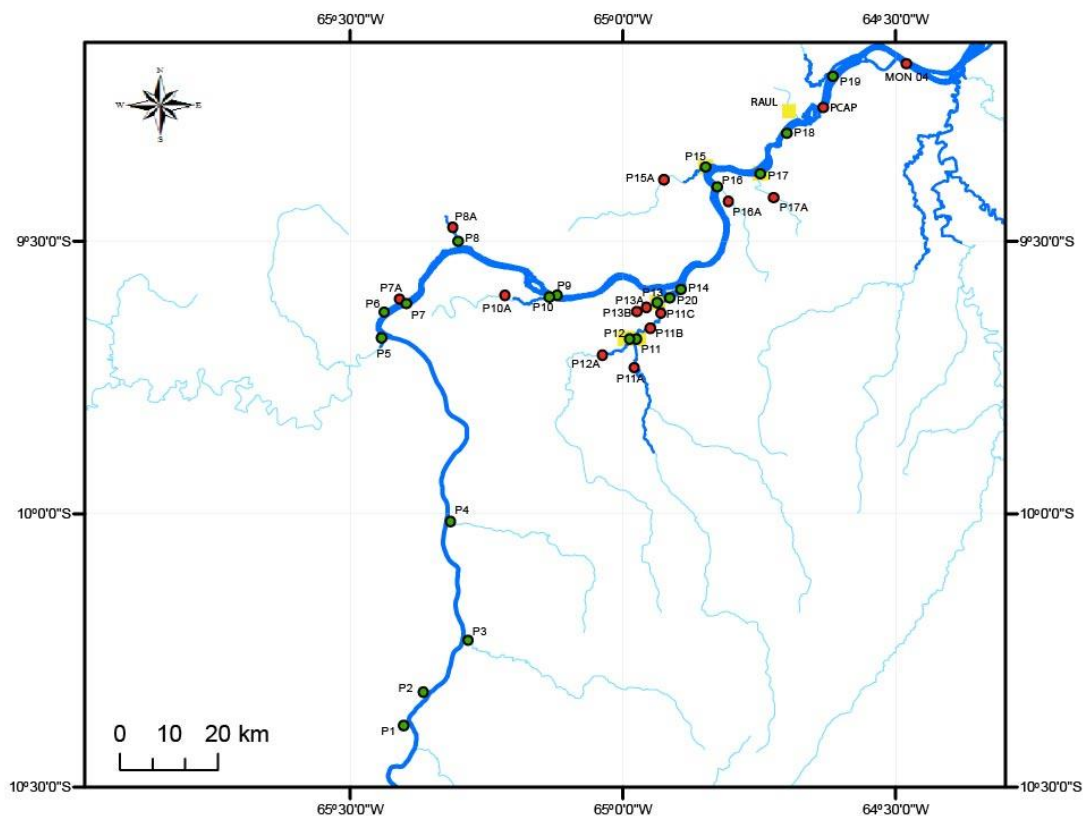


- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. 1-19, 2009.
- POURRIOT, R. et al. Origin and development of river zooplankton: example of the Marne. **Hydrobiologia**, v. 345, p.143-148. 1997.
- RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. 1984. **The ecology of aquatic insects**. New York, Praeger Publishers, 625p.
- RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. 1989. Spatial-temporal variability and the study of aquatic insects. **Canadian Entomologist** 121: 941-963.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: The Paradigm Regained. In: HARPER, D. M.; FERGUNSON, A. J. D. (Ed.), **The ecological basis for river management**, John Willet & Sons publishers, 1995. p. 161-180.
- REYNOLDS, C.S.; DESCY, J.P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. **Archiv Hydrobiologic Supplement**, v. 113, p. 161-187, 1996.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L., MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- RODRIGUES, L. C.; TRAIN, S.; BOVO-SCOMPARIN, VM.; JATI, S.; BORSALLI, CCJ.; MARENGONI, E. Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, (2, suppl.), p. 51-516, 2009.
- SALMASO, N.; ZIGNIN, A. At the extreme of physical gradients: phytoplankton in highly flushed, large rivers. **Hydrobiologia**, v. 639, n. 1, p. 21-36, 2010.
- SAMPAIO, E. V. et al. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 62, n. 3, p. 525-545. 2002.
- SEYLER, P.T.; BOAVENTURA, G. R. 2001. Trace elements in the mainstream Amazon river. In: McClain, M.E.; Victoria, F.R.L.; Richey, J.E. (Eds). *The biogeochemistry of the Amazon basin*. Oxford Press.
- SILVA, M.B., RIBEIRO, S.M.M.S., VELHO, L.F.M. Composição de amebas testáceas (Amoebozoa: Rhizopoda) associadas à rizosfera de *Eichhorniacrassipes* (Martius) Solomons (Pontederiaceae) no rio Cachoeira, Bahia, Brasil: novos registros para o ordeste. **Sitentibus Série Ciências Biológicas** V.9, P. 192-203. 2009.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L. Phytoplanktonic Assemblages. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys, 2004. p.103-124.



