

SUMÁRIO – 11.4.1 PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

11	PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	11.4.1-1
11.4.	PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	11.4.1-1
11.4.1	PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL	11.4.1-1
11.4.1.1	INTRODUÇÃO	11.4.1-1
11.4.1.2	RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	11.4.1-3
11.4.1.2.1	MONITORAMENTO TRIMESTRAL – RIO XINGU E TRIBUTÁRIOS	11.4.1-5
11.4.1.2.2	MONITORAMENTO MENSAL – PONTO DE COLETA RX 03.....	11.4.1-153
11.4.1.2.3	MONITORAMENTO MENSAL – ENTORNO DOS CANTEIROS ...	11.4.1-156
11.4.1.2.4	MONITORAMENTO MENSAL – PONTOS PRÓXIMOS ÀS VIAS DE ACESSO E LINHAS DE TRANSMISSÃO.....	11.4.1-159
11.4.1.2.5	MONITORAMENTO MENSAL – INTERIOR DOS CANTEIROS....	11.4.1-159
11.4.1.2.6	CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO ...	11.4.1-160
11.4.1.2.7	RECOMENDAÇÕES PARA ALTERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA..	11.4.1-224
11.4.1.3	ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO.....	11.4.1-227
11.4.1.4	ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO/PROGRAMA/ PROJETO ...	11.4.1-229
11.4.1.5	ATIVIDADES PREVISTAS	11.4.1-231
11.4.1.6	ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	11.4.1-231
11.4.1.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	11.4.1-233
11.4.1.8	EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	11.4.1-236
11.4.1.9	ANEXOS	11.4.1-237

11 PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

11.4. PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA

11.4.1 PROJETO DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DE QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL

11.4.1.1 INTRODUÇÃO

Segundo o diagnóstico do sistema aquático referente à qualidade da água e limnologia apresentado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (LEME, 2009)¹, o qual foi realizado entre janeiro de 2007 e março de 2008, o rio Xingu conserva a qualidade de água referente à Classe 2 nas áreas diretamente afetadas e de influência direta do empreendimento, principalmente pela elevada vazão. Já os tributários menores, próximos às áreas de ocupação humana, são mais afetados pelas atividades que se realizam no seu entorno e, conseqüentemente, a qualidade da água diminui com a entrada excessiva de nutrientes e de material em suspensão. Da mesma forma, as regiões mais afetadas em termos de contaminação dos sedimentos por metais e nutrientes são as que se encontram próximas a locais urbanizados, como as cidades de Altamira-PA e Vitória do Xingu-PA, ou como as localidades Ressaca e Ilha da Fazenda. Ainda em relação à qualidade dos sedimentos, os mesmos apresentam, de acordo com o diagnóstico, uma baixa probabilidade de produzir efeitos adversos à biota aquática existente no rio Xingu e seus tributários.

Por outro lado, os estudos de análises de impactos do EIA² previram que, após a formação do Reservatório Xingu, a mudança de ambiente lótico para lêntico na área do reservatório acarretaria em alterações na qualidade da água em função de modificações no aporte de nutrientes. Além disso, haveria, ainda, a formação de um novo corpo de água, o Reservatório Intermediário, e a formação do Trecho da Vazão Reduzida (TVR).

No cômputo das ações de controle, além daquelas voltadas para a fiscalização do uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios, destaca-se a relevância do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade das Águas Superficiais (PBA 11.4), integrante do Plano de Gestão dos Recursos Hídricos (PBA 11). A implementação do

¹Estudo de Impacto Ambiental – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, Capítulo 15: Diagnóstico das Áreas Diretamente Afetada e de Influência Direta – Ecossistema Aquático – Qualidade da Água e Limnologia. Leme Engenharia, 176p, 2009.

² Estudo de Impacto Ambiental – Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, Volume 31: Avaliação de Impactos e Prognóstico Global. Leme Engenharia, 471p, 2009.

conjunto de ações preventivas, mitigadoras e de monitoramento foram algumas das propostas do EIA, objetivando a reversibilidade do impacto a médio prazo.

Neste sentido, o Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial do Projeto Básico Ambiental (PBA³) da UHE Belo Monte tem como objetivo geral prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água advindas das transformações do ambiente decorrentes da implantação, enchimento dos reservatórios e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade da água.

Ressalta-se que, além dos pontos já definidos no EIA, um ponto de coleta no Igarapé Aturiá (ou Turiá) foi adicionado à campanha trimestral (água, sedimento e biota aquática) e à campanha mensal (sonda multiparamétrica), em atendimento à recomendação do IBAMA apresentada no Parecer 168/2012⁴, encaminhado em dezembro de 2012, no âmbito do Programa de Monitoramento dos Igarapés Interceptados pelos Diques (PBA 11.2). Outros dois pontos de coleta foram incluídos a partir da campanha trimestral em janeiro de 2015, na área do TVR/Volta Grande, em atendimento ao Ofício 10268/2014⁵, os quais são: RX MBS, localizado a montante das instalações da Mineradora Belo Sun, na ilha da Ressaca; e RX JBS, localizado a jusante dessas instalações.

Após a formação do Reservatório Intermediário, cuja fase de enchimento ocorreu no período entre dezembro de 2015 a fevereiro de 2016, 12 (doze) pontos de coleta foram incorporados na malha amostral do monitoramento trimestral do Projeto, os quais haviam sido contemplados no PBA aprovado em setembro de 2011. Desta forma, a malha amostral trimestral do presente Projeto tem, atualmente, 49 (quarenta e nove) pontos de coleta (no PBA, aprovado em 2011, foram apresentados 34 – trinta e quatro pontos de coleta).

De uma forma geral, os pontos de monitoramento da qualidade da água com frequência mensal, definidos no PBA 11.4.1 desde o seu início em 2011, tiveram como objetivos principais avaliar possíveis impactos resultantes das atividades construtivas do empreendimento, tais como barragens, diques, edificações, atracadouros, escavações, vias de acesso e linhas de transmissão, bem como, impactos resultantes das ocupações nos canteiros de obras, como alojamentos, vilas residenciais, escritórios, refeitórios, oficinas, almoxarifados, entre outros. Além, disso, alguns pontos tiveram como objetivo avaliar a qualidade da água captada para abastecimento dos canteiros. Porém, com o encerramento de grande parte das atividades das obras do empreendimento e desativação de canteiros durante a fase de operação, tais impactos foram reduzidos

³Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte. Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial. Norte Energia, 52 p, 2011.

⁴Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2012. *Parecer Nº 168/2012*. Análise do 2º Relatório Semestral de Andamento do Projeto Básico Ambiental e das Condicionantes da Licença de Instalação Nº 795/2011, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, 20 de dezembro de 2012. 128 p.

⁵Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2014. *Ofício Nº 02001.010268/2014-89*. Plano de Gerenciamento integrado da Volta grande do Xingu – UHE Belo Monte, 16 de setembro de 2014. 8p.

significativamente ou mesmo deixaram de existir. Neste sentido, o monitoramento mensal da qualidade da água, da forma como foi concebido no PBA 11.4.1 na fase de construção, deixou de ter a mesma necessidade 2 anos após a expedição da Licença de Operação pelo IBAMA, em função das transformações ocorridas na área de influência da UHE Belo Monte acima citadas. Além disso, alguns pontos referentes aos monitoramentos adicionais que vêm sendo realizados, tais como nos braços formados pelo RX, nos igarapés de Altamira nas porções de montante, média e jusante no RI deixaram de ter a mesma necessidade de frequências amostrais, realizadas, em geral, semanalmente, haja vista que, dois anos após a formação dos reservatórios, as alterações na qualidade de água não mais são observadas como na fase de enchimento e início da fase de operação. Neste sentido, foi encaminhado ao IBAMA, através da CE 0957/2017 – SSI, uma Nota Técnica Nota Técnica NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017 a qual propõe-se a exclusão de alguns pontos monitorados com frequência mensal, no âmbito do PBA 11.4.1, cujas as justificativas de exclusão e alteração de frequência de amostragem são informadas no referido documento, sendo que a cópia está apresentada no **Anexo 11.4.1 - 13** do presente RC. Uma descrição sucinta das alterações propostas e das justificativas está, também, apresentada no item 11.4.1.2.8 do corpo principal do presente RC.

Por fim, cumpre ainda registrar que este Relatório Temático do Projeto 11.4.1 já leva em consideração as observações e recomendações constantes do Parecer Técnico (PT) no 140/2017-COHID/CGTEF/DILIC, emitido pelo IBAMA em 22/12/2017, e encaminhado à Norte Energia por meio do Ofício no 4/2018/COHID/CGTEF/DILIC-IBAMA, datado de 09/01/2018, e recebido em 10/01/2018. Inclusive complementações sobre apresentação de resultados que já constam do 12º RC, sobre as medições nictemerais, são agora apresentadas em gráficos em anexo ao presente RC e comentadas no item “Considerações Finais”.

11.4.1.2 RESULTADOS CONSOLIDADOS

Destaca-se que o presente Projeto 11.4.1 é composto por malhas amostrais diferenciadas, analisadas com periodicidades distintas.

No período de dezembro de 2011 a novembro de 2017, todas as atividades planejadas no âmbito do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial (PBA 11.4.1) foram cumpridas de forma integral. Foram realizadas 25 (vinte e cinco) campanhas de monitoramento trimestral (dezembro de 2011; março, junho, setembro e novembro de 2012; janeiro, abril, julho e outubro de 2013; janeiro, abril, julho e outubro de 2014; janeiro, abril, julho e outubro de 2015; janeiro, abril, julho e outubro de 2016; e janeiro, abril, julho e outubro de 2017) na área de influência do empreendimento e 71 (setenta e uma) campanhas de monitoramento mensal (período de janeiro de 2012 a novembro de 2017) de qualidade da água no entorno dos canteiros de obra e em pontos próximos às vias de acesso e linhas de transmissão. Os resultados dessas campanhas possibilitaram a atualização do banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações obtidas até o momento.

Além disso, ao longo do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia para Fase de Enchimento e Estabilização dos Reservatórios Principal, Intermediário, Trechos de Vazão Reduzida e Restituição de Vazões, cujo objetivo geral foi de prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água advindas das transformações do ambiente, decorrentes do enchimento e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle em caso de identificação de problemas relacionados à qualidade de água, foram obtidas informações em 49 (quarenta e nove) pontos distribuídos nas referidas áreas, as quais foram apresentadas no Relatório Final do Plano de Enchimento dos Reservatórios – PER (RT_DS_Nº12_RC-Enchimento-Reservatórios_290416, encaminhado ao IBAMA através da CE 0216/2016 – DS).

Destaca-se que as campanhas trimestrais e mensais, realizadas durante o período de janeiro de 2016 a novembro de 2017, caracterizam o monitoramento da qualidade da água na fase final de enchimento e pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte. Fato este que caracteriza uma nova etapa para o presente Projeto (PBA 11.4.1), já que as diretrizes e premissas que definem os seus objetivos e metas estabelecem justamente a avaliação comparativa da qualidade da água superficial entre as fases anterior (construção) e posterior (operação) de formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, para verificação e caracterização dos possíveis impactos ambientais relacionados a esse tema específico.

Por meio das análises dos dados no presente Relatório Consolidado (RC) e nos relatórios anteriores, os seguintes objetivos foram alcançados: avaliação da ocorrência de gradientes espaciais e temporais da qualidade da água na área de monitoramento; averiguação de compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento dos corpos hídricos; classificação da qualidade da água na área de influência do empreendimento; e disponibilização de informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água e avaliação das possíveis alterações limnológicas decorrentes das transformações ambientais no local.

Os materiais e métodos utilizados no presente Projeto são apresentados no **Anexo 11.4.1 - 1**. O Banco de Dados do Projeto é atualizado e disponibilizado semestralmente em mídia digital. Durante o mês de dezembro de 2017, o Banco de Dados foi totalmente revisado, o qual é apresentado integralmente junto ao presente Relatório.

As coordenadas dos pontos da malha amostral são apresentadas no **Anexo 11.4.1 - 2**. O **Anexo 11.4.1 - 3** e o **Anexo 11.4.1 - 4** apresentam os mapas dos pontos dos monitoramentos trimestral e mensal, respectivamente, que compõem a malha amostral do presente Projeto.

Adicionalmente, informações obtidas durante os monitoramentos realizados na fase de operação dos reservatórios da UHE Belo Monte, no período entre março de 2016 e novembro de 2017, foram consideradas no presente relatório, tais como dados do Reservatório Xingu, incluindo pontos localizados nos braços formados pelos igarapés Palhal, Bastião e Di Maria, nos igarapés de Altamira, dados do Reservatório Intermediário em pontos localizados próximos à Casa de Força Principal em Belo Monte

e em pontos localizados ao longo do reservatório, bem como os dados dos pontos situados no Canal de Fuga e no Trecho de Restituição de Vazões (TRV) no rio Xingu, cujos dados brutos constam do **Anexo 11.4.1 - 11**, sendo que os gráficos resultantes das principais variáveis indicadoras da qualidade da água estão apresentados no item 11.4.1.2.6 do presente relatório consolidado.

Um monitoramento adicional no entorno das ocupações ribeirinhas também foi incorporado pela Norte Energia, a partir de 14 de fevereiro de 2017, distribuído em 14 (quatorze) pontos no Reservatório Xingu, desde a porção a montante, a cerca de 20 km da cidade de Altamira, até o trecho a cerca de 6 km a montante ao barramento principal em Pimental. Tal monitoramento, com frequência semanal para as variáveis quantificadas com sonda multi-paramétrica e mensal para as variáveis coliformes totais, *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total, visa avaliar possíveis alterações resultantes das ocupações ribeirinhas na qualidade da água do Reservatório Xingu. Os dados referentes ao período de fevereiro a novembro de 2017 estão apresentados no **Anexo 11.4.1 - 12**, sendo que os gráficos resultantes das principais variáveis indicadoras da qualidade da água, tais como temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total estão apresentados no item 11.4.1.2.8 do presente relatório consolidado.

11.4.1.2.1 MONITORAMENTO TRIMESTRAL – RIO XINGU E TRIBUTÁRIOS

Os dados obtidos no monitoramento trimestral, apresentados neste Relatório, são referentes aos seis ciclos hidrológicos completos (enchente, cheia, vazante e seca) na bacia do rio Xingu, entre dezembro de 2011 a outubro de 2017. Buscando-se integrar os resultados de qualidade da água e do sedimento com as demais campanhas trimestrais realizadas desde dezembro de 2011, nos mesmos períodos hidrológicos até o momento, os resultados foram analisados por meio de ferramentas estatísticas multivariadas, de forma a verificar se existem diferenças na qualidade da água e no sedimento ao longo da execução do PBA. Estas análises buscam evidenciar padrões temporais (entre anos de monitoramento) em conjuntos de dados obtidos nos mesmos períodos hidrológicos e observar se ocorreram, ao longo do monitoramento, alterações ambientais decorrentes das intervenções do empreendimento na área de influência da UHE Belo Monte, incluindo a formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário, ou mesmo decorrentes das condições climáticas e hidrológicas interanuais distintas.

No 1º ciclo hidrológico foram realizadas duas campanhas de campo referentes ao período de seca: uma em setembro e outra em novembro de 2012. Visando evitar duplicidade de informações correspondentes a um mesmo período do ciclo hidrológico e redundância dos resultados, os dados referentes à campanha de novembro de 2012 foram desconsiderados nas análises estatísticas multivariadas. Portanto, nesta análise integrada foram utilizados os resultados de 24 (vinte e quatro) campanhas trimestrais referentes aos seis ciclos hidrológicos completos de dezembro de 2011 a outubro de 2017. O **Anexo 11.4.1 - 5** apresenta a metodologia utilizada na análise estatística da qualidade da água e do sedimento.

Ressalta-se que as variações observadas foram contextualizadas com as vazões médias do rio Xingu registradas nos respectivos meses das campanhas. As variáveis empregadas nas análises multivariadas foram somente as que apresentaram variabilidade ao longo do monitoramento, bem como aquelas que apresentaram valores detectáveis pelas metodologias utilizadas. As variáveis que não se enquadraram nestas condições foram discutidas em parágrafos específicos no presente Relatório. Empregando-se esta análise integradora, busca-se evidenciar a qualidade ambiental nas diferentes áreas monitoradas e identificar possíveis alterações que denotem deterioração nos ambientes avaliados durante e após a implantação do empreendimento. Neste sentido, avaliações comparativas foram realizadas com os dados obtidos durante as fases de pré-enchimento, enchimento e de operação, cujo principal objetivo foi o de verificar possíveis alterações ocorridas após a formação dos reservatórios.

Buscando-se evidenciar os padrões temporais da qualidade da água no rio Xingu e tributários, os valores médios mensais de vazão e de pluviosidade foram empregados nesta seção do Relatório, apresentados na **Figura 11.4.1 - 1**. Houve ampla variação da vazão e pluviosidade ao longo do monitoramento, mesmo quando essas variáveis são comparadas às vazões e pluviosidades de campanhas de um mesmo período hidrológico, conforme o **Quadro 11.4.1 - 1**. Vazões máximas no período de cheia durante todo o período monitorado foram observadas no terceiro ciclo hidrológico (fevereiro e março de 2014), sendo que, no quinto ciclo hidrológico, as vazões de cheia (abril de 2016) foram as menores observadas.

Outra observação é a diferença na pluviosidade verificada entre os diferentes ciclos hidrológicos. Durante a cheia do quinto ciclo (Che_5, em março de 2016), por exemplo, ocorreu o valor máximo de precipitação total mensal registrado (564,5 mm), muito superior aos valores registrados nos ciclos anteriores (2013 a 2015) e posterior (2017), e semelhante ao valor observado na cheia do primeiro ciclo hidrológico, em março de 2012 (521,6 mm). Por outro lado, o quinto ciclo hidrológico foi também caracterizado por baixas vazões, considerando todos os períodos hidrológicos até o presente monitoramento. Portanto, o quinto ciclo hidrológico foi atípico para a região, quando comparado com os ciclos hidrológicos anteriores. Já no sexto ciclo hidrológico, o período de enchente foi antecipado, com ocorrência de elevados índices de precipitação já em dezembro e janeiro de 2017 (371,4 e 395,2 mm, respectivamente), índices esses comparáveis aos valores observados no mês de março na série histórica, já os picos de precipitação de cheia de 2017, também foram acima da média histórica, sendo que foram registradas vazões menores nos períodos de vazante e seca. Portanto, o sexto ciclo hidrológico também foi atípico para a região.

Tais alterações no regime pluviométrico e vazão do rio Xingu resultam em grandes variações na qualidade da água nos corpos hídricos. Em geral, em condições de aumento das chuvas, ocorre o carreamento de grande quantidade de material alóctone aos corpos hídricos que, associado ao alagamento de áreas aluviais, aumenta a quantidade de nutrientes e de material particulado orgânico e inorgânico, diminuindo a transparência da coluna de água e aumentando os processos de decomposição no ambiente. Em contrapartida, as condições de baixas vazões resultaram no

deplecionamento dos reservatórios, como ocorreu na vazante e seca de 2016 e de 2017, com aumento da transparência e das concentrações de íons na água.

Quadro 11.4.1 - 1 – Valores médios mensais de vazão (m³/s) e pluviosidade (mm) em Altamira (PA), de dezembro 2011 a maio de 2017

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m³/s)*	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
dez/11	6.008,70	8,6	167,1
jan/12	12.271,50	222,4	280,9
fev/12	21.093,10	288,9	298,2
mar/12	21.114,90	521,6	380,3
abr/12	18.358,70	194,9	319,2
mai/12	10.301,10	163,4	216,5
jun/12	5.675,40	56,8	115,9
jul/12	3.016,80	33,4	66,6
ago/12	1.606,50	-	23,4
set/12	1.042,70	37,5	35,7
out/12	1.022,60	112,3	56,2
nov/12	1.580,60	19,8	72,4
dez/12	4.099,60	-	167,1
jan/13	5.714,60	330,9	280,9
fev/13	15.856,20	-	298,2
mar/13	17.472,30	483,9	380,3
abr/13	17.886,70	-	319,2
mai/13	15.728,60	310,2	216,5
jun/13	7.277,10	256,1	115,9
jul/13	3.456,00	129,9	66,6
ago/13	2.016,90	22,9	23,4
set/13	1.322,00	99,5	35,7
out/13	1.194,00	65	56,2
nov/13	2.683,90	76	72,4
dez/13	5.087,50	119	167,1
jan/14	9.533,60	198,2	280,9
fev/14	15.521,10	461,7	298,2
mar/14	25.524,60	337,9	380,3
abr/14	21.950,10	382,8	319,2
mai/14	15.122,00	151,2	216,5
jun/14	7.581,10	98,4	115,9
jul/14	3.498,70	52,3	66,6
ago/14	1.871,50	142,3	23,4
set/14	1.302,40	79,4	35,7
out/14	1.256,10	92,2	56,2
nov/14	2.684,00	14,9	72,4
dez/14	5.087,00	48,9	167,1

MÊS	VAZÃO MÉDIA MENSAL RIO XINGU (m³/s)*	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (mm)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA HISTÓRICA INMET ALTAMIRA 1961 - 2013 (mm)
jan/15	6.452,00	293,8	280,9
fev/15	8.687,00	263,7	298,2
mar/15	13.735,00	441,3	380,3
abr/15	16.580,00	274,8	319,2
mai/15	13.342,00	165,2	216,5
jun/15	6.779,00	88,2	115,9
jul/15	3.064,81	139	66,6
ago/15	1.632,39	25,4	23,4
set/15	1.069,73	29	35,7
out/15	880,48	5,1	56,2
nov/15	1.023,00	32,3	72,4
dez/15	1.425,00	18,3	167,1
jan/16	2.442,00	216,7	280,9
fev/16	6.379,00	269,2	298,2
mar/16	7.798,00	564,5	380,3
abr/16	10.693	458,2	319,2
mai/16	6.127,00	221,6	216,5
jun/16	2.732,00	54,4	115,9
jul/16	1.550,00	19	66,6
ago/16	890	42,5	23,4
set/16	745	179,7	35,7
out/16	991	89	56,2
nov/16	1.635,44	4,5	72,4
dez/16	376	371,4	167,1
jan/17	6699	395,2	280,9
fev/17	14695,99	377,1	298,2
mar/17	22191,88	240,3	380,3
abr/17	18462,21	369,2	319,2
mai/17	10438	216,6	216,5
jun/17	5105	122,5	115,9
jul/17	2236	24,2	66,6
ago/17	1242	72,3	23,4
set/17	797	61,3	35,7
out/17	654	39,8	56,2
nov/17	1208	6,5	72,4

(*) As vazões médias a partir de novembro/15 são regidas pela adoção do Hidrograma Ecológico de Consenso B para as vazões defluentes ao TVR.

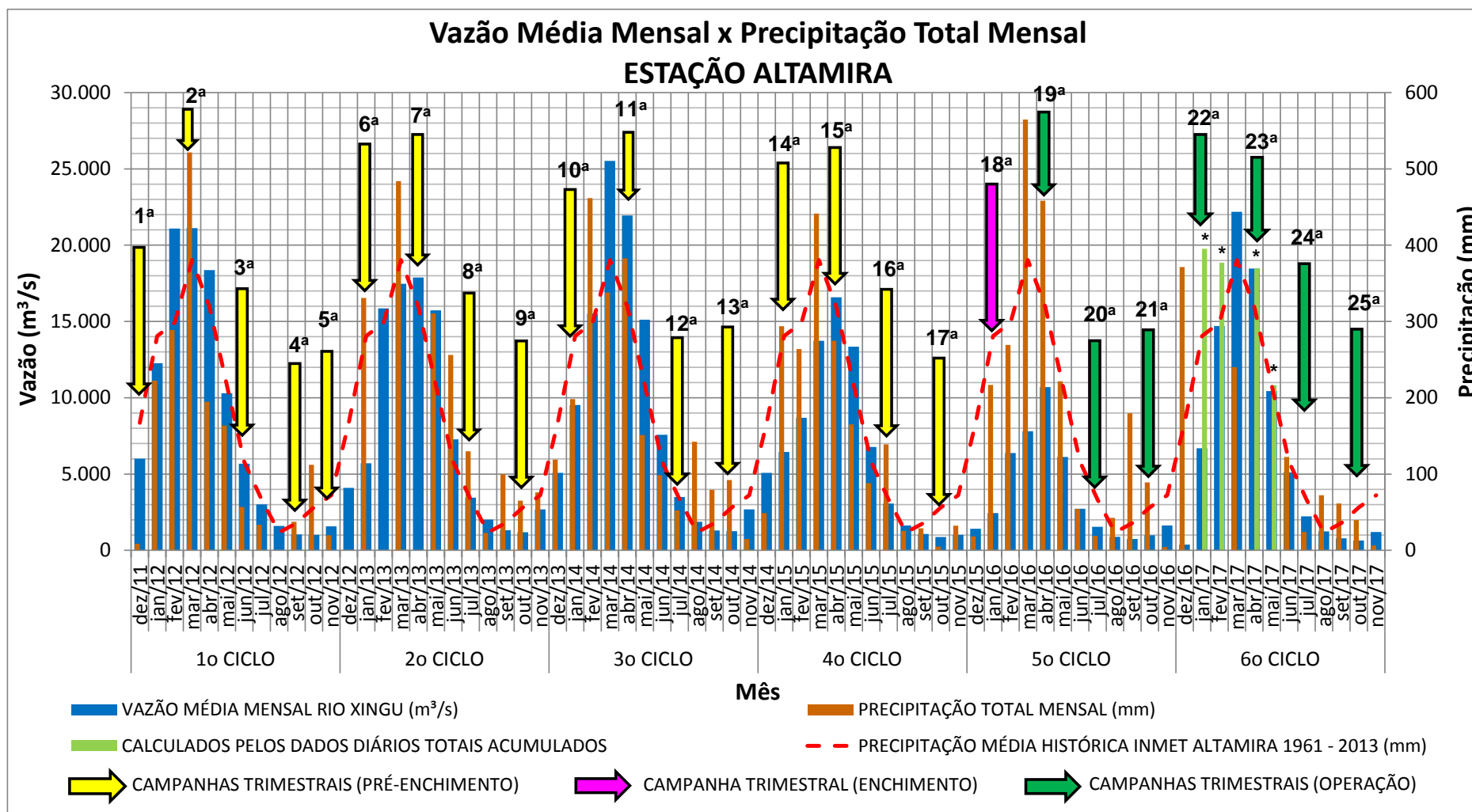


Figura 11.4.1 - 1 – Representação gráfica da vazão média mensal do rio Xingu (m³/s) e precipitação total mensal (mm) em Altamira (PA), de dezembro de 2011 a abril de 2017.

No **Anexo 11.4.1 - 6** e no **Anexo 11.4.1 - 7**, foi dado enfoque aos resultados de qualidade da água e do sedimento, respectivamente, em cada um dos pontos da malha trimestral (49 – quarenta e nove pontos de coleta) ao longo das 25 (vinte e cinco) campanhas realizadas, buscando-se evidenciar não conformidades em relação aos valores norteadores da Resolução CONAMA 357/2005 (água superficial) e da Resolução CONAMA 454/2012 (sedimento). Nesses anexos, também são apresentados os mapas com detalhamento da localização e os registros fotográficos dos pontos monitorados nas campanhas trimestrais.

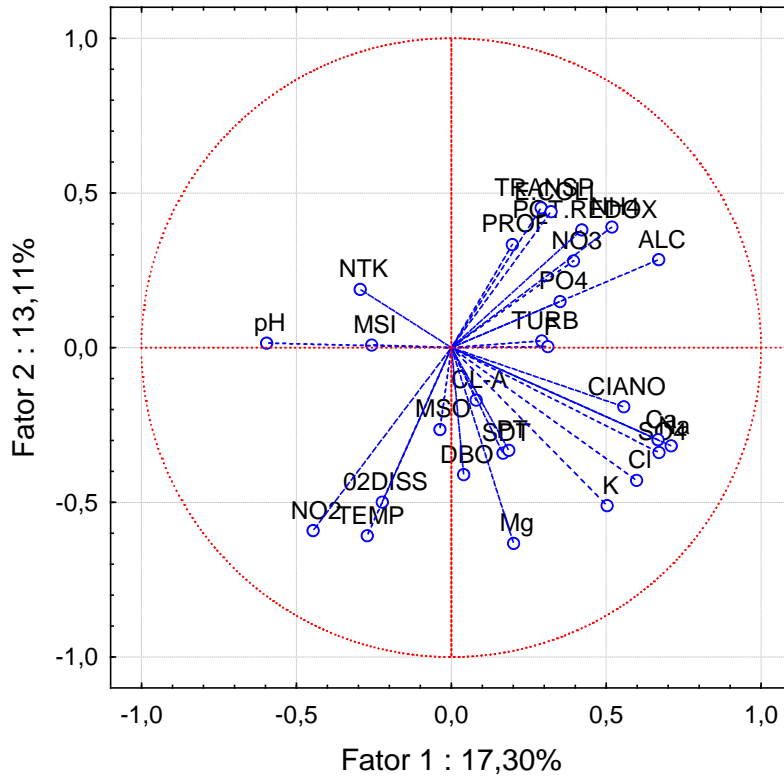
11.4.1.2.1.1 ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DA ÁGUA

No presente RC, da mesma forma como no RC anterior (12º RC), as análises multivariadas da qualidade da água foram aplicadas separadamente para as diferentes áreas de influência, uma vez que, com a formação do Reservatório Xingu (RX) e do Reservatório Intermediário (RI), cujos enchimentos foram completados em fevereiro de 2016, tais áreas de influência até então monitoradas pelo projeto, com exceção do trecho a montante do Reservatório Xingu (MRX), passaram a ser influenciadas tanto pelas condições climáticas e pelo regime hidrológico natural da bacia do rio Xingu, como pelas atividades de operação da UHE Belo Monte (Casas de Força Principal em Belo Monte e Complementar em Pimental), tornando-as distintas da fase de pré-enchimento dos reservatórios. Após o enchimento, a área do RX passou a ter um volume de água e um tempo de residência maior, sendo que a área do TVR passou a receber vazões controladas, no mínimo, pelo Hidrograma Ecológico de Consenso B, portanto, com vazões distintas da fase de pré-enchimento. Já os igarapés interceptados pelos diques passaram a receber água do Reservatório Intermediário, sendo que a região do TRV recebe a água tanto do RI, via Canal de Fuga da Casa de Força Principal em Belo Monte, quanto do rio Xingu, proveniente do TVR. Portanto, para considerar essas alterações no regime hidrológico, as análises multivariadas foram aplicadas separadamente nas diferentes áreas de monitoramento, de forma a avaliar possíveis alterações na qualidade da água e do sedimento nesses locais, após a formação dos reservatórios.

11.4.1.2.1.1.1 ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU (MRX)

O resultado gráfico da análise exploratória para se avaliar quais variáveis de qualidade da água foram relevantes nos diferentes períodos hidrológicos dos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017) é apresentado na **Figura 11.4.1 - 2**. A dispersão das observações (pontos de coleta) no plano fatorial da Análise de Componentes Principais (ACP) no ponto RX 19, localizado na área de MRX e, portanto, sem influência do remanso do RX, indicou que houve ampla variação da qualidade da água nos distintos períodos, inerentes aos fatores naturais relacionados ao ciclo hidrológico do rio Xingu. Os fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água utilizadas na ACP estão apresentados no **Quadro 11.4.1 - 2**, sendo que aquelas consideradas relevantes estão marcadas em vermelho.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX)**



**Projeção das observações (pontos de coleta) no plano fatorial (1 x 2)
Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX)**

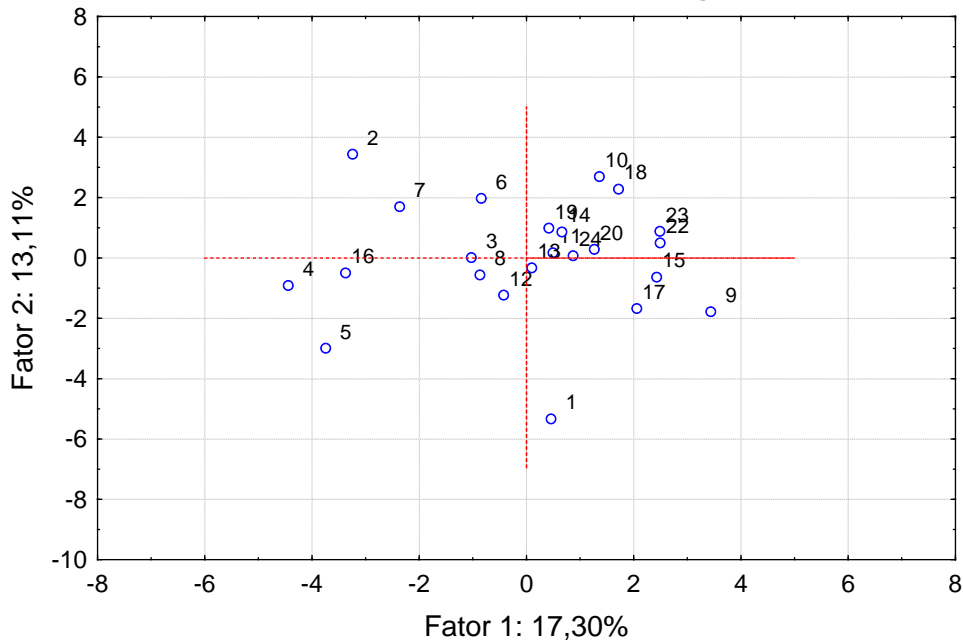


Figura 11.4.1 - 2 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de água obtidas na Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos no ponto RX 19, localizado na área de MRX nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 2 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no ponto RX 19, localizado na área de Montante do Reservatório do Xingu, obtidos nas campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Sódio	0,709490	-0,316898
2	Sulfato	0,670367	-0,338776
3	Alcalinidade	0,669725	0,284274
4	Cálcio	0,667127	-0,297956
5	Magnésio	0,200693	-0,632686
6	Temperatura	-0,271864	-0,607786
7	Cloreto	0,598170	-0,428795
8	pH	-0,596327	0,014514
9	Nitrito	-0,446409	-0,591100
10	Cianobactérias	0,555879	-0,190799
11	Amônio	0,518027	0,390245
12	Potássio	0,503225	-0,510860
13	Potencial redox	0,421010	0,380706
14	Nitrato	0,394399	0,280468
15	Fosfato	0,351258	0,149470
16	<i>E. coli</i>	0,322417	0,439132
17	Fluoreto	0,311366	0,003164
18	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,294889	0,188532
19	Turbidez	0,291860	0,021455
20	Transparência	0,289529	0,451806
21	Material em susp. inorgânico	-0,257131	0,008686
22	Oxigênio dissolvido	-0,223316	-0,499299
23	Profundidade	0,196909	0,333747
24	Fósforo total	0,185186	-0,332001
25	Sólidos totais dissolvidos	0,166656	-0,340376
26	Clorofila-a	0,079660	-0,169802
27	DBO	0,039601	-0,410147
28	Material em susp. orgânico	-0,037385	-0,264010

O gráfico do plano fatorial das variáveis referentes à Área de Montante do RX mostra uma grande dispersão dos vetores distribuídos em todos os quadrantes. Por outro lado, é possível verificar que algumas variáveis estiveram correlacionadas, formando agrupamentos, a destacar os íons tais como cálcio, sódio, cloreto, sulfato, potássio e magnésio, cujos vetores se posicionaram no quadrante direito inferior, em contraposição aos vetores das variáveis pH, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e material em suspensão inorgânico (MSI), os quais se posicionaram no quadrante esquerdo superior. Outro agrupamento verificado na ACP foi referente aos vetores das variáveis transparência, potencial redox, profundidade, alcalinidade e íons nitrato e amônio, os quais se posicionaram no quadrante superior direito, em contraposição ao vetor das variáveis

nitrito, temperatura e oxigênio dissolvido, os quais se posicionaram no quadrante inferior esquerdo. Conforme já mencionado, as correlações observadas estão relacionadas aos fatores naturais do rio Xingu, tais como o regime hidrológico e as características litológicas e sedimentares da bacia, uma vez que o ponto RX 19 está situado em uma porção sem influência direta antrópica importante, como, por exemplo, existência de áreas urbanas ou agrícolas, nem mesmo sob influência da formação do RX.

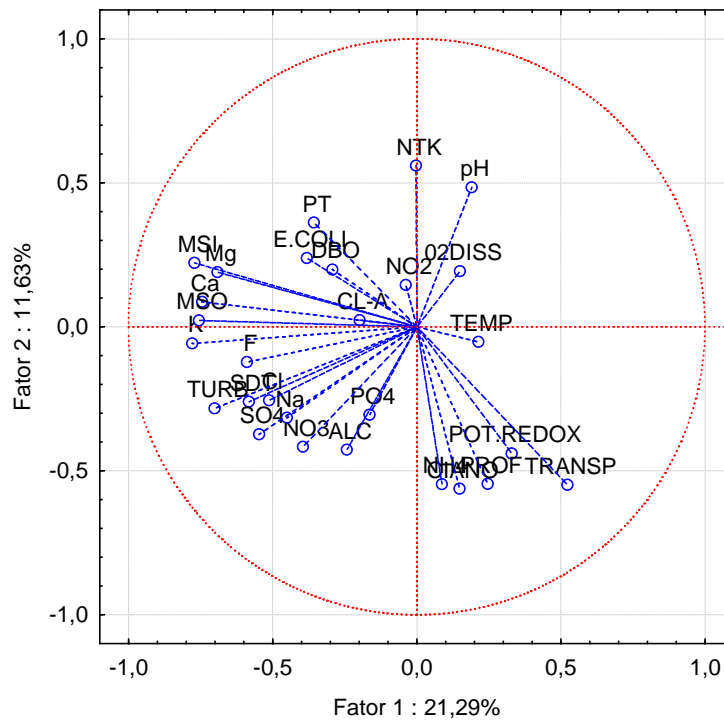
Considerando que uma única observação (um ponto de monitoramento) foi realizada por campanha de campo na área de Montante do Reservatório do Xingu, correspondente ao ponto RX 19, não foi possível aplicar a Análise de Discriminante para avaliação do conjunto de dados referentes às 24 (vinte e quatro) campanhas realizadas, haja vista que essa análise se torna possível apenas quando o número de observações por campanha é igual ou superior a duas. Não obstante, a ACP possibilitou o reconhecimento das variáveis de qualidade da água mais relevantes e correlacionadas, as quais indicaram o fator “ciclo hidrológico” como determinante para a caracterização daquele local.

11.4.1.2.1.1.2 ÁREA DO RESERVATÓRIO DO XINGU (RX)

Os gráficos dos planos fatoriais das variáveis de qualidade da água e das observações referentes aos pontos de coleta na área do RX estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 3**. Nesta análise, os pontos localizados nos igarapés de Altamira (Painelas, Altamira e Ambé) foram avaliados separadamente dos demais pontos localizados no RX por se tratarem de ambientes muito distintos, sob maior influência da área urbana de Altamira e de propriedades rurais, apesar de também estarem localizados na área do RX. Tais resultados estão apresentados no item seguinte (11.4.1.2.1.1.C).