- VELHO, L. F. M. *et al.* Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p.103-113. 1999.
- VELHO, L.F.M., *et al.* Distribuição longitudinal da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: Rodrigues, L., *et al.* (eds). **Biocenoses em reservatórios**: Padrões espaciais e temporais. São Carlos: RIMA, p. 129-140.2005.
- VIEIRA, L.C.G. *et al.* Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **ArchivfürHydrobiologie**, v.170, p. 77-85.2007.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Spring-Verlag, 2000. 429 p.
- WILLIAMS, D. D.; FELTMATE, B. W. 1992. **Aquatic Insects**. Redwood Books Ltd., Trowbridge, UK.
- WU, R.S.S. 2002. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin* 45, 35–45.

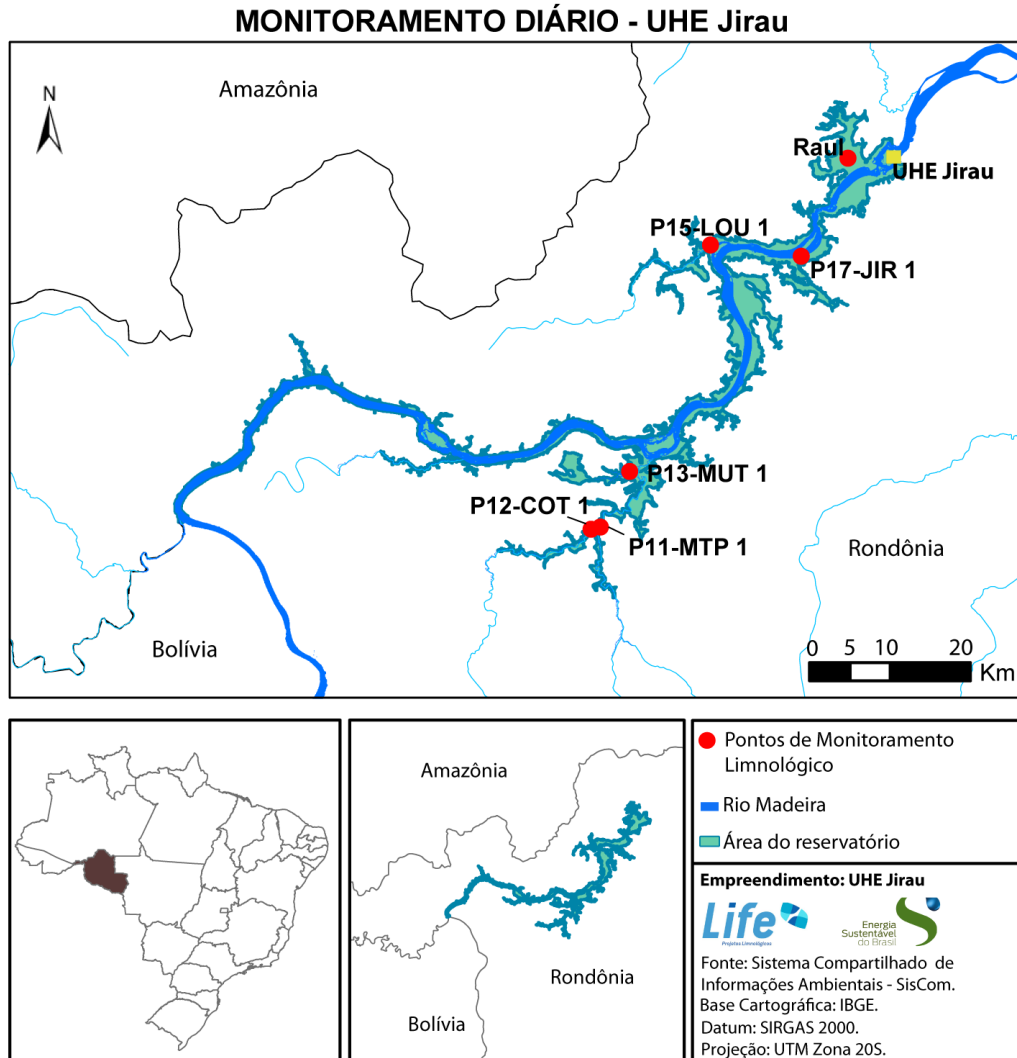
ANEXO I - Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento Limnológico, na fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE Jirau.