Verifica-se que no eixo horizontal, referente ao fator 1, há um agrupamento de vetores referentes aos íons como potássio, cálcio e magnésio, e materiais em suspensão inorgânico e orgânico, os quais se posicionaram no quadrante esquerdo, negativo, indicando baixas concentrações dessas variáveis. Já no quadrante direito superior, referente ao eixo do fator 2 (vertical), destaca-se o vetor do nitrogênio total Kjeldahl, pH e fósforo total, em oposição aos vetores das variáveis transparência, potencial redox, amônio e cianobactérias, os quais se agruparam no quadrante inferior. Tomando-se como base essas disposições dos vetores das variáveis no plano fatorial da ACP, o eixo 1 (horizontal) corresponde ao fator ciclo hidrológico, o qual determina as concentrações iônicas na água do RX, sendo que o fator 2 (eixo vertical) corresponde à formação do RX, haja vista que o amônio é um indicador de ambientes mais redutores, característico de camadas mais profundas próximas ao sedimento. De fato, o íon amônio, juntamente com outras variáveis como os íons acima citados, foi uma das variáveis consideradas relevantes na ACP aplicada aos dados obtidos no RX (**Quadro 11.4.1 - 3**), cujos fatores de carregamento nos eixos estimados (1 e 2) foram superiores a 0,5. O valor limite de 0,5 do fator de carregamento resultantes da ACP foi adotado de forma a padronizar a escolha das variáveis mais relevantes para todas as análises de discriminantes, ou seja, valores estes sempre superiores a 50 %.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório do Xingu**



**Projeção dos pontos de coleta de água no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório do Xingu**

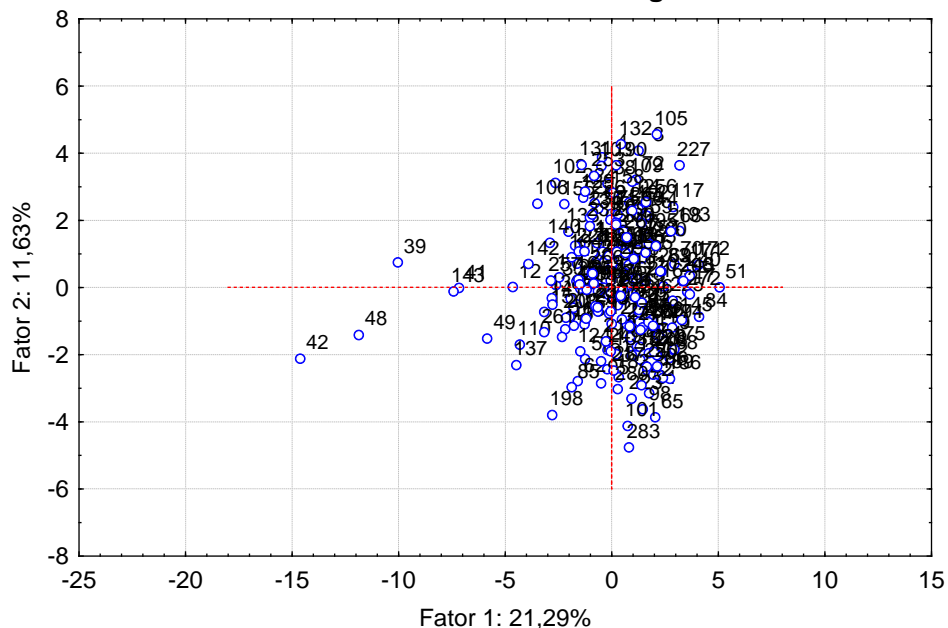


Figura 11.4.1 - 3 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do RX nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 3 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu, obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Potássio	-0,778778	-0,057597
2	Material em susp. inorgânico	-0,770807	0,221779
3	Material em susp. Orgânico	-0,755596	0,022282
4	Cálcio	-0,745103	0,086455
5	Turbidez	-0,701635	-0,283481
6	Magnésio	-0,691319	0,189864
7	Fluoreto	-0,588697	-0,121885
8	Sólidos totais dissolvidos	-0,582102	-0,259635
9	Cianobactérias	0,148388	-0,562353
10	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,003221	0,559432
11	Sulfato	-0,546552	-0,373091
12	Transparência	0,522696	-0,548401
13	Amônio	0,087569	-0,546619
14	Profundidade	0,246404	-0,545488
15	Cloreto	-0,512117	-0,255827
16	Sódio	-0,449860	-0,315515
17	Nitrato	-0,394825	-0,416150
18	<i>E. coli</i>	-0,381283	0,239009
19	Fósforo total	-0,357345	0,362173
20	Potencial redox	0,328923	-0,439857
21	DBO	-0,292712	0,198851
22	Alcalinidade	-0,242360	-0,426874
23	Temperatura	0,213601	-0,052740
24	Clorofila-a	-0,197846	0,023090
25	pH	0,190441	0,483948
26	Fosfato	-0,163778	-0,305470
27	Oxigênio dissolvido	0,149567	0,193501
28	Nitrito	-0,037938	0,145017

Assim, as variáveis consideradas relevantes na ACP, 15 (quinze) no total, foram empregadas na Análise de Discriminante (AD), de modo a se evidenciar as características dos conjuntos de dados obtidos nas campanhas no decorrer do monitoramento no RX. A representação gráfica da AD aplicada aos resultados obtidos nos pontos de coleta do RX é apresentada na **Figura 11.4.1 - 3**.

Os marcadores referentes a cada período do ciclo hidrológico foram distinguidos da seguinte forma:

- Círculos preenchidos: correspondentes ao período de enchente;

- Triângulos abertos: correspondentes ao período de cheia;
- Quadrados abertos: correspondentes ao período de vazante;
- Losangos preenchidos: correspondentes ao período de seca.

Tais marcadores foram também caracterizados por cores distintas de forma a representar os diferentes ciclos hidrológicos:

- Vermelhos: referentes ao 1º ciclo hidrológico (dezembro de 2011, março, junho e setembro de 2012);
- Verdes: referentes ao 2º ciclo hidrológico, correspondentes à fase de pré-enchimento (janeiro, abril, julho e outubro de 2013);
- Azuis: referentes ao 3º ciclo hidrológico, correspondentes à fase de pré-enchimento (janeiro, abril, julho e outubro de 2014);
- Amarelos: referentes ao 4º ciclo hidrológico, correspondentes à fase de pré-enchimento (janeiro, abril, julho e outubro de 2015);
- Roxos: referentes ao 5º ciclo hidrológico, sendo a campanha de janeiro de 2016 correspondente à fase de enchimento do reservatório e as campanhas de abril, julho e outubro de 2016 correspondentes à fase de operação;
- Pretos: referentes ao 6º ciclo hidrológico, correspondentes à fase de operação (janeiro, abril, julho e outubro de 2017);

De uma forma geral, houve semelhança entre a disposição dos marcadores dos mesmos períodos para os diferentes ciclos hidrológicos, ou seja, as condições observadas em cada período foram similares em cada ciclo (**Figura 11.4.1 - 4**). Exceções foram observadas para os marcadores do período de cheia, vazante e seca do 5º ciclo hidrológico (abril, julho e outubro de 2016), bem como para os marcadores dos quatro períodos do 6º ciclo hidrológico (2017), os quais se mantiveram agrupados no quadrante direito do plano fatorial, o que indica semelhança das características da água nesses períodos pelo regime muito elevado de precipitação verificado nesses períodos (**Figura 11.4.1 - 1**), além de corresponder ao período de operação de RX. Tal agrupamento esteve atrelado principalmente às variáveis turbidez, amônio e profundidade, cujos vetores se posicionaram no mesmo quadrante superior esquerdo no plano fatorial.

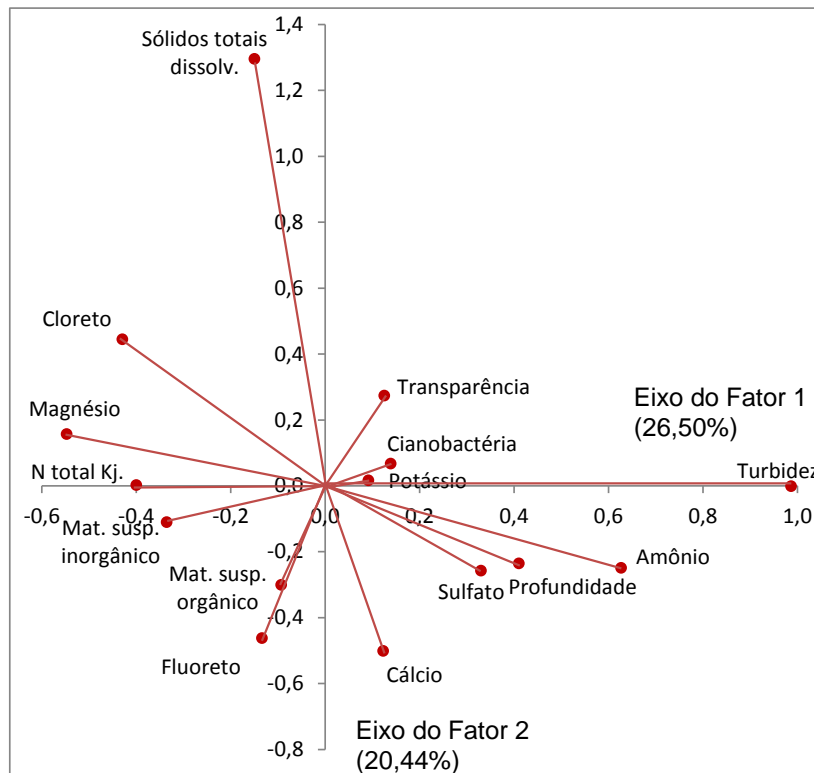
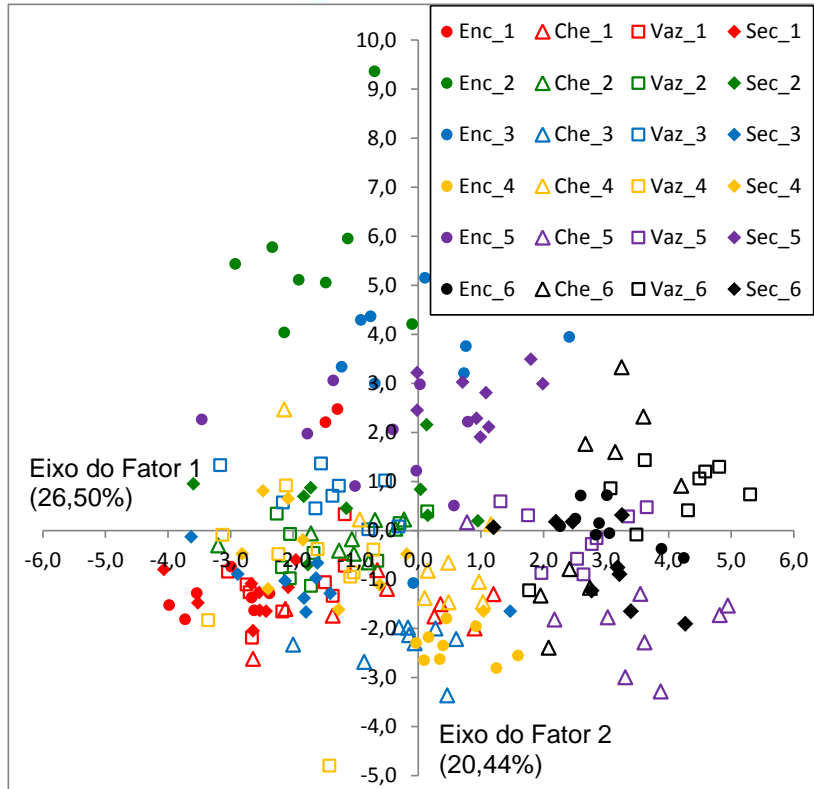


Figura 11.4.1 - 4 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Reservatório do Xingu nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

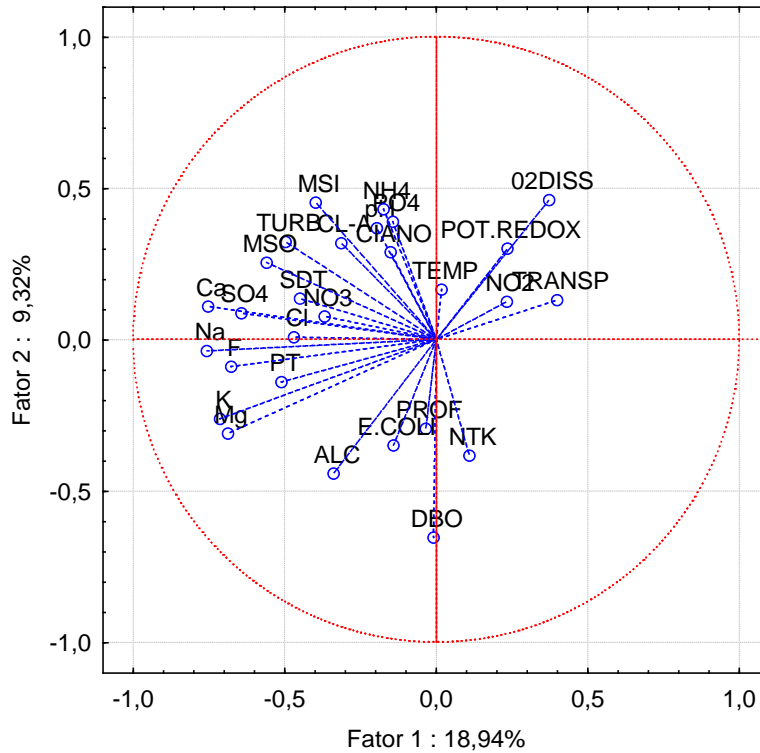
11.4.1.2.1.1.3 PONTOS DE COLETA NOS IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Na **Figura 11.4.1 - 5** estão apresentados os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados de qualidade da água obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira, os quais fazem parte da área do RX, nas campanhas de campo trimestrais dos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Nota-se que os vetores referentes aos íons como magnésio, cálcio, cloreto, sódio, sulfato e fluoreto se agruparam no quadrante esquerdo do plano fatorial, junto ao eixo 1 (horizontal), sendo que os vetores das variáveis indicadoras de eutrofização, tais como DBO, *E. coli* e nitrogênio total Kjeldahl se agruparam no quadrante inferior, junto ao eixo 2 (vertical).

No **Quadro 11.4.1 - 4** estão apresentados os fatores de carregamento obtidos na ACP para as variáveis de qualidade da água dos igarapés de Altamira. De forma distinta às variáveis observadas nos pontos localizados no RX, nos igarapés de Altamira algumas variáveis indicadoras de eutrofização, tais como fósforo total e DBO, apresentaram valores de correlação superiores a 0,5 e, portanto, consideradas relevantes na análise, as quais, juntamente com os íons sódio, potássio, magnésio, cálcio, sulfato e fluoreto, além de material em suspensão orgânico, foram incluídas na análise de discriminante.

Os gráficos resultantes da análise de discriminante aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 6**. Verifica-se que, em geral, os marcadores referentes ao período de cheia de todos os ciclos hidrológicos (triângulos abertos) se agruparam, em grande parte, no quadrante esquerdo, correlacionados com os vetores das variáveis fluoreto e DBO, sendo que os marcadores referentes ao período de seca (losangos preenchidos) se agruparam, em sua grande maioria, no quadrante superior, correlacionados com os vetores das variáveis sódio e magnésio. Verifica-se que os marcadores referentes ao 4º ciclo hidrológico, de coloração amarela, apresentaram pouca dispersão em comparação com os marcadores dos demais ciclos hidrológicos, possivelmente condicionadas pelas intervenções realizadas naquele período, como remoção das palafitas que ocupavam as margens dos igarapés Altamira e Ambé, dragagem do leito, supressão da vegetação do entorno e redução significativa do aporte de esgotos domésticos. Já os marcadores referentes aos períodos de enchente, vazante e seca do quinto ciclo hidrológico (em roxo) e do 6º ciclo hidrológico (em preto) se mantiveram agrupados, em sua grande maioria, no quadrante direito, possivelmente relacionados às condições atípicas de precipitação nesses períodos já mencionadas.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira - RX**



**Projeção os pontos de coleta de água no plano fatorial
Igarapés de Altamira - RX**

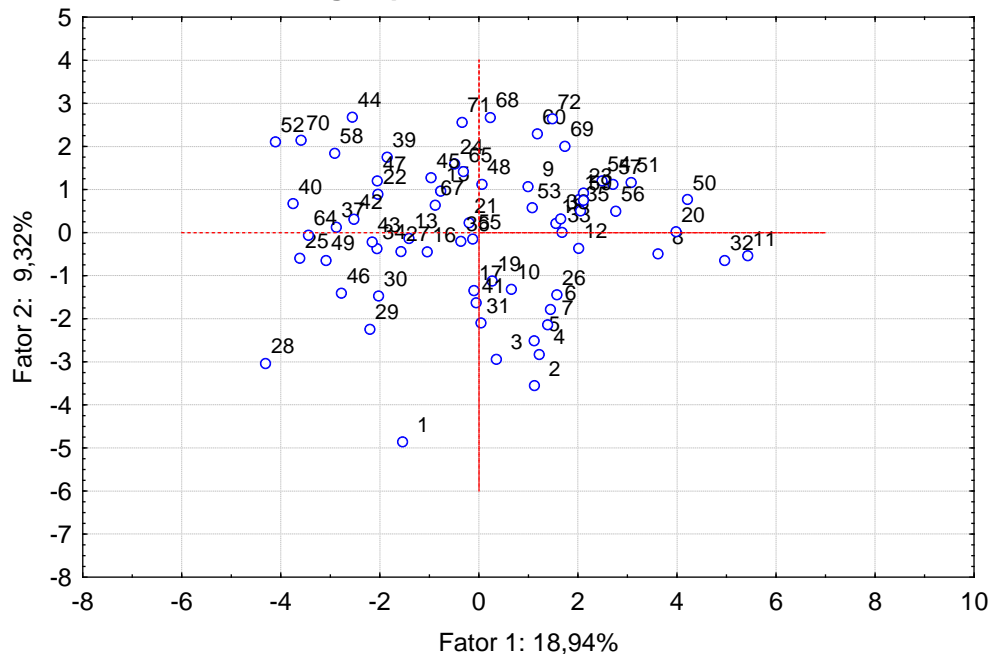


Figura 11.4.1 - 5 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (Área do RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 4 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (área do RX), obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Sódio	-0,757626	-0,037167
2	Cálcio	-0,753128	0,108956
3	Potássio	-0,713503	-0,261748
4	Magnésio	-0,687936	-0,310343
5	Fluoreto	-0,677490	-0,089097
6	DBO	-0,008984	-0,653440
7	Sulfato	-0,643785	0,087364
8	Material em susp. orgânico	-0,560129	0,254074
9	Fósforo total	-0,511206	-0,140287
10	Turbidez	-0,497727	0,322394
11	Cloreto	-0,470309	0,008170
12	Sólidos totais dissolvidos	-0,449958	0,135920
13	Transparência	0,399158	0,130291
14	Material em susp. inorgânico	-0,398728	0,452197
15	Oxigênio dissolvido	0,372532	0,461626
16	Nitrato	-0,368614	0,076296
17	Alcalinidade	-0,338902	-0,442435
18	Clorofila-a	-0,313790	0,318650
19	Potencial redox	0,234541	0,300120
20	Nitrito	0,232657	0,125473
21	pH	-0,196587	0,368519
22	Amônio	-0,173702	0,429970
23	Cianobactérias	-0,151156	0,288378
24	Fosfato	-0,143198	0,388656
25	<i>E. coli</i>	-0,141770	-0,349616
26	Nitrogênio total Kjeldahl	0,108459	-0,383615
27	Profundidade	-0,034470	-0,294350
28	Temperatura	0,017555	0,165591

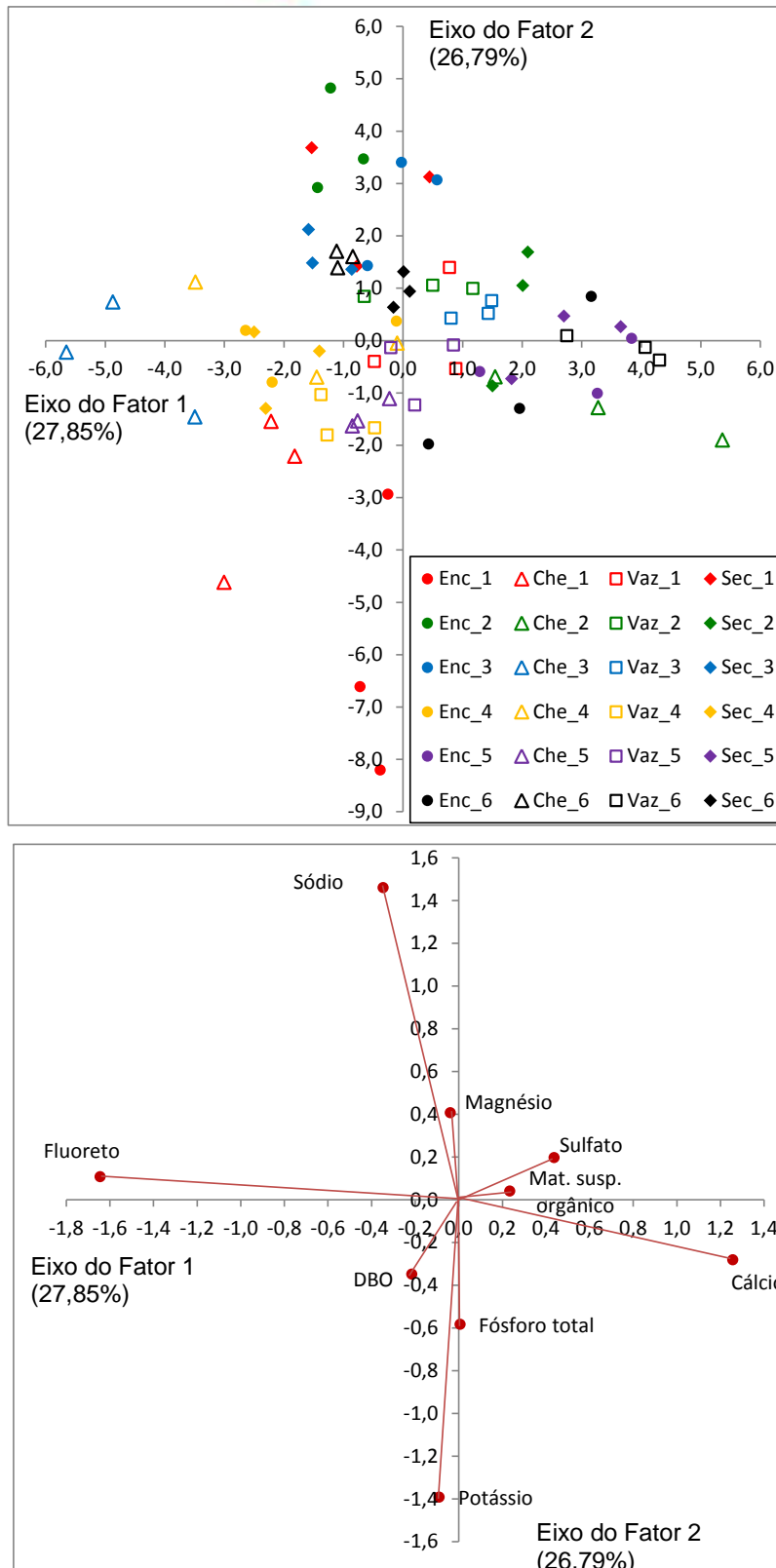


Figura 11.4.1 - 6 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados nos igarapés de Altamira (área do RX), nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