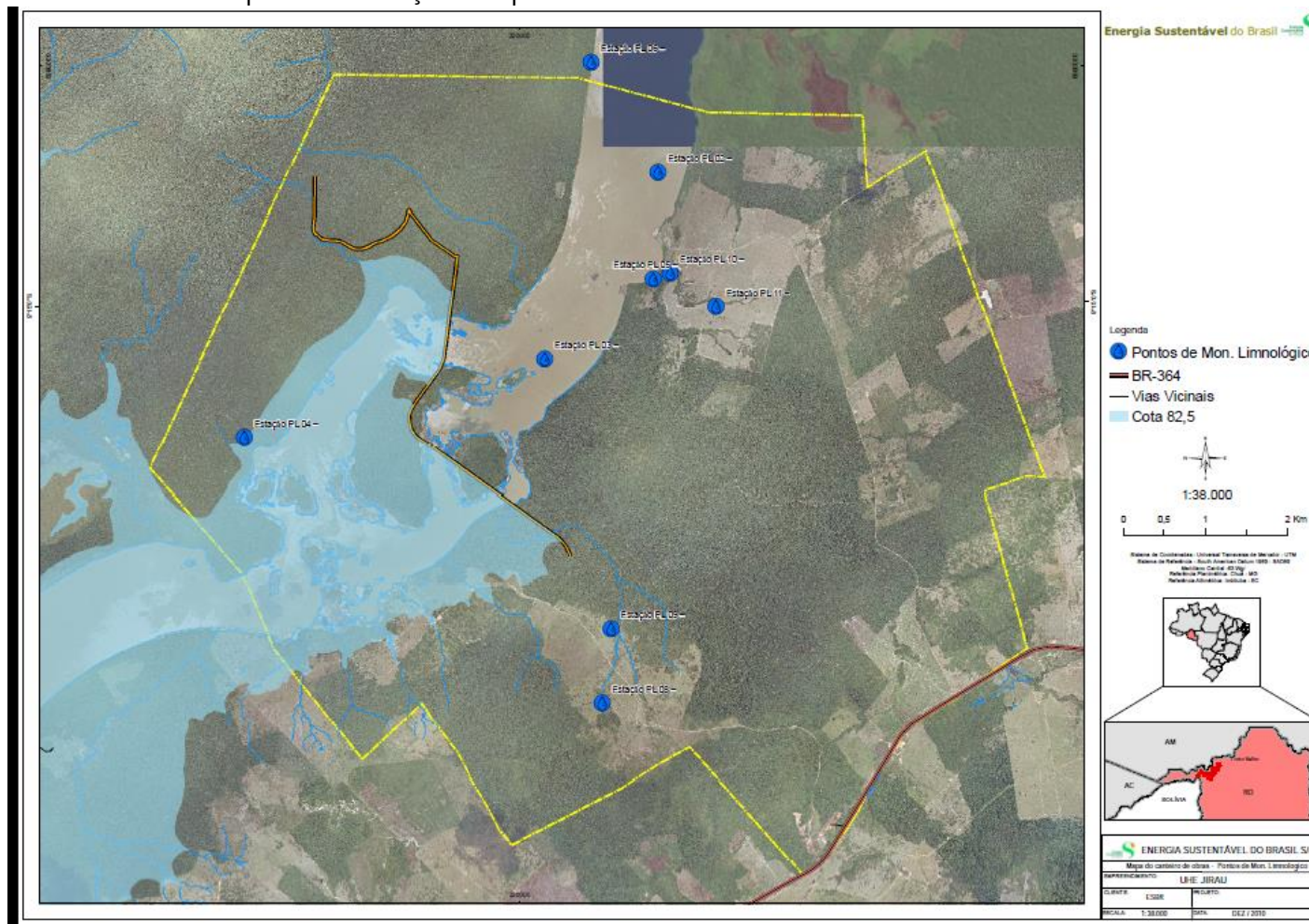
OBS. O ponto MON 4 apresentado nesse mapa, está localizado na área de influência da UHE Santo Antônio, não sendo parte do programa de monitoramento limnológico da UHE Jirau. O monitoramento desse ponto foi realizado até julho de 2015 para verificar a influência do enchimento do reservatório da UHE Jirau, sobre as características limnológicas à jusante da barragem.