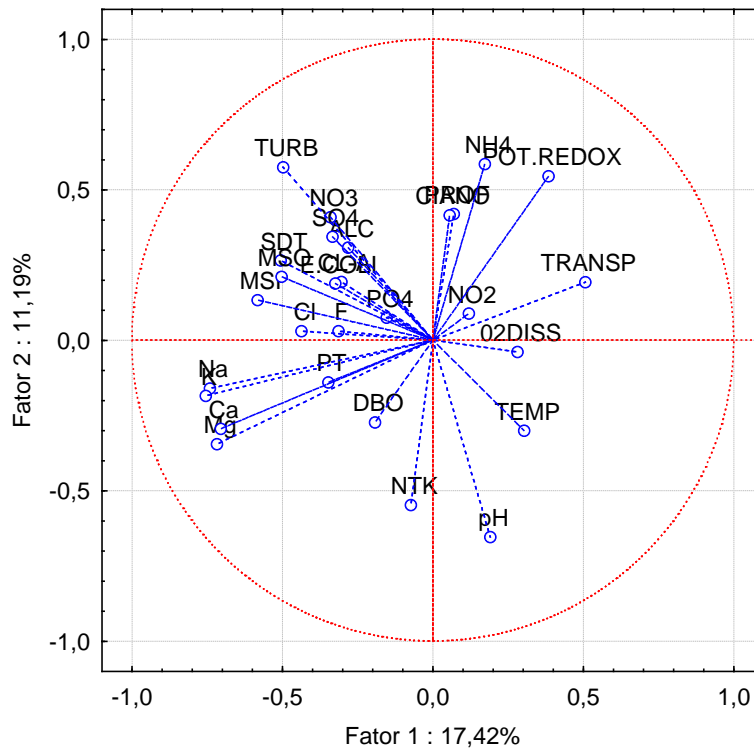
Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)

Na **Figura 11.4.1 - 7** estão apresentados os gráficos das projeções das variáveis de qualidade da água e das observações nos planos fatoriais obtidos na ACP, referentes aos pontos de coleta na área do TVR nos seis ciclos hidrológicos completos monitorados. A disposição dos agrupamentos dos vetores das variáveis de qualidade da água no plano fatorial foi muito semelhante àquela observada para os pontos do RX, no qual se verificou correlação entre os vetores dos íons como sódio, potássio, magnésio e cálcio no quadrante da esquerda, próximos ao eixo do fator 1 (horizontal), atribuído ao ciclo hidrológico do rio Xingu, bem como, agrupamento dos vetores das variáveis turbidez, fósforo total, materiais em suspensão orgânico e inorgânico, sólidos dissolvidos totais, nitrato e sulfato no quadrante superior, junto ao eixo do fator 2 (vertical), em oposição aos vetores das variáveis temperatura e pH.

Os valores dos fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água obtidos na ACP estão apresentados no **Quadro 11.4.1 - 3**. Do total das variáveis utilizadas, 13 (treze) foram consideradas relevantes e aplicadas na Análise de Discriminante, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 7**.

Os eixos resultantes da Análise de Discriminante explicam, juntos, 58,91% da variabilidade ocorrida na área, sendo que o “eixo 1” respondeu por 39,74% e o “eixo 2” por 19,17% deste total. Verificaram-se distinções do posicionamento dos agrupamentos dos marcadores referentes aos diferentes ciclos hidrológicos, em especial referentes ao 5º e 6º ciclos, os quais se posicionaram no quadrante esquerdo do plano fatorial, influenciado pela variável turbidez e íon amônio, muito possivelmente relacionados ao elevado regime de precipitação ocorrido nesses ciclos e que resultou em características distintas da qualidade da água. Agrupamento semelhante foi observado na AD aplicada aos dados obtidos no RX (**Figura 11.4.1 - 4**), o que corrobora essa hipótese, uma vez que o TVR é uma continuidade do RX, após o barramento.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)**



**Projeção dos pontos de coleta no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)**

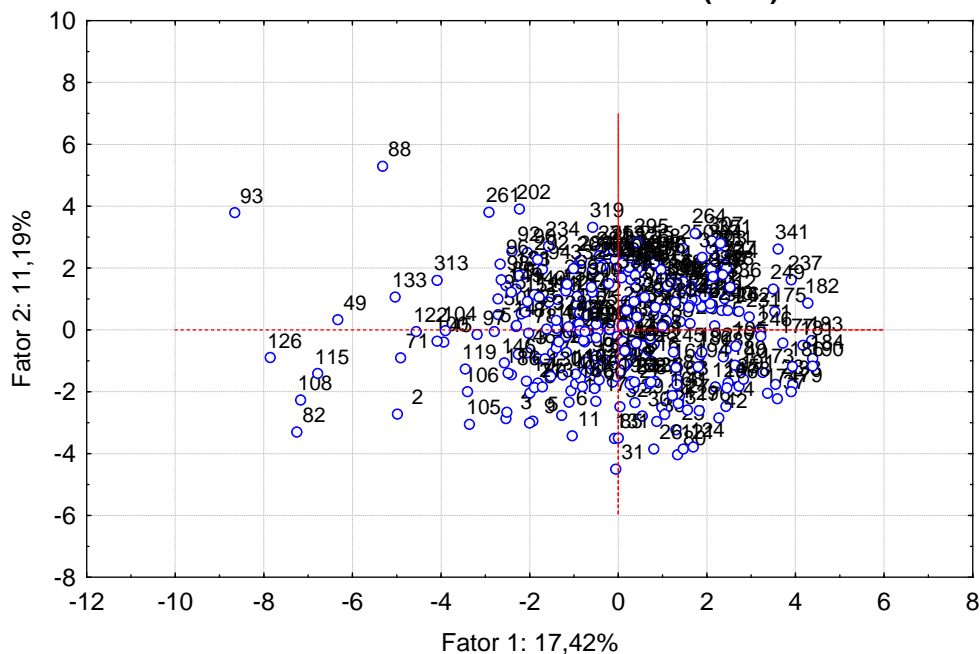


Figura 11.4.1 - 7 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 5 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do TVR em campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Potássio	-0,755596	-0,184285
2	Sódio	-0,741353	-0,160008
3	Magnésio	-0,718569	-0,345849
4	Cálcio	-0,705502	-0,293850
5	pH	0,190576	-0,653605
6	Amônio	0,172744	0,584914
7	Material em susp. inorgânico	-0,583392	0,133461
8	Turbidez	-0,498292	0,574682
9	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,073294	-0,547442
10	Potencial redox	0,384320	0,545118
11	Transparência	0,506364	0,192998
12	Sólidos totais dissolvidos	-0,506312	0,264545
13	Material em susp. orgânico	-0,502978	0,211028
14	Cloreto	-0,436721	0,030028
15	Fósforo total	-0,348066	-0,140177
16	Nitrato	-0,340042	0,408840
17	Sulfato	-0,334516	0,343822
18	<i>E. coli</i>	-0,324562	0,188249
19	Fluoreto	-0,313824	0,029571
20	Clorofila-a	-0,304133	0,193319
21	Temperatura	0,302794	-0,301234
22	Alcalinidade	-0,282075	0,307494
23	Oxigênio dissolvido	0,280608	-0,038971
24	DBO	-0,192242	-0,272574
25	Fosfato	-0,153831	0,074589
26	Nitrito	0,119269	0,088873
27	Profundidade	0,068925	0,419090
28	Cianobactérias	0,054885	0,415119

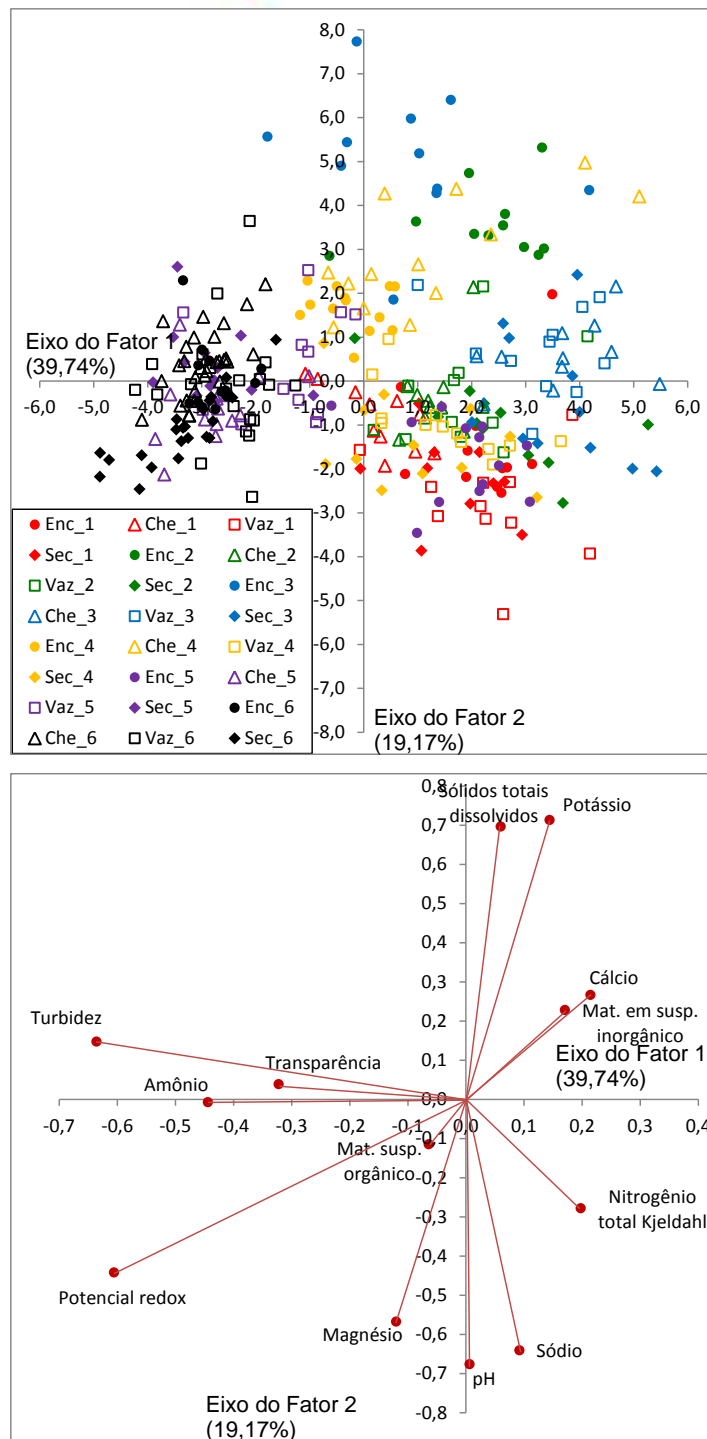


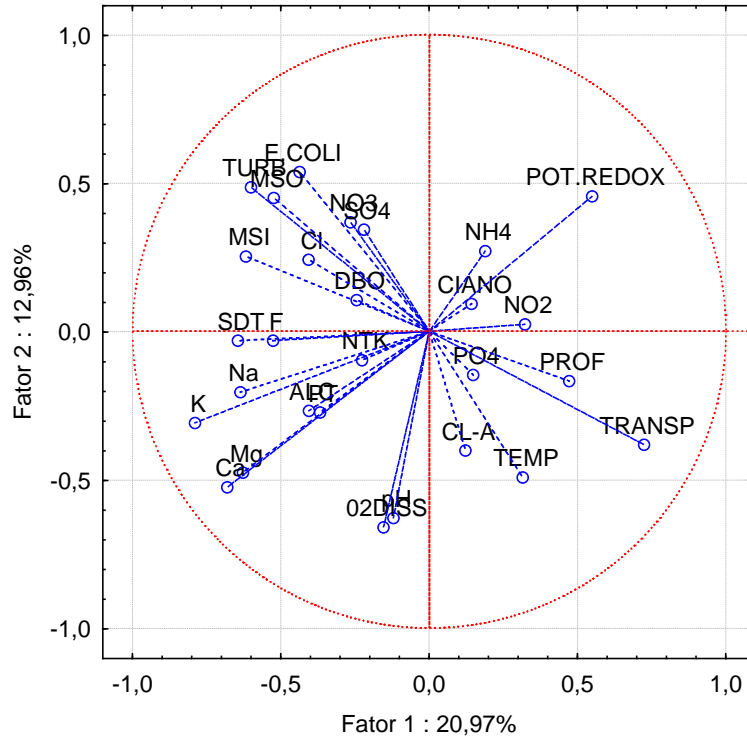
Figura 11.4.1 - 8 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.4 PONTOS DE COLETA NO TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Os gráficos das projeções das variáveis de qualidade da água e das observações no plano fatorial referentes aos pontos de coleta no Trecho de Restituição de Vazão (TRV) estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 9**. No eixo do fator 1 (horizontal), variáveis como sólidos totais dissolvidos, fluoreto, sódio, potássio magnésio e cálcio, em oposição à variável potencial redox, possivelmente relacionadas às alterações do ciclo hidrológico do rio Xingu, sendo que, no eixo 2 (vertical), variáveis como *E. coli*, turbidez, material em suspensão, sulfato e DBO se agruparam no quadrante superior, em oposição às variáveis que apresentaram baixos valores, como oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a, temperatura e transparência, as quais se agruparam no quadrante inferior, relacionadas às características predominantes no ponto TUC 01, localizado no igarapé Tucuruí na cidade de Vitória do Xingu, características essas bastante distintas daquelas observadas no rio Xingu.

Dentre as 28 (vinte e oito) variáveis aplicadas na ACP, 14 (quatorze) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 6**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 10**. Assim como observado nas áreas do RX e do TVR, verifica-se uma distinção entre os agrupamentos dos marcadores das diferentes campanhas e ciclos hidrológicos, condicionada pelo regime pluviométrico na bacia do rio Xingu.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV)**



**Projeção dos pontos de coleta no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV)**

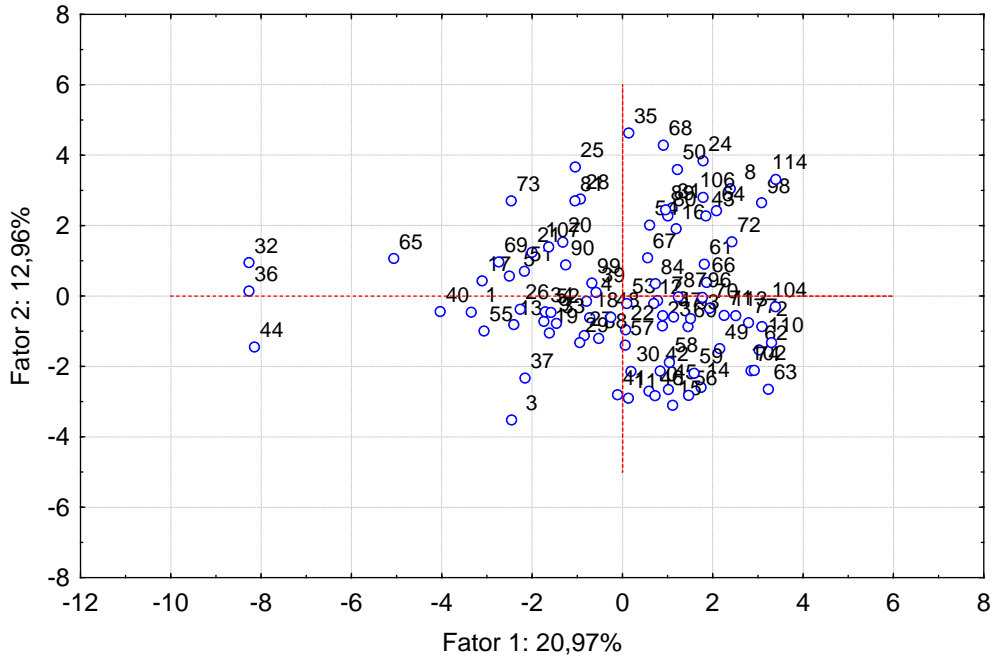


Figura 11.4.1 - 9 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 6 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do TRV em campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Potássio	-0,790346	-0,307772
2	Transparência	0,723101	-0,381135
3	Cálcio	-0,681369	-0,525077
4	Oxigênio dissolvido	-0,154586	-0,659599
5	Sólidos totais dissolvidos	-0,646002	-0,030455
6	Sódio	-0,636885	-0,204559
7	pH	-0,121459	-0,628626
8	Magnésio	-0,628009	-0,474877
9	Material em susp. inorgânico	-0,618243	0,253422
10	Turbidez	-0,601119	0,486281
11	Potencial redox	0,549200	0,456370
12	<i>E. coli</i>	-0,437297	0,537563
13	Fluoreto	-0,527377	-0,030801
14	Material em susp. orgânico	-0,524279	0,450292
15	Profundidade	0,470983	-0,166454
16	Cloreto	-0,407110	0,242709
17	Alcalinidade	-0,406253	-0,266845
18	Fósforo total	-0,368823	-0,272770
19	Nitrito	0,321940	0,024778
20	Temperatura	0,314473	-0,490907
21	Nitrato	-0,265971	0,369077
22	DBO	-0,245930	0,106528
23	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,227022	-0,095900
24	Sulfato	-0,220468	0,343201
25	Amônio	0,188398	0,271197
26	Fosfato	0,147350	-0,146441
27	Cianobactérias	0,142019	0,093344
28	Clorofila-a	0,121265	-0,400587

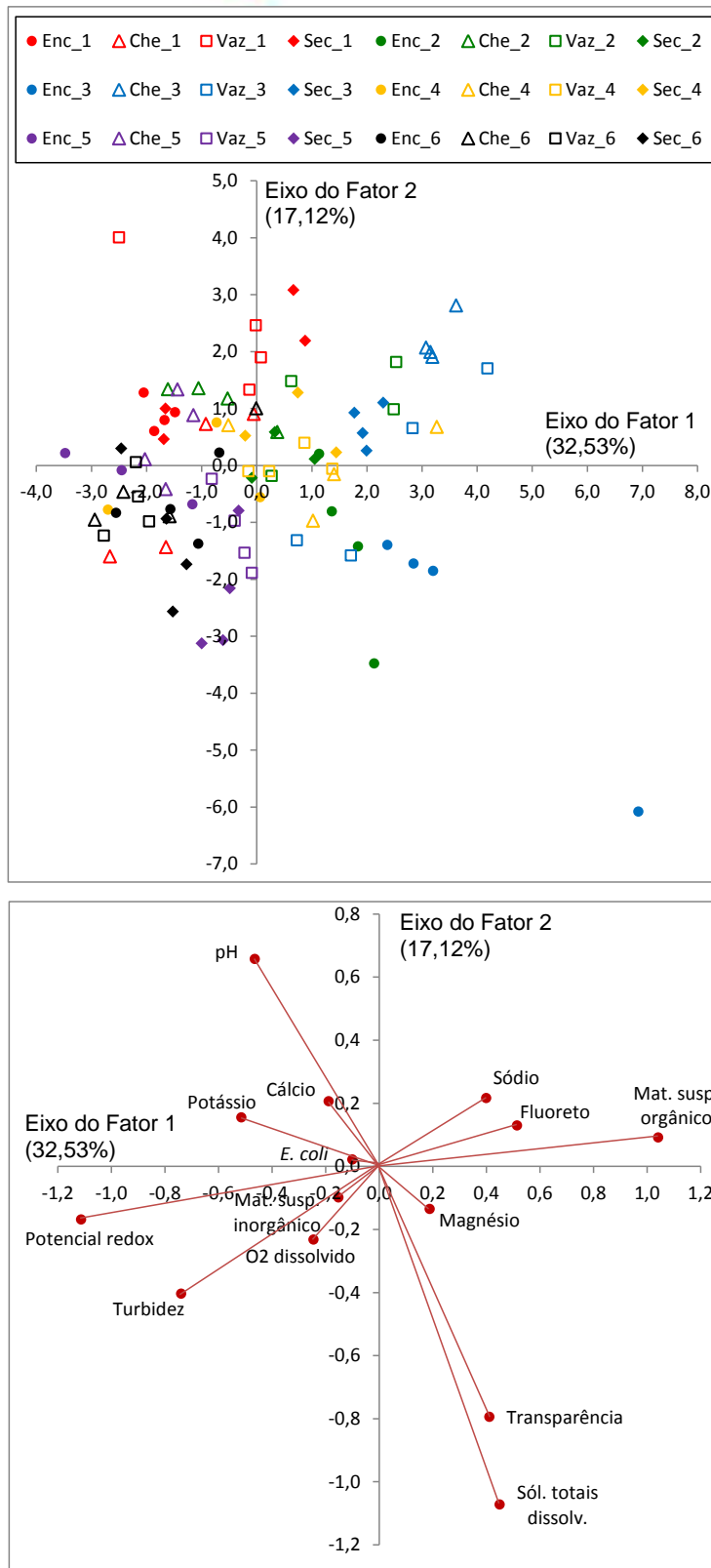
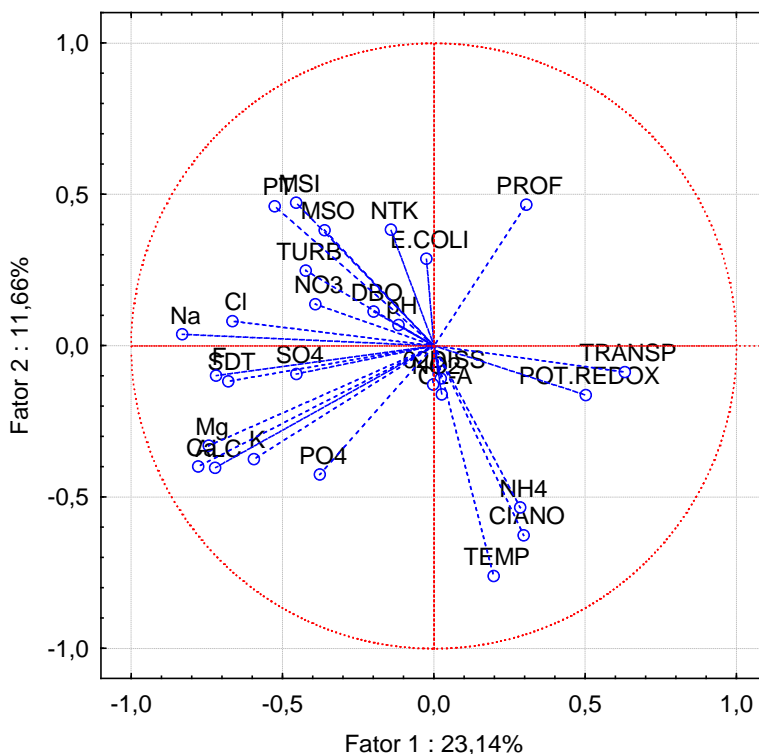


Figura 11.4.1 - 10 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.5 IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Em relação aos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques do RI (IID-RI), também se verificam agrupamentos nos planos fatoriais das variáveis e das observações resultantes da ACP (**Figura 11.4.1 - 11**), condicionados pelo regime de precipitações nos distintos períodos dos ciclos hidrológicos. Do total das 28 (vinte e oito) variáveis empregadas na ACP, 14 (quatorze) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 7**) e utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 12**. Os marcadores referentes ao 5º e 6º ciclos hidrológicos se posicionaram agrupados no quadrante direito, junto ao eixo 1, ou seja, em uma porção distinta do plano fatorial quando comparada aos posicionamentos dos agrupamentos dos marcadores referentes aos demais ciclos hidrológicos. Tal distinção se deve muito provavelmente à formação do RI, uma vez que os igarapés interceptados pelos diques, os quais recebiam as águas das próprias bacias originais durante a fase de pré-enchimento, passaram a receber água superficial desse reservatório durante as fases de enchimento e de operação, sendo que esse reservatório, por sua vez, recebe grande parte da água do rio Xingu via Canal de Derivação, além das águas dos igarapés. Não obstante, tais alterações observadas na qualidade da água dos pontos IID-RI, após a formação do RI, não resultaram em diminuição da riqueza total e da diversidade de organismos fitoplanctônicos, zooplanctônicos e bentônicos, comprovados nos resultados da biota aquática apresentados no item 11.4.1.2.1.3 deste documento.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do RI**



**Projeção dos pontos de coleta no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do RI**

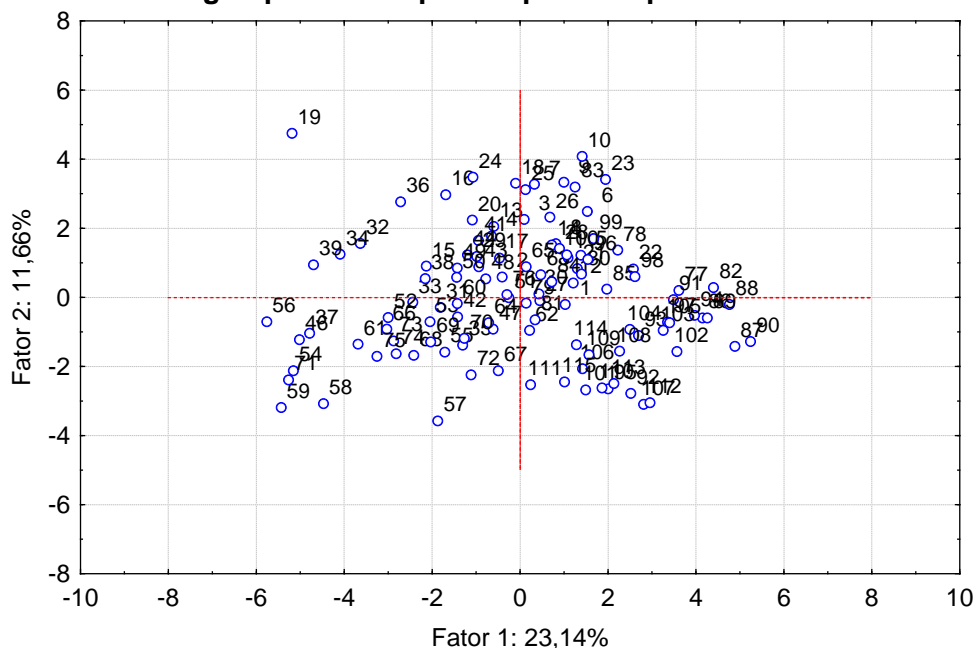


Figura 11.4.1 - 11 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 7 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos Igarapés Interceptados pelos Diques em campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Sódio	-0,831934	0,038131
2	Cálcio	-0,779151	-0,398416
3	Temperatura	0,196508	-0,760666
4	Magnésio	-0,744243	-0,329973
5	Alcalinidade	-0,723085	-0,402457
6	Fluoreto	-0,720396	-0,098405
7	Sólidos totais dissolvidos	-0,680227	-0,116997
8	Cloreto	-0,666209	0,081948
9	Transparência	0,630569	-0,086393
10	Cianobactérias	0,296071	-0,625832
11	Potássio	-0,595624	-0,374703
12	Amônio	0,285077	-0,534131
13	Fósforo total	-0,526957	0,461476
14	Potencial redox	0,501673	-0,162770
15	Material em susp. inorgânico	-0,455618	0,472880
16	Sulfato	-0,454759	-0,092411
17	Turbidez	-0,423446	0,249173
18	Nitrato	-0,391675	0,138436
19	Fosfato	-0,377016	-0,424886
20	Material em susp. orgânico	-0,361953	0,382345
21	Profundidade	0,304848	0,466866
22	DBO	-0,199339	0,114074
23	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,142184	0,384729
24	pH	-0,117071	0,069136
25	Clorofila-a	0,025620	-0,160792
26	<i>E. coli</i>	-0,025141	0,287923
27	Oxigênio dissolvido	0,022666	-0,107821
28	Nitrito	-0,002904	-0,127065

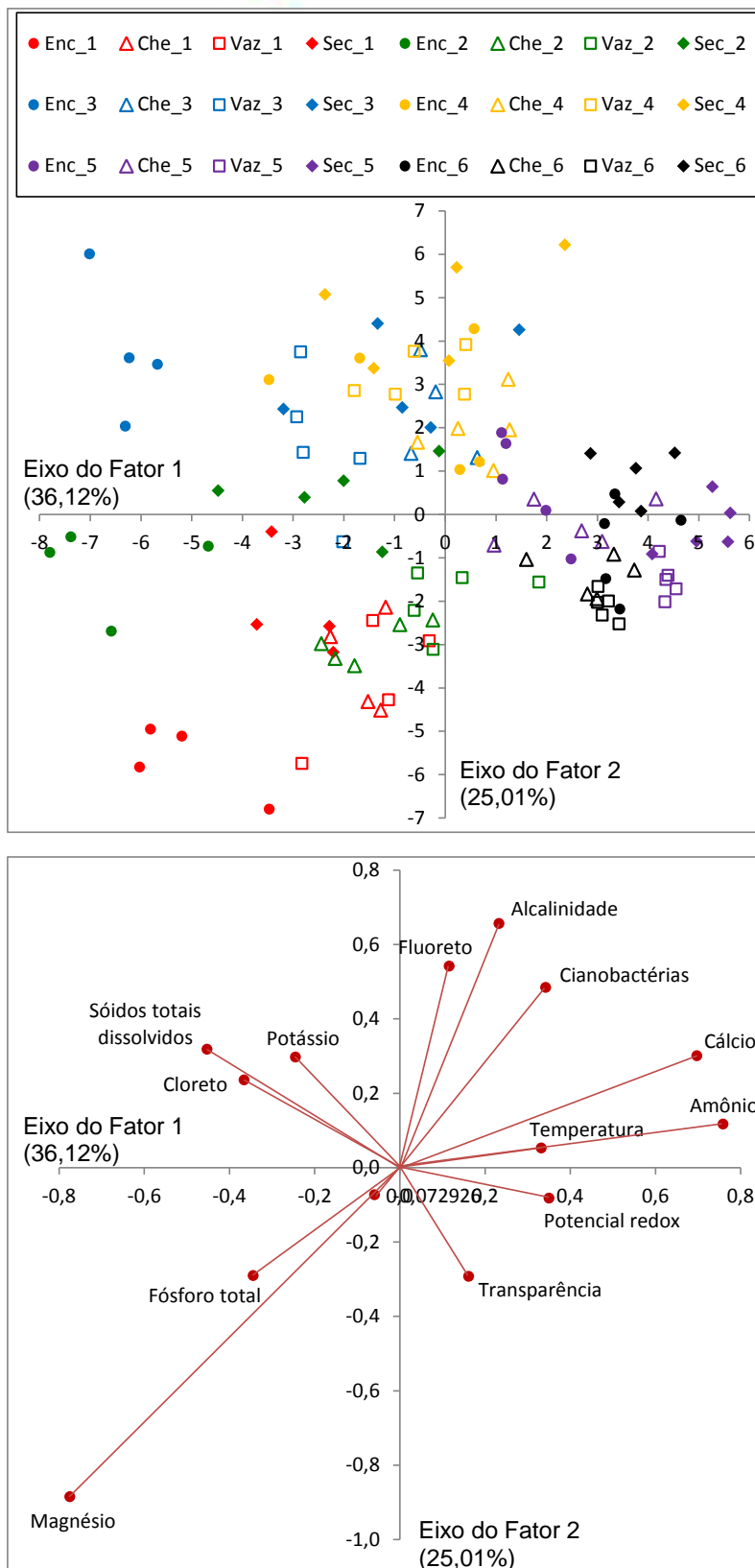


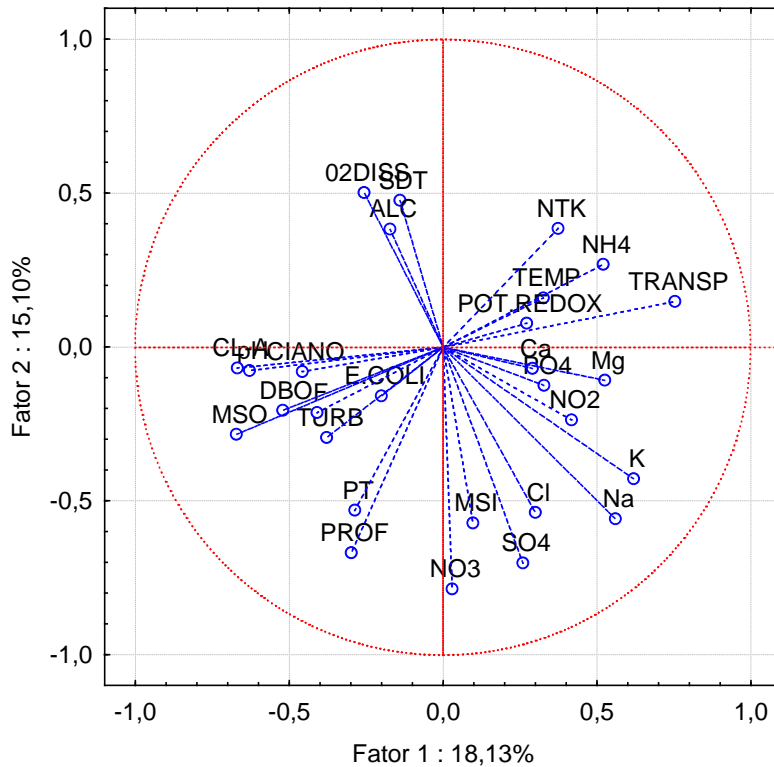
Figura 11.4.1 - 12 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.6 RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Na **Figura 11.4.1 - 13** estão apresentados os planos fatoriais da ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do reservatório RI durante a fase de operação. Destacam-se os agrupamentos formados pelos vetores das variáveis cianobactérias, clorofila-a, profundidade, fósforo total, DBO e material em suspensão orgânico no quadrante esquerdo inferior do plano fatorial, em oposição aos vetores das variáveis transparência, amônio, nitrogênio total, potencial redox e temperatura no quadrante esquerdo inferior. Dentre as variáveis aplicadas na ACP, 16 (dezesesseis) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 8**) e utilizadas para a AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 14**.

Verifica-se, de certa forma, uma semelhança entre o posicionamento dos marcadores referentes a cada período para os dois ciclos hidrológicos (2016 e 2017). Os marcadores referentes ao período de cheia dos dois ciclos hidrológicos (marcadores triangulares), por exemplo, se posicionaram, em sua grande maioria, no quadrante inferior esquerdo do plano fatorial, juntamente com os marcadores referentes ao período de enchente do 6º ciclo hidrológico (círculos fechados em preto), sendo que os marcadores do período de vazante dos dois ciclos hidrológicos (quadrados) se posicionaram, em sua grande maioria, no quadrante superior, juntamente com os marcadores referentes ao período de seca do 6º ciclo hidrológico. Apenas os marcadores referentes ao período de seca do 5º ciclo hidrológico (losangos fechados em roxo), agrupados no quadrante esquerdo junto ao eixo do fator 1, se manteve deslocado dos marcadores dos demais períodos, possivelmente influenciados pelo deplecionamento do RI durante a primeira seca após a formação do reservatório.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório Intermediário (RI)**



**Projeção dos pontos de coleta no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório Intermediário (RI)**

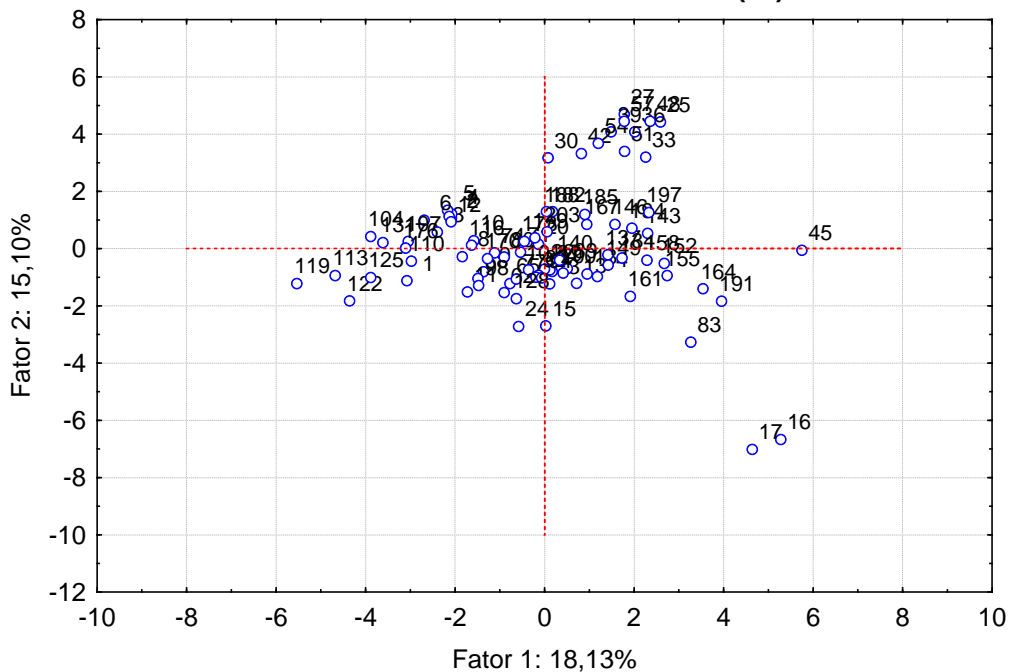


Figura 11.4.1 - 13 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) no 5º e 6º ciclos hidrológicos, referentes à fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 8 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no RI em campanhas realizadas no 5º e 6º ciclos hidrológicos, referentes à fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Nitrato	0,029570	-0,785753
2	Transparência	0,754260	0,148536
3	Sulfato	0,259810	-0,700864
4	Material em susp. orgânico	-0,671012	-0,283648
5	Clorofila-a	-0,668179	-0,067949
6	Profundidade	-0,298223	-0,667728
7	pH	-0,628499	-0,075977
8	Potássio	0,620106	-0,427503
9	Material em susp. inorgânico	0,097107	-0,570912
10	Sódio	0,560639	-0,557320
11	Cloreto	0,299992	-0,536496
12	Fósforo total	-0,286348	-0,529973
13	Magnésio	0,525649	-0,107536
14	Amônio	0,520539	0,269372
15	DBO	-0,520146	-0,205284
16	Oxigênio dissolvido	-0,256024	0,502004
17	Cianobactérias	-0,457096	-0,079003
18	Nitrito	0,418086	-0,235705
19	Fluoreto	-0,408644	-0,213063
20	Turbidez	-0,377438	-0,293270
21	Nitrogênio total Kjeldahl	0,374086	0,385752
22	Fosfato	0,328565	-0,124596
23	Temperatura	0,326047	0,159318
24	Cálcio	0,291061	-0,068598
25	Potencial redox	0,271681	0,077534
26	<i>E. coli</i>	-0,200042	-0,158223
27	Alcalinidade	-0,171508	0,384033
28	Sólidos totais dissolvidos	-0,139708	0,476799