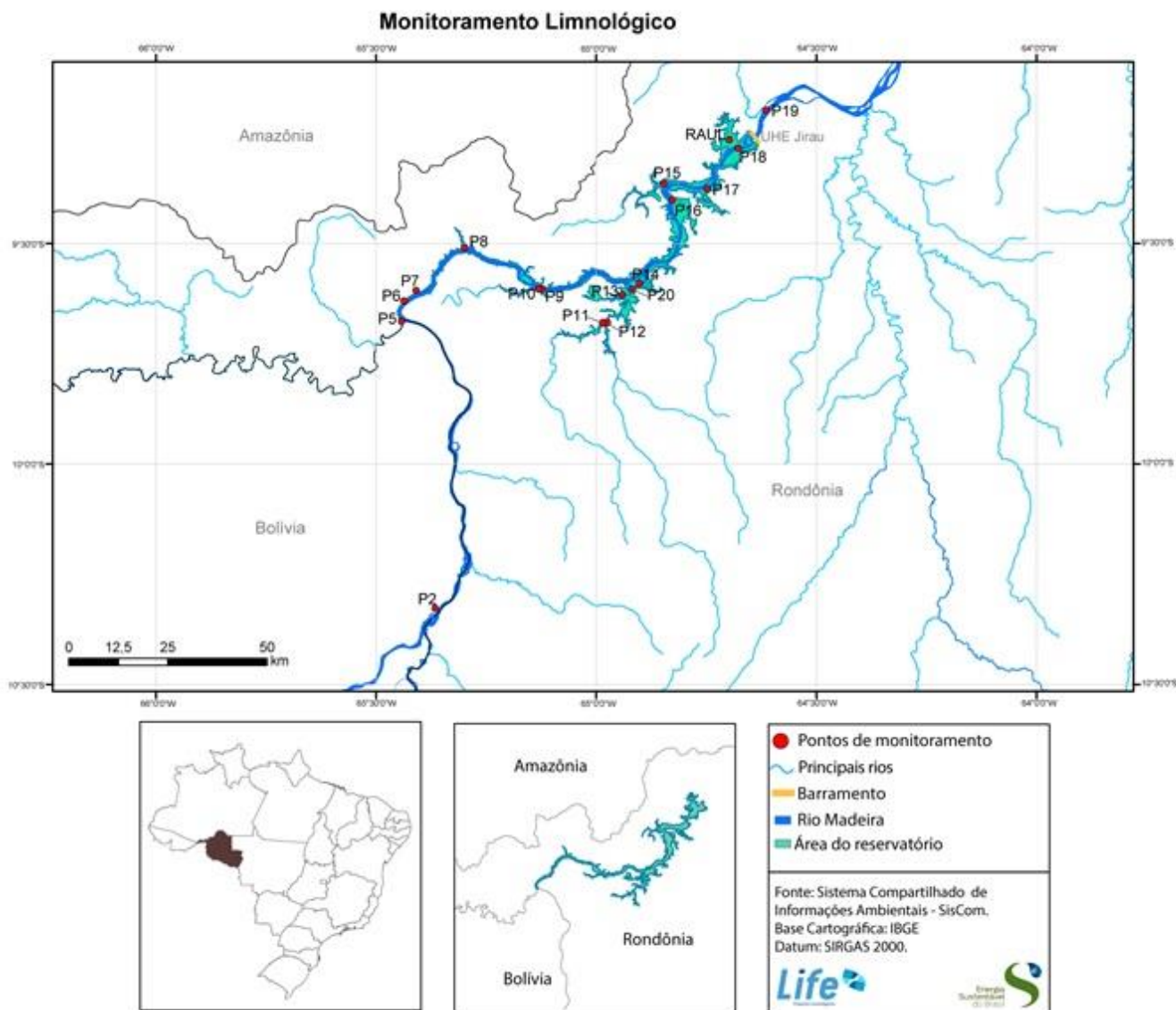
ANEXO II - Mapa com o localização dos pontos de coleta do Monitoramento Diário da UHE Jirau.