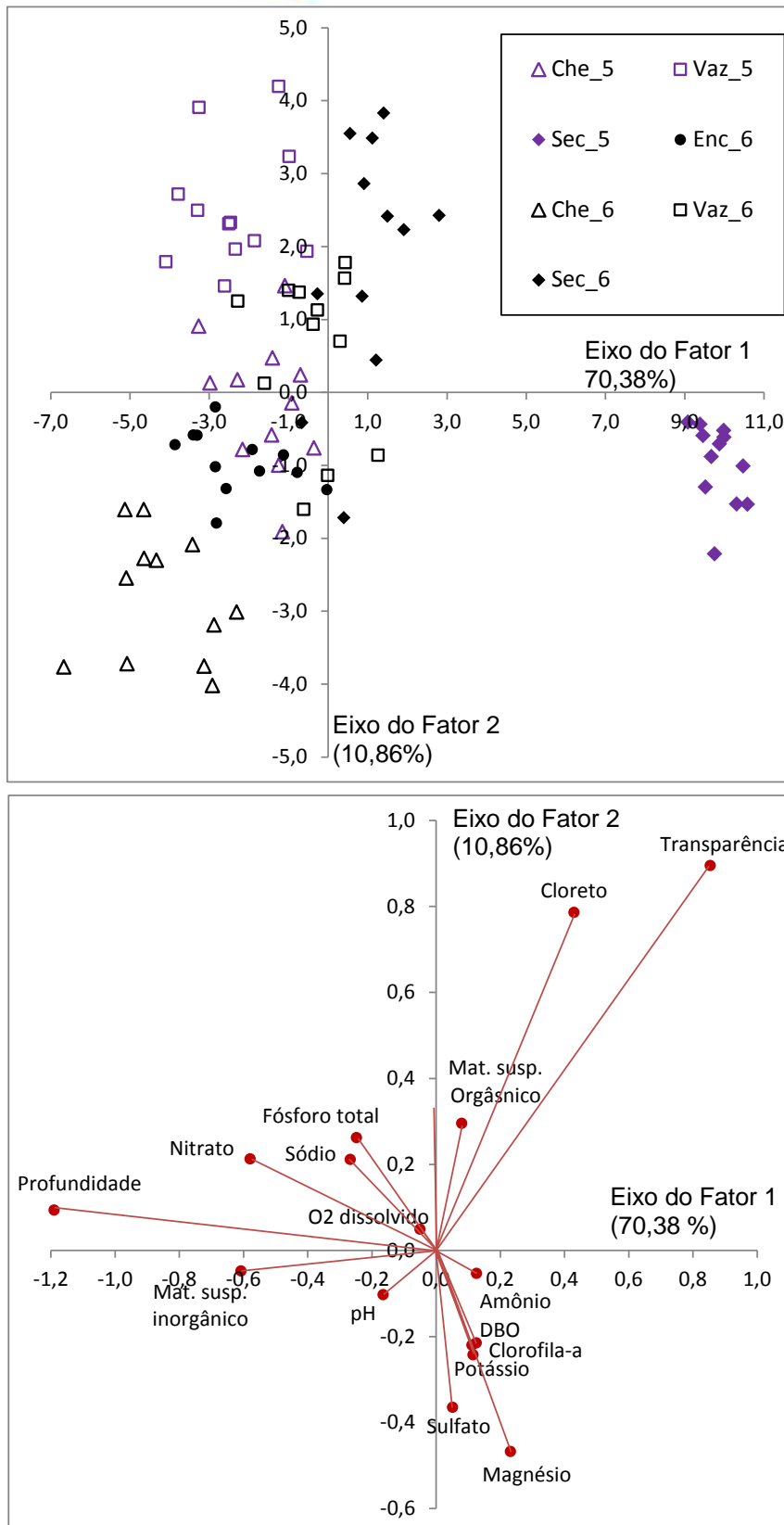
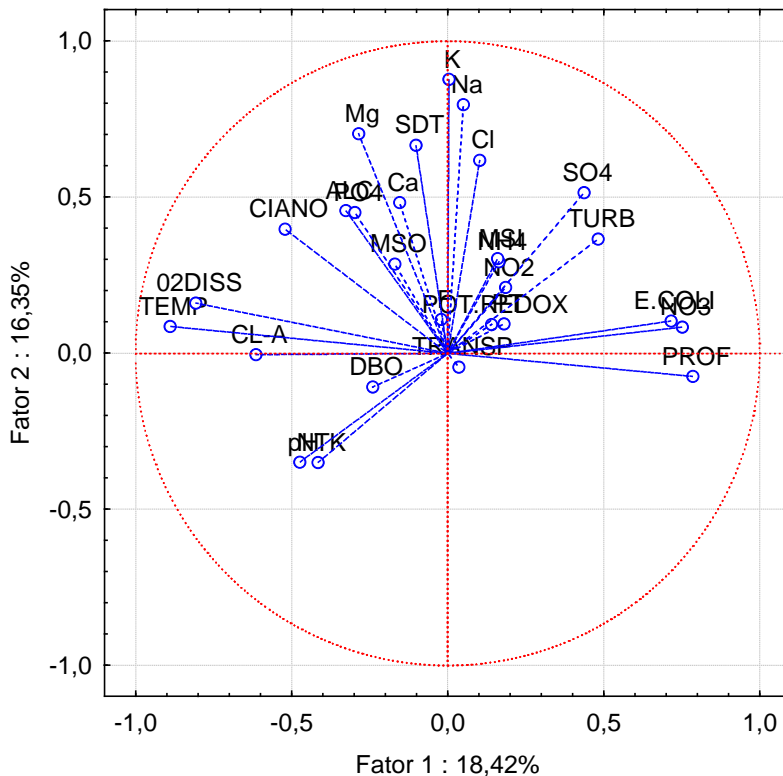


Figura 11.4.1 - 14 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta nos pontos localizados no RI no 5º ciclo hidrológico, referente à fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

11.4.1.2.1.1.7 PONTOS LOCALIZADOS NO RIO BACAJÁ

Os vetores das variáveis de qualidade da água obtidos na ACP aplicada aos dados dos pontos do rio Bacajá apresentaram-se agrupados em distintas porções do plano fatorial (**Figura 11.4.1 - 15**), relacionados às características observadas em cada período do ciclo hidrológico. Dentre as variáveis utilizadas na ACP, 13 (treze) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 9**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 16**. Nota-se uma nítida distinção entre os agrupamentos dos marcadores referentes aos diferentes períodos do ciclo hidrológico, relacionados, conforme descrito anteriormente, às condições da qualidade da água. Não obstante, alguns marcadores referentes a um determinado período dos seis ciclos hidrológicos, como por exemplo, de cheia (triângulos), se mantiveram, em sua grande maioria, no quadrante direito inferior, condicionados pela variável potássio, sendo que os marcadores referentes aos períodos de vazante e seca se mantiveram no quadrante superior, junto ao eixo 2, condicionados principalmente pela variável temperatura.

**Projeção das variáveis da água no plano fatorial (1 x 2)
Área do rio Bacajá**



**Projeção dos pontos de coleta no plano fatorial (1 x 2)
Área do rio Bacajá**

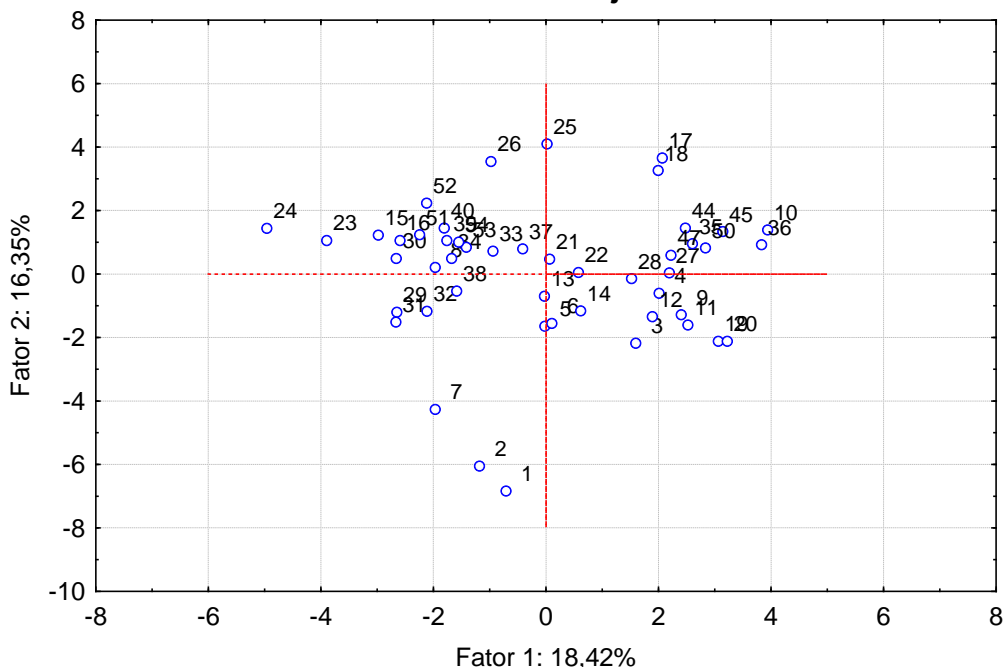


Figura 11.4.1 - 15 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de amostras de água obtidos na Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 9 – Fatores de carregamento das variáveis de qualidade da água gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta na área do rio Bacajá em campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis consideradas relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Temperatura	-0,889687	0,085582
2	Potássio	0,003295	0,877805
3	Oxigênio dissolvido	-0,807327	0,160803
4	Sódio	0,050485	0,797168
5	Profundidade	0,786078	-0,073996
6	Nitrato	0,751379	0,083763
7	<i>E. coli</i>	0,715949	0,103760
8	Magnésio	-0,285431	0,703025
9	Sólidos totais dissolvidos	-0,101997	0,666760
10	Cloreto	0,101878	0,618404
11	Clorofila-a	-0,615048	-0,003946
12	Cianobactérias	-0,520864	0,397315
13	Sulfato	0,436717	0,514964
14	Turbidez	0,481710	0,366285
15	pH	-0,473451	-0,349283
16	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,416062	-0,350228
17	Alcalinidade	-0,326357	0,456937
18	Fosfato	-0,297125	0,450744
19	DBO	-0,239900	-0,107993
20	Nitrito	0,184775	0,211063
21	Fósforo total	0,180168	0,094220
22	Material em susp. orgânico	-0,169052	0,286276
23	Amônio	0,163536	0,293461
24	Material em susp. inorgânico	0,159604	0,303964
25	Cálcio	-0,154238	0,483119
26	Potencial redox	0,140585	0,092503
27	Transparência	0,035895	-0,044639
28	Fluoreto	-0,021136	0,108382

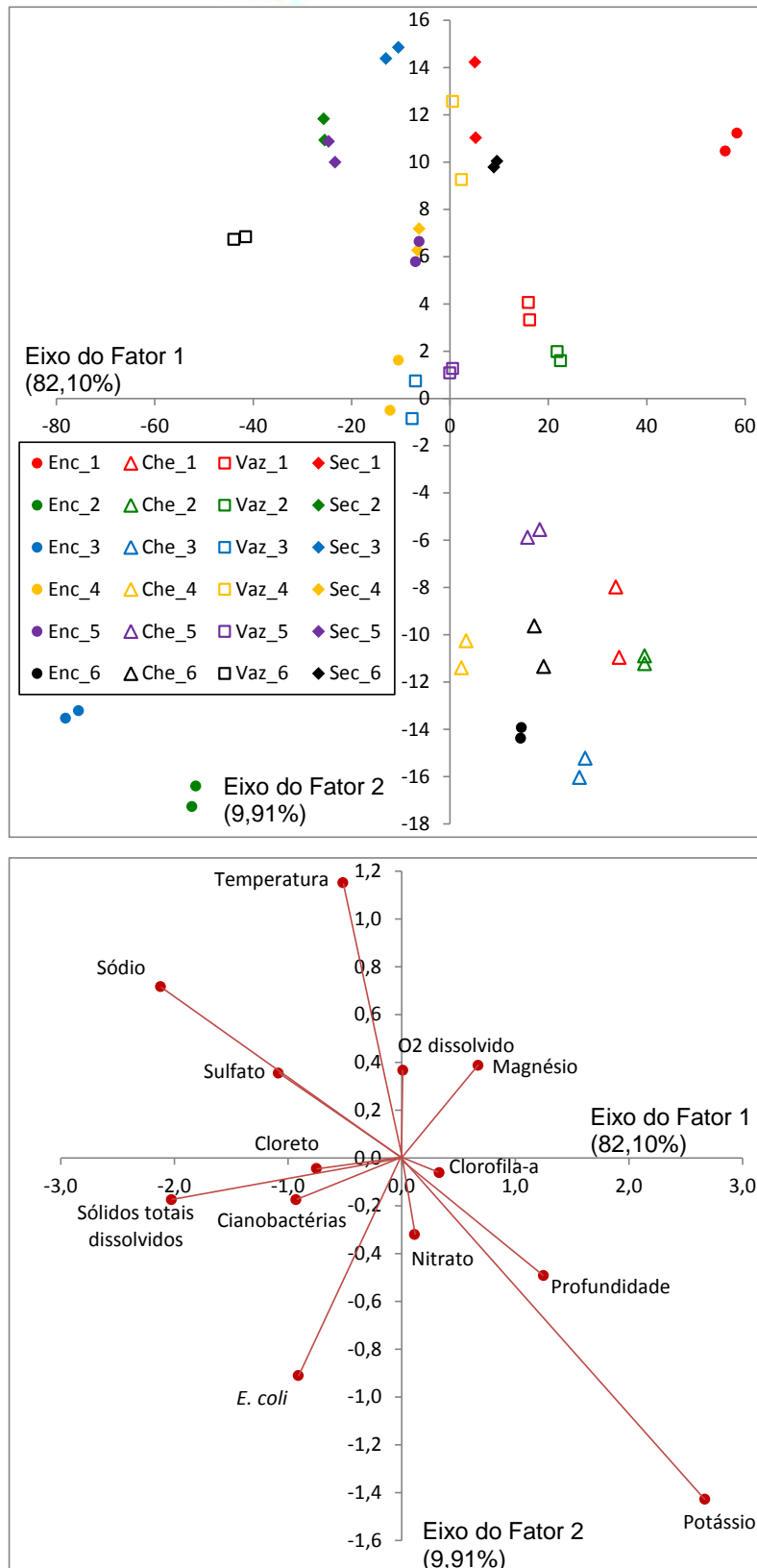


Figura 11.4.1 - 16 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de qualidade da água nos pontos de coleta localizados na área do Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.1.8 OUTRAS VARIÁVEIS

Como citado anteriormente, as variáveis selecionadas inicialmente para compor as análises estatísticas multivariadas apresentaram valores detectáveis pelos métodos empregados. As variáveis que não foram selecionadas e, portanto, não citadas nas análises acima, são brevemente abordadas nos parágrafos a seguir.

A concentração de coliformes totais não foi utilizada nas análises multivariadas por apresentar redundância com a concentração dos coliformes fecais (*E. coli*). Os coliformes totais foram mais abundantes no igarapé Altamira (ALT 02), que recebia parte do esgoto não tratado da área urbana, além da influência de propriedades rurais e, também, nos igarapés localizados na área dos igarapés interceptados pelos Diques (IGCO, IGCAJ e Aturiá), que sofriam influência, também, de propriedades rurais para a criação de gado em toda a sua área de abrangência. Os valores das médias e desvios padrão de coliformes totais dos pontos localizados no RI são referentes aos meses de abril, julho e outubro de 2016, janeiro, abril, julho e outubro de 2017, após a formação dos reservatórios. Os desvios padrão foram acentuados ao longo do monitoramento, indicando que houve elevada variabilidade temporal da concentração de coliformes totais (**Figura 11.4.1 - 17**).

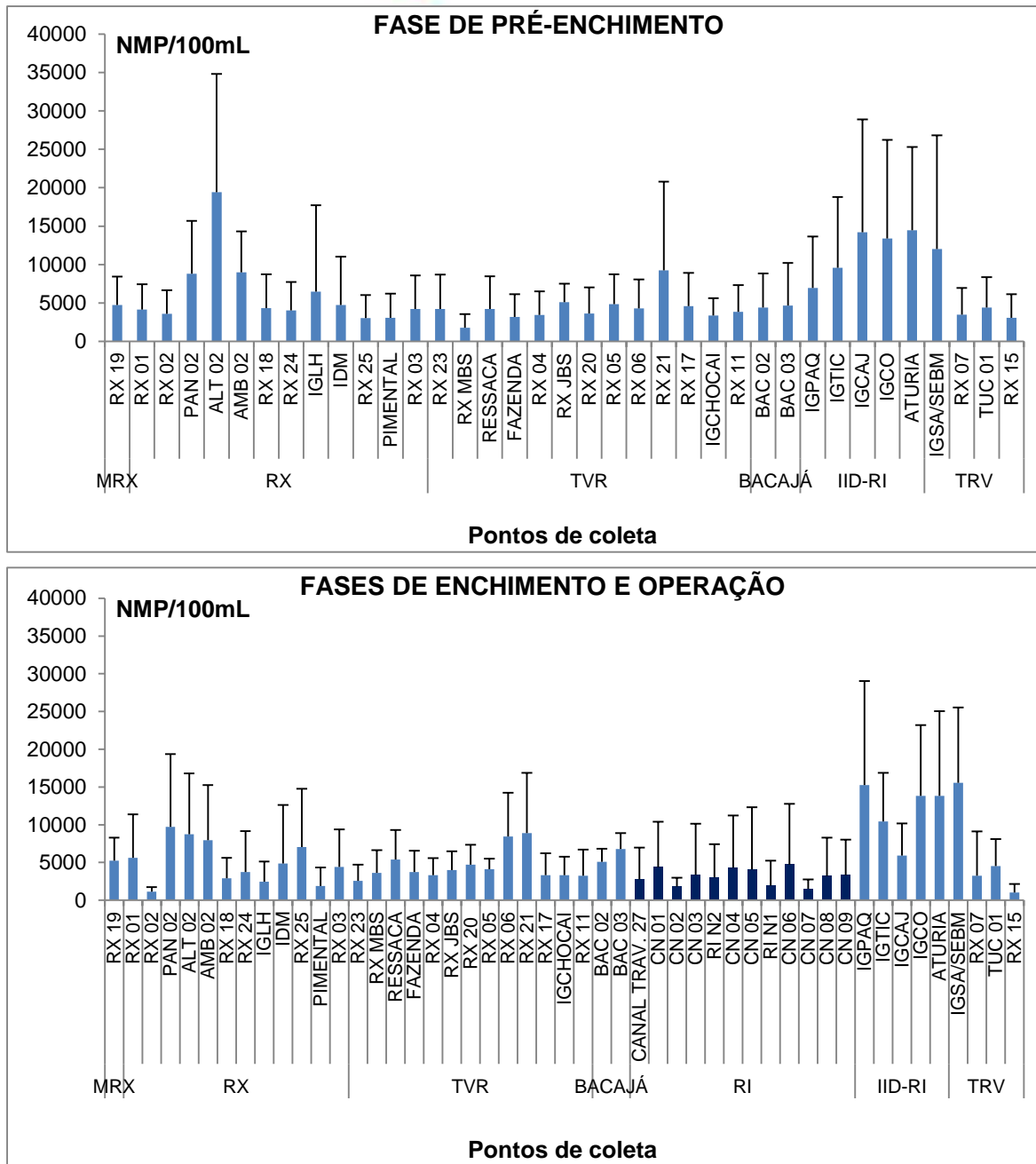


Figura 11.4.1 - 17 – Médias e desvio padrão das concentrações de coliformes totais nas campanhas trimestrais nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). MRX: Montante do Reservatório do Xingu; RX: Reservatório do Xingu; TVR: Trecho de Vazão Reduzida; TRV: Trecho de Restituição de Vazão; IID-RI: Igarapés Interceptados pelos Diques; RI: Reservatório Intermediário; BAC: rio Bacajá. *: dados do RI são referentes ao período entre abril de 2016 e outubro de 2017, após a sua formação.

Os teores dos metais dissolvidos na água como o cádmio (Cd), alumínio (Al), manganês (Mn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), arsênio (As), zinco (Zn), selênio (Se) e mercúrio (Hg) não foram empregados nas análises multivariadas pelo fato de terem apresentado elevado contingente de valores abaixo do limite de detecção, ou seja, abaixo dos valores máximos permitidos, indicando ausência de contaminação por metais pesados na área

de influência da UHE Belo Monte, mesmo no período de intensificação das atividades das obras do empreendimento, com alteração dos cursos dos igarapés, supressão vegetal e construção de diques. Após a formação dos reservatórios, os metais continuaram apresentando valores abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, não evidenciando, portanto, contaminações nas áreas monitoradas.

Situação semelhante ocorreu para o íon fosfato e para a concentração de óleos e graxas, sendo que esta variável se encontra analisada de forma mais específica no **Anexo 11.4.1 - 6**, em que são abordadas as variações das variáveis referentes à qualidade da água em cada um dos pontos, em todas as campanhas trimestrais realizadas.

A concentração de pesticidas na água, em todos os resultados obtidos até a 25ª campanha trimestral (outubro de 2017), esteve abaixo do limite de detecção, ou seja, abaixo dos valores máximos permitidos, indicando ausência de contaminação por pesticidas.

11.4.1.2.1.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

A análise multivariada da qualidade da água na área de influência da UHE Belo Monte indicou, como esperado, variabilidade entre campanhas ao longo do monitoramento, por terem sido realizadas em distintos períodos hidrológicos e relacionadas ao pulso de inundação na bacia hidrográfica. De uma forma geral, as variabilidades entre os diferentes períodos do ciclo hidrológico estiveram condicionadas às concentrações de íons como cloreto, sódio, potássio, magnésio e cálcio, bem como às variáveis relacionadas ao período de cheia e de elevada precipitação, tais como turbidez e material em suspensão total, as quais apresentaram distinções nesses períodos.