ANEXO III - Mapa de localização dos pontos amostrais localizados no Canteiro de Obras da UHE Jirau.

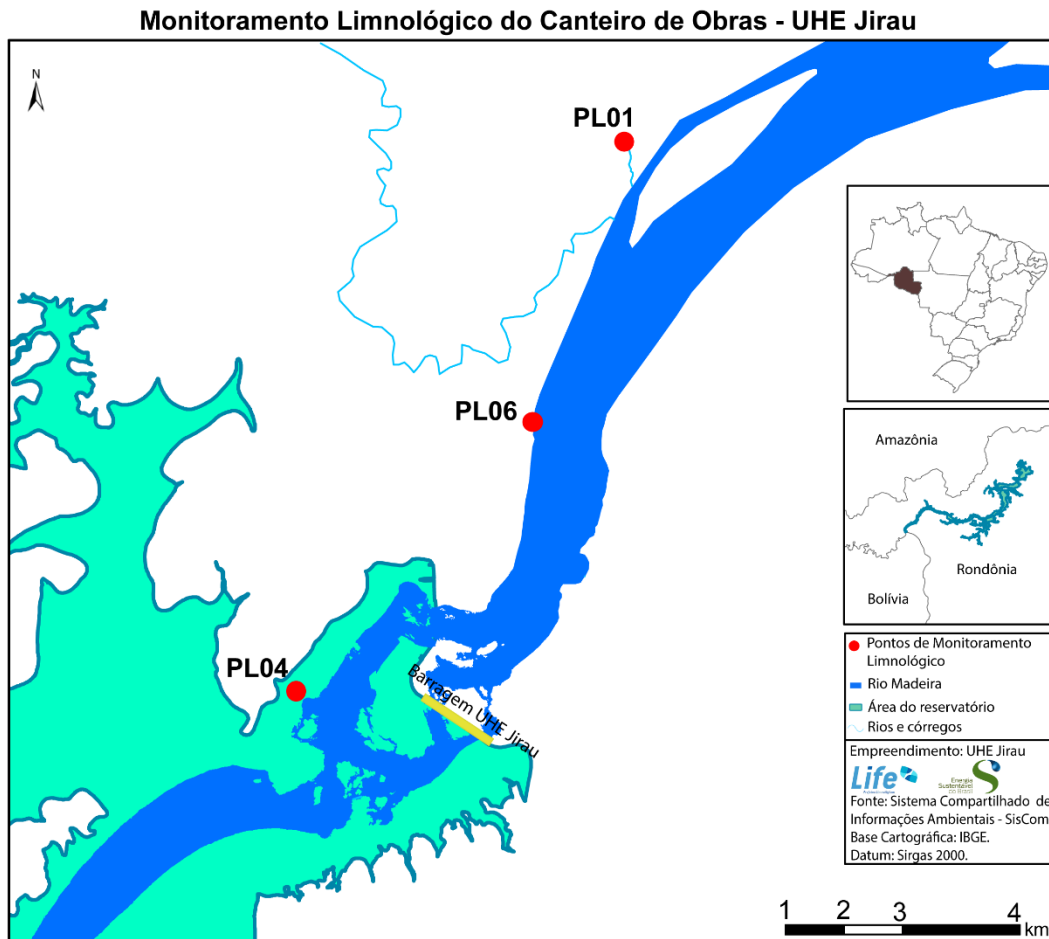


ANEXO IV – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Limnológico.



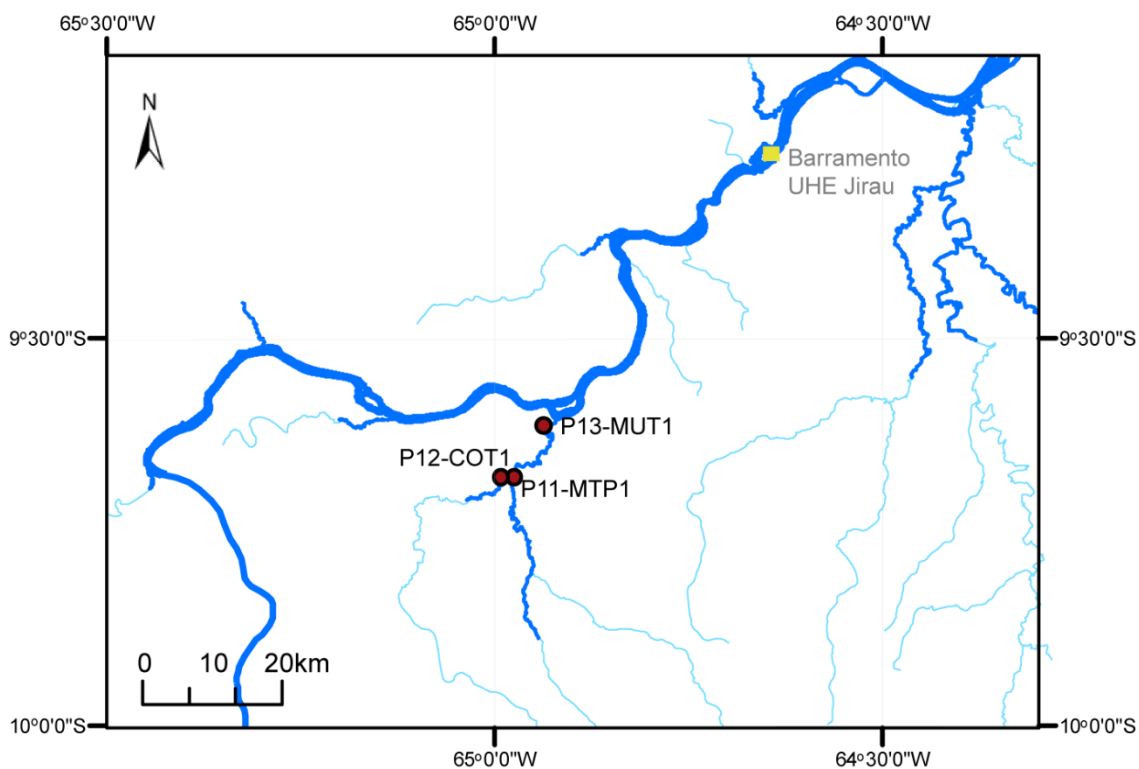


ANEXO V – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras da UHE Jirau.



ANEXO VI – Malha amostral sugerida para o Programa de Monitoramento Intensivo (coleta realizada, até o momento, diariamente).


Monitoramento Diário - UHE Jirau



<p>Localização</p>	<p>Legenda</p> <p>Monitoramento Diário</p> <ul style="list-style-type: none"> Rio Madeira Hidrografia Monitoramento diário 	<p> </p> <p>Empreendedor: Energia Sustentável do Brasil Empreendimento: UHE Jirau</p> <hr/> <p>Fonte: Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - SisCom. Base Cartográfica: IBGE. Datum: Sirgas 2000.</p>
---------------------------	--	--



Goiânia, 15 de abril de 2016



Biól. MSc. Juliana Machado do Couto Curti
Diretora Técnica
CRBio nº 30921/D
CTF/IBAMA 518647