As diferenças interanuais foram também observadas entre os seis ciclos hidrológicos nas diferentes áreas de monitoramento, relacionadas às condições pluviométricas distintas observadas em cada ciclo, com consequência nas características físicas e químicas da água. Em relação aos 5º e 6º ciclos hidrológicos completos, também foram observadas distinções na qualidade da água pela AD em relação aos demais ciclos hidrológicos referentes ao período de pré-enchimento em todas as áreas monitoradas, ocasionadas pelas condições pluviométricas e de vazões já discutidas anteriormente, como precipitação acumulada mensal máxima durante o período de cheia e baixas vazões nos períodos de vazante e seca. No caso dos igarapés interceptados pelos Diques, as alterações foram resultantes da formação do RI, uma vez que os cursos desses igarapés passaram a ser alimentados pela água superficial do referido reservatório. Não obstante, tais alterações observadas na qualidade da água das diferentes áreas monitoradas após a formação dos reservatórios não resultaram em diminuição da riqueza total e da diversidade de organismos fitoplanctônicos, zooplanctônicos e bentônicos, comprovados nos resultados da biota aquática apresentados posteriormente neste documento.

11.4.1.2.1.3 ANÁLISE MULTIVARIADA DA QUALIDADE DO SEDIMENTO

Para a aplicação da análise multivariada aos dados da qualidade do sedimento obtidos no projeto, os mesmos procedimentos utilizados com relação aos dados de qualidade da água, apresentados no item anterior, foram adotados, tais como aplicação de ACP e escolha das variáveis consideradas significativas para aplicação da AD e os padrões dos marcadores (formas e cores) para os diferentes períodos e ciclos hidrológicos, respectivamente. Adotou-se, também, a mesma separação dos dados para a aplicação das análises nas diferentes áreas de influência, a citar: Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Igarapés de Altamira, Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Trecho de Restituição de Vazão (TRV), Reservatório Intermediário (RI), Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) e rio Bacajá. Novamente, o principal objetivo dessa caracterização das diferentes áreas de monitoramento é a verificação de possíveis alterações que possam ter ocorrido na qualidade dos sedimentos após a formação do RX e do RI.

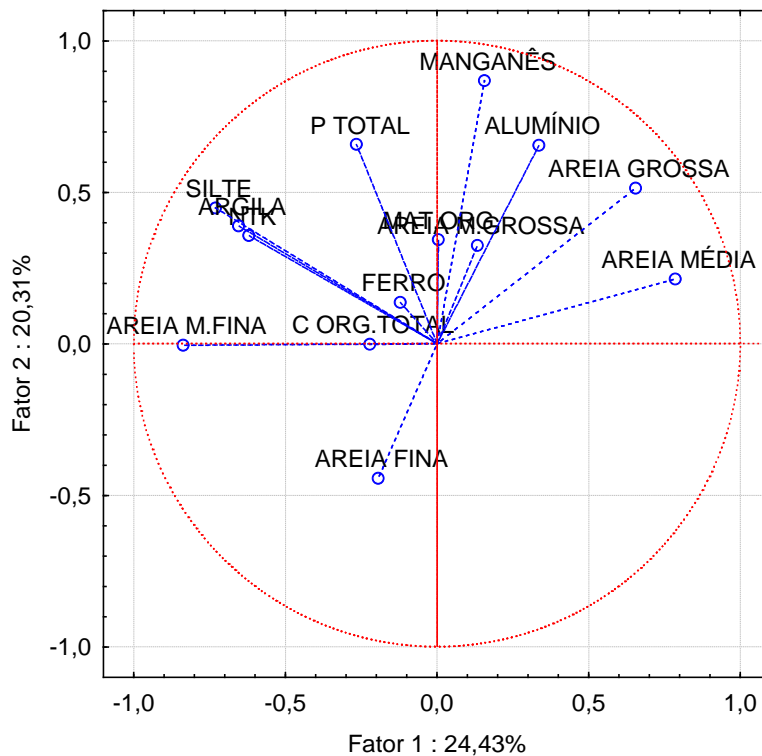
Foram utilizadas 14 (quatorze) variáveis do sedimento na ACP, a citar: teores de matéria orgânica, carbono orgânico total, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, ferro, manganês, alumínio e as diferentes frações granulométricas de sedimento: argila, silte, areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa.

11.4.1.2.1.3.1 PONTOS DE COLETA DE SEDIMENTOS NA ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Na **Figura 11.4.1 - 18** são apresentados os gráficos dos planos fatoriais resultantes da ACP aplicada aos dados obtidos no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu. Foram verificados, basicamente, dois agrupamentos distintos: o primeiro, referente aos vetores das variáveis argila, silte, areia muito fina, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total no quadrante esquerdo superior, em oposição aos vetores das variáveis areia grossa e areia média, no quadrante direito, próximo ao eixo do fator 1 (horizontal); e o segundo agrupamento formado no quadrante inferior esquerdo, próximo ao eixo do fator 2 (vertical), composto pelos vetores das variáveis manganês, fósforo total e alumínio, em oposição ao vetor da variável areia fina, no quadrante inferior esquerdo. Tais disposições dos vetores das variáveis de qualidade de sedimento foram condicionadas pelos diferentes períodos dos ciclos hidrológicos naquele local.

A AD não pode ser utilizada para a área MRX por ter sido realizada apenas uma coleta de amostra por campanha. Não obstante, a ACP possibilitou uma caracterização do local baseada nas características da qualidade do sedimento, diferenciadas em função das diferentes estações do ciclo hidrológico (**Quadro 11.4.1 - 10**).

**Projeção das variáveis do sedimento no plano fatorial (1 x 2)
Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX)**

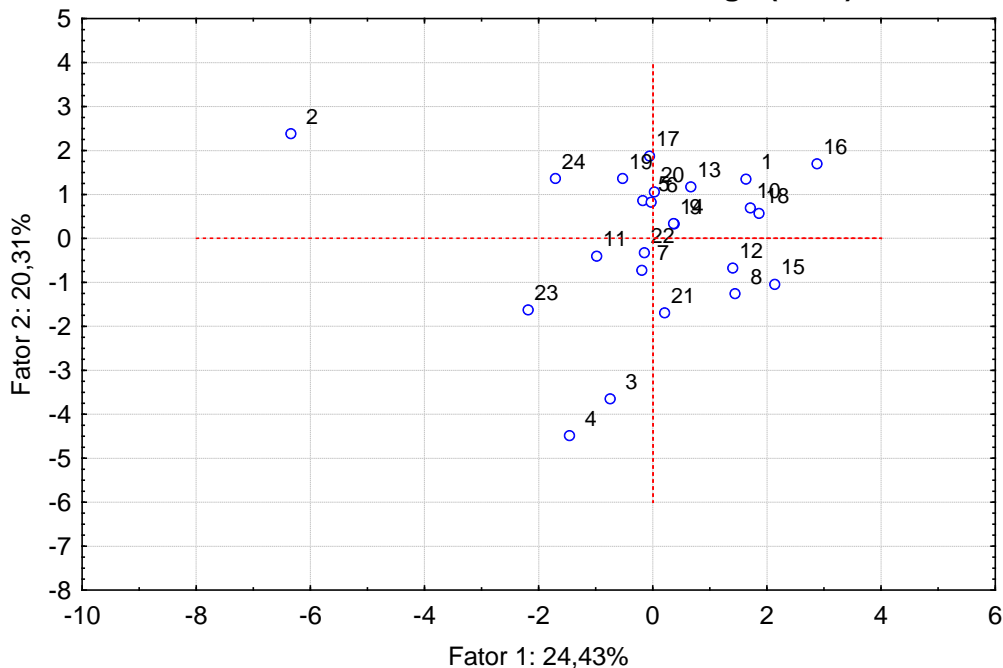


Figura 11.4.1 - 18 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos no ponto localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 10 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu, obtidos durante os nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Manganês	0,155935	0,868112
2	Areia muito fina	-0,837297	-0,005259
3	Areia média	0,785659	0,213953
4	Silte	-0,730656	0,448256
5	Fósforo total	-0,265663	0,657469
6	Areia grossa	0,654565	0,513686
7	Alumínio	0,335548	0,654359
8	Argila	-0,654152	0,388400
9	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,620669	0,357708
10	Carbono orgânico total	-0,221866	-0,001908
11	Areia fina	-0,194289	-0,444057
12	Areia muito grossa	0,132768	0,324539
13	Ferro	-0,121948	0,136467
14	Matéria orgânica	0,004237	0,343628

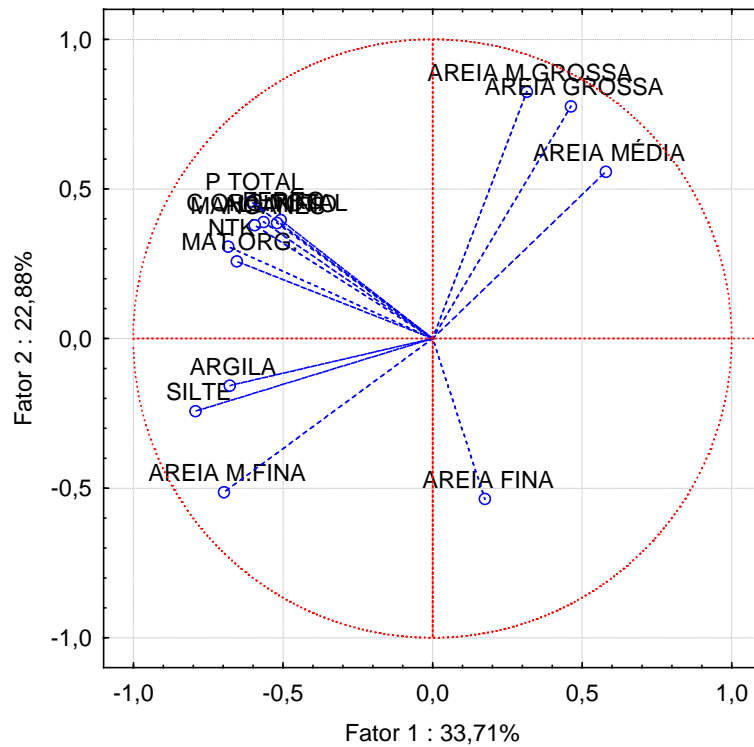
11.4.1.2.1.3.2 PONTOS NO RESERVATÓRIO DO XINGU

11.4.1.2.1.3.2.1 CORPO PRINCIPAL E BRAÇOS DO RX

Na ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no RX, verifica-se um agrupamento de vetores das variáveis de sedimento como fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl, matéria orgânica, carbono orgânico total, alumínio, manganês e ferro no quadrante superior esquerdo, próximos dos vetores das variáveis silte e argila no quadrante esquerdo inferior, em oposição ao vetor da variável areia fina no quadrante inferior direito. Outro agrupamento de vetores das variáveis das frações granulométricas mais grosseiras foi formado no quadrante superior direito, em oposição aos vetores das variáveis das frações granulométricas mais finas no quadrante inferior esquerdo (**Figura 11.4.1 – 19**).

A ACP identificou 12 (doze) variáveis de sedimento consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 11**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 20**.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório do Xingu (RX)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório do Xingu (RX)**

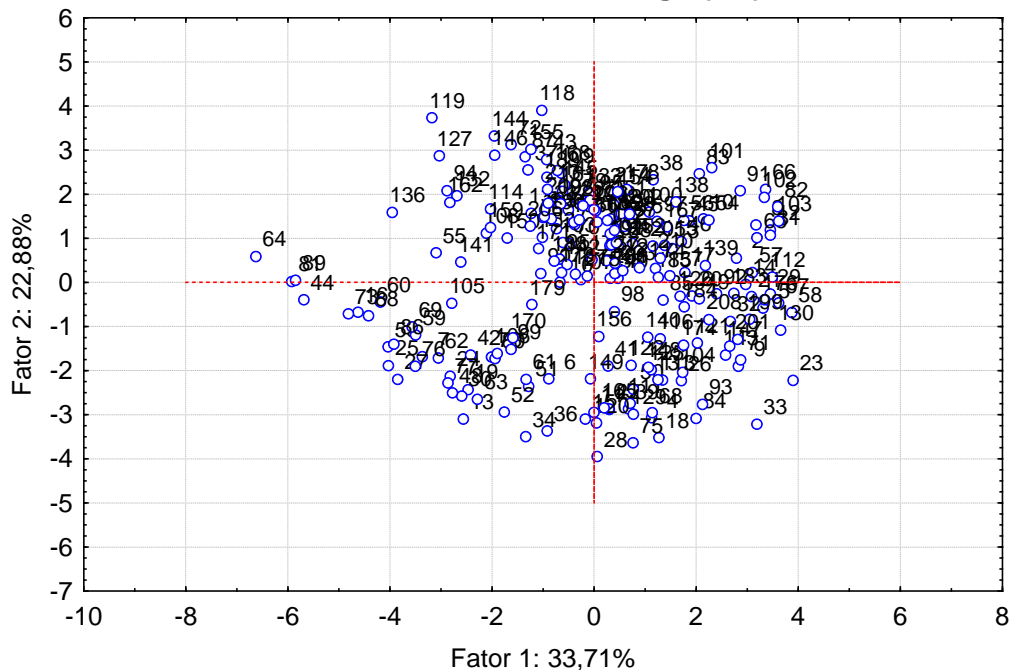


Figura 11.4.1 - 19 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 11 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Areia muito grossa	0,314946	0,825237
2	Silte	-0,792436	-0,242729
3	Areia grossa	0,462050	0,776159
4	Areia muito fina	-0,697995	-0,514050
5	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,683386	0,307538
6	Argila	-0,678266	-0,156510
7	Matéria orgânica	-0,655035	0,257778
8	Fósforo total	-0,606768	0,458725
9	Manganês	-0,594535	0,378963
10	Areia média	0,579059	0,557878
11	Carbono orgânico total	-0,564884	0,389818
12	Areia fina	0,174443	-0,536154
13	Alumínio	-0,519974	0,386664
14	Ferro	-0,508495	0,396125

Em relação aos marcadores das diferentes campanhas dos ciclos hidrológicos no plano fatorial da AD, verifica-se que estes estiveram bem esparsos no plano fatorial, o que é um indicativo de grande variabilidade dos sedimentos nos diferentes pontos do RX e entre os diferentes períodos do ciclo hidrológico, muito em função da dinâmica do rio Xingu. Nota-se uma tendência de agrupamento dos marcadores referentes aos períodos do 5º ciclo e do 6º ciclo hidrológico no quadrante direito, possivelmente relacionado à formação do RX, já na fase de operação, bem como às elevadas precipitações que também condicionaram as características dos sedimentos nesses períodos.

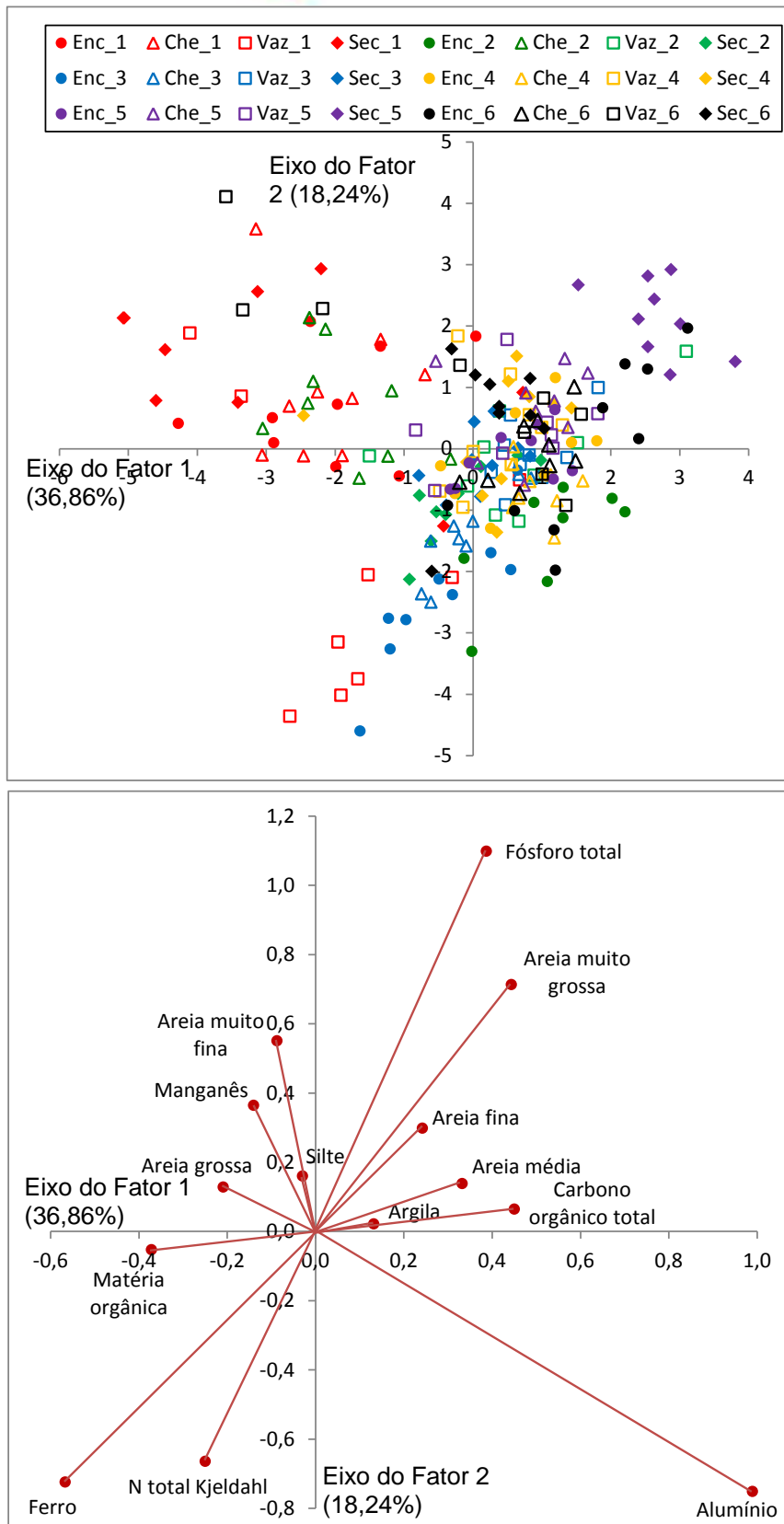


Figura 11.4.1 - 20 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados no Reservatório do Xingu nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

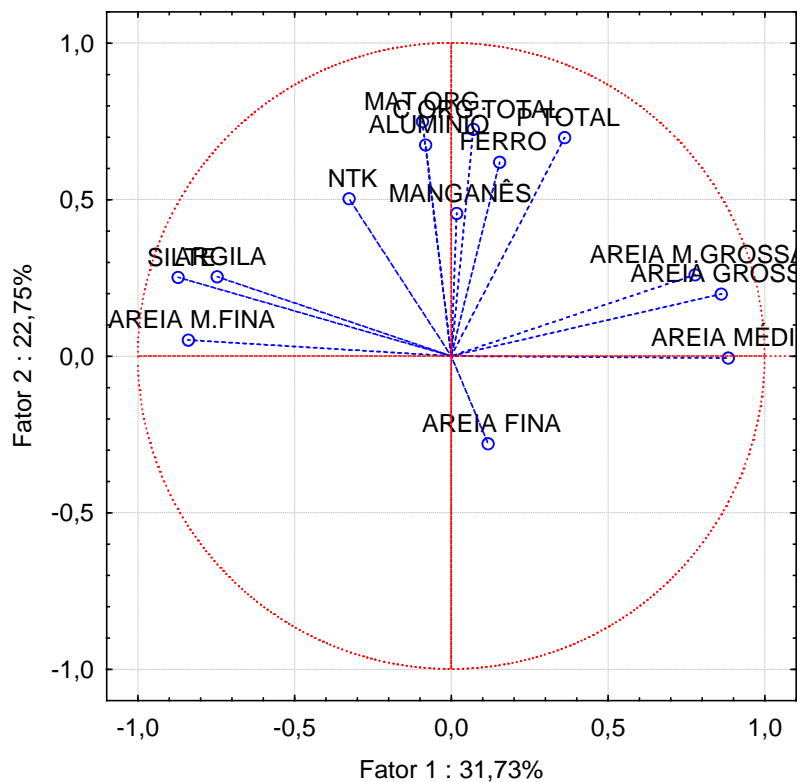
11.4.1.2.1.3.2.2 PONTOS NOS IGARAPÉS DE ALTAMIRA

Assim como verificadas com os pontos localizados no corpo principal e nos braços do Reservatório Xingu, os vetores das variáveis químicas do sedimento referentes aos pontos localizados nos igarapés de Altamira, tais como matéria orgânica, carbono orgânico total, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, alumínio, ferro e manganês formaram um agrupamento no quadrante superior junto ao eixo 2 (vertical) do plano fatorial resultante da ACP (**Figura 11.4.1 - 21**). O plano fatorial das observações de coleta também evidencia uma maior densidade de pontos no quadrante superior direito, o que sugere que os sedimentos nesses locais apresentaram, na maioria das campanhas, elevadas concentrações dessas variáveis químicas citadas.

A ACP identificou 12 (doze) variáveis de sedimento consideradas relevantes referentes aos pontos dos igarapés de Altamira (**Quadro 11.4.1 - 12**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 21**.

A AD destaca que os marcadores referentes às diferentes campanhas e ciclos hidrológicos apresentaram grande variação no plano fatorial da AD, o que evidencia uma grande alteração nas características dos sedimentos nos diferentes períodos, típicos de ambientes lóticos com grande dinâmica de mobilidade das partículas sedimentares, como é o caso dos igarapés de Altamira. Os marcadores referentes aos 5º e 6º ciclos hidrológicos, os quais correspondem às fases de enchimento e operação do RX, se mantiveram dispersos juntamente com os marcadores referentes ao 3º e 4º ciclos hidrológicos, não evidenciando, portanto, alterações causadas pela formação do RX na qualidade dos sedimentos dos igarapés de Altamira.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira - Área do Reservatório do Xingu (RX)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés de Altamira - Área do Reservatório do Xingu (RX)**

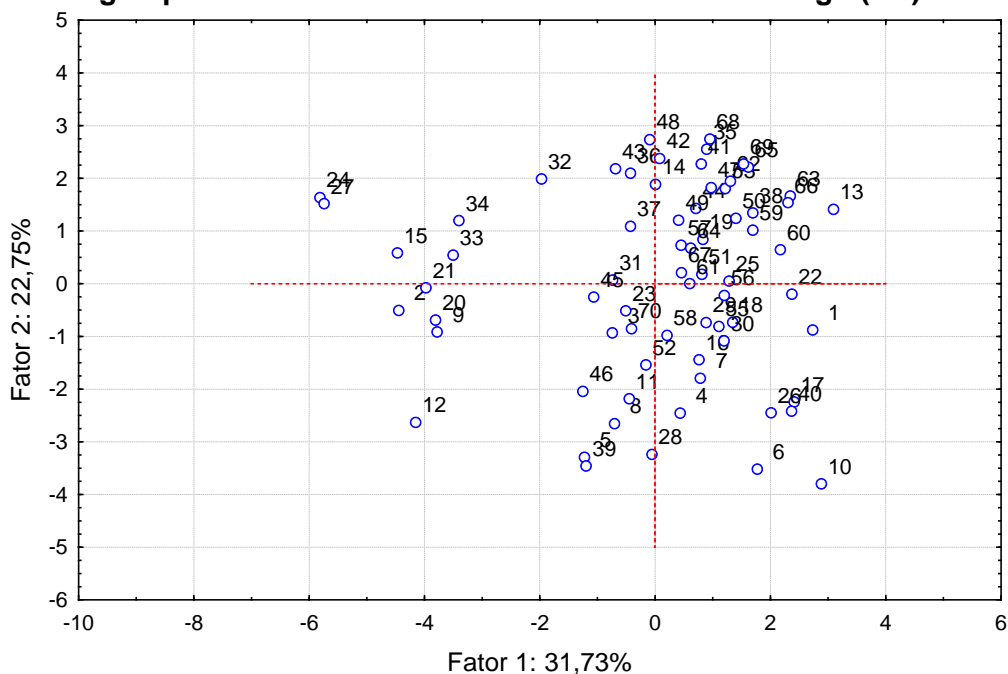


Figura 11.4.1 - 21 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés de Altamira nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 12 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos igarapés de Altamira obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Areia média	0,883135	-0,006657
2	Silte	-0,871645	0,250701
3	Areia grossa	0,861362	0,197570
4	Areia muito fina	-0,839923	0,051109
5	Areia muito grossa	0,776587	0,259829
6	Matéria orgânica	-0,092602	0,749248
7	Argila	-0,746919	0,252915
8	Carbono orgânico total	0,070412	0,724027
9	Fósforo total	0,360716	0,697172
10	Alumínio	-0,081751	0,674887
11	Ferro	0,153917	0,619323
12	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,325907	0,502912
13	Areia fina	0,117321	-0,279765
14	Manganês	0,017051	0,455647

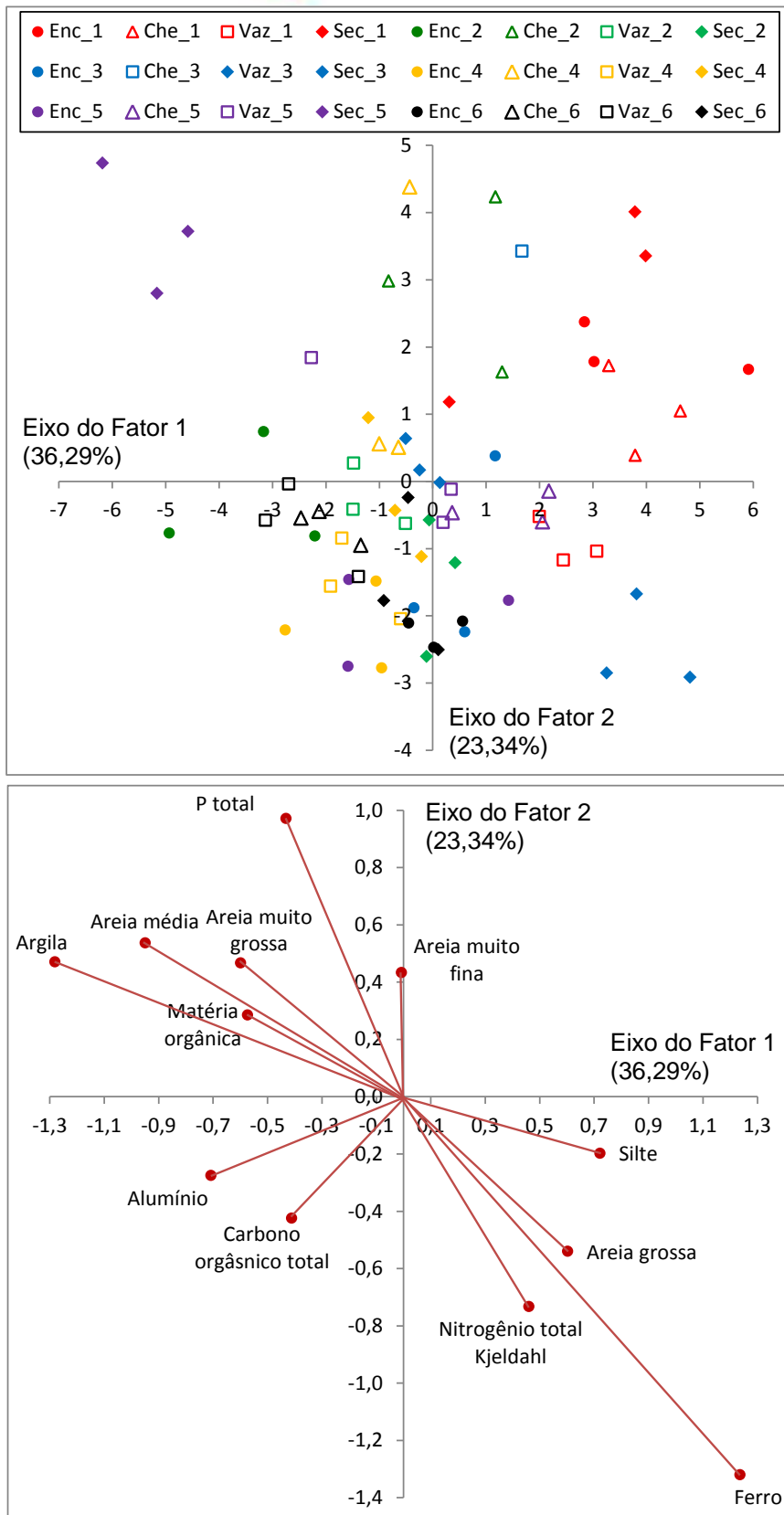


Figura 11.4.1 - 22 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados nos igarapés de Altamira nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

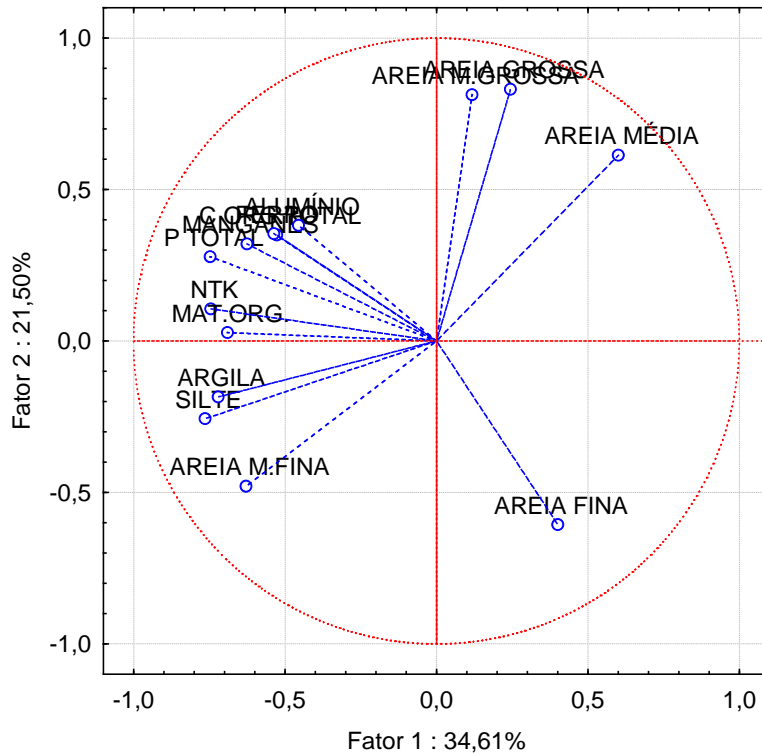
PONTOS NA ÁREA DO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

Na **Figura 11.4.1 - 23** são apresentados os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados dos pontos localizados na área do TVR. Os padrões dos agrupamentos dos vetores das variáveis de sedimento referentes aos pontos localizados no TVR foram semelhantes àqueles observados nos pontos localizados no RX, com agrupamentos das variáveis químicas próximas aos vetores das variáveis granulométricas menores no quadrante esquerdo, como argila, silte e areia muito fina. Por outro lado, a maior densidade de agrupamentos dos biplots referentes às observações de coleta foi verificada no quadrante direito, correlacionada com as variáveis areia média e areia fina, o que sugere que a maior parte das amostras de sedimento apresentou essas frações granulométricas.

A ACP identificou 13 (treze) variáveis de sedimento consideradas relevantes referentes aos pontos localizados na área do TVR (**Quadro 11.4.1 - 13**), as quais foram utilizadas na AD e cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 24**.

Destacam-se, no plano fatorial, os marcadores referentes às campanhas do 1º ciclo hidrológico (em vermelho), caracterizadas pela elevada precipitação, os quais se agruparam no quadrante direito, junto ao eixo do fator 1 (horizontal). Outro agrupamento em destaque refere-se aos marcadores do 5º e 6º ciclos hidrológicos (em roxo e preto, respectivamente), os quais se posicionaram no quadrante esquerdo. Tais agrupamentos estão associados, possivelmente, às elevadas vazões do rio Xingu em períodos de maior precipitação na bacia.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)**

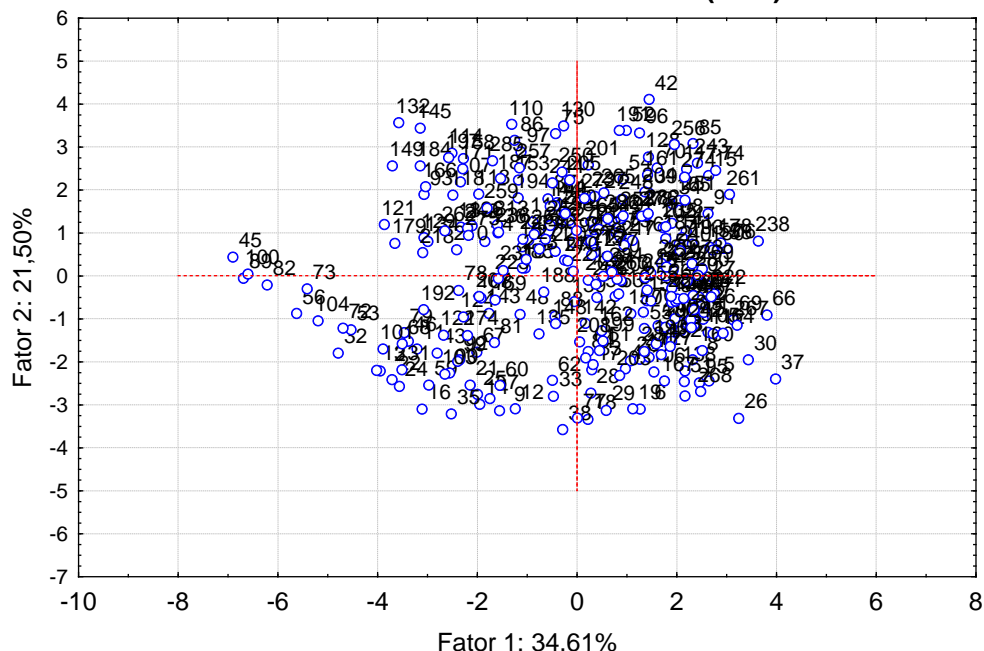


Figura 11.4.1 - 23 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 13 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Areia grossa	0,244590	0,830626
2	Areia muito grossa	0,117507	0,812814
3	Silte	-0,763907	-0,256659
4	Fósforo total	-0,747191	0,277753
5	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,744624	0,106077
6	Argila	-0,720832	-0,184804
7	Matéria orgânica	-0,690005	0,027996
8	Areia muito fina	-0,628435	-0,479851
9	Manganês	-0,625364	0,320961
10	Areia fina	0,400328	-0,605922
11	Areia média	0,600096	0,612924
12	Ferro	-0,537134	0,353851
13	Carbono orgânico total	-0,526685	0,350323
14	Alumínio	-0,455190	0,381423

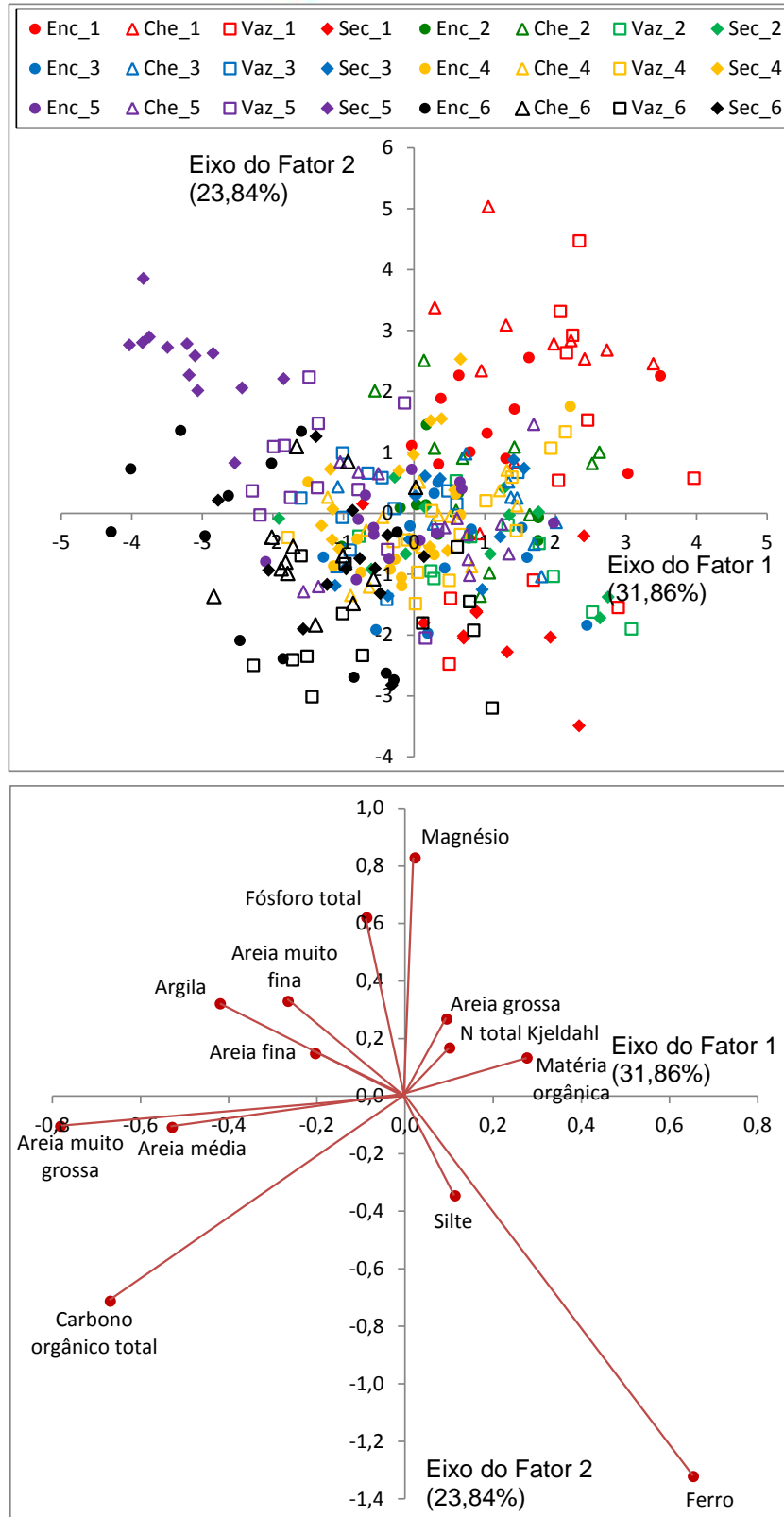


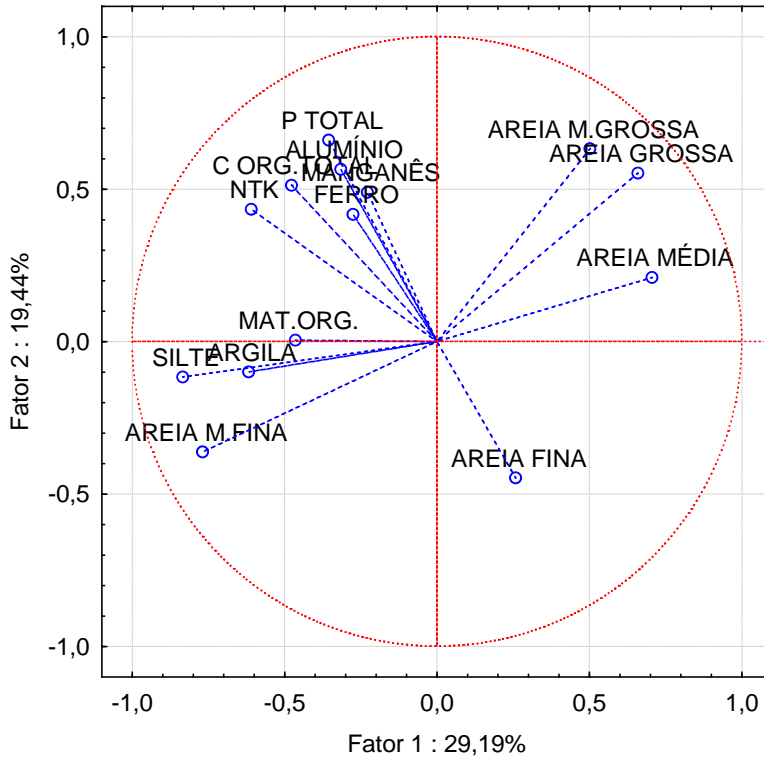
Figura 11.4.1 - 24 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.3 PONTOS NA ÁREA DO TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

A ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados na área do TRV mostra um padrão de distribuição dos vetores das variáveis de sedimento no plano fatorial semelhante àqueles observados nas áreas do RX e do TVR (**Figura 11.4.1 - 25**). Dentre as variáveis de sedimento utilizadas na ACP, 11 (onze) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 14**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 26**.

Novamente, os marcadores referentes aos períodos do 1º ciclo hidrológico (em vermelho) apresentaram-se destacados dos marcadores dos demais ciclos hidrológicos, os quais se agruparam no quadrante esquerdo superior e inferior, condicionados às variáveis nitrogênio total Kjeldahl, atribuídos à precipitação elevada atípica verificada naquele período. Já os marcadores referentes aos períodos do 5º ciclo hidrológico na área do TRV mantiveram-se agrupados no quadrante superior direito, agrupados principalmente com os marcadores do 2º (em verde) e 4º (em amarelo) ciclos hidrológicos, condicionados pelas variáveis alumínio e fósforo total, sendo que os marcadores do sexto ciclo hidrológico (em preto) se mantiveram agrupados em boa parte no quadrante direito inferior, juntamente com os marcadores de vazante e seca do 5º ciclo hidrológico (em roxo), condicionados pelas variáveis areia grossa e areia muito fina.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV)**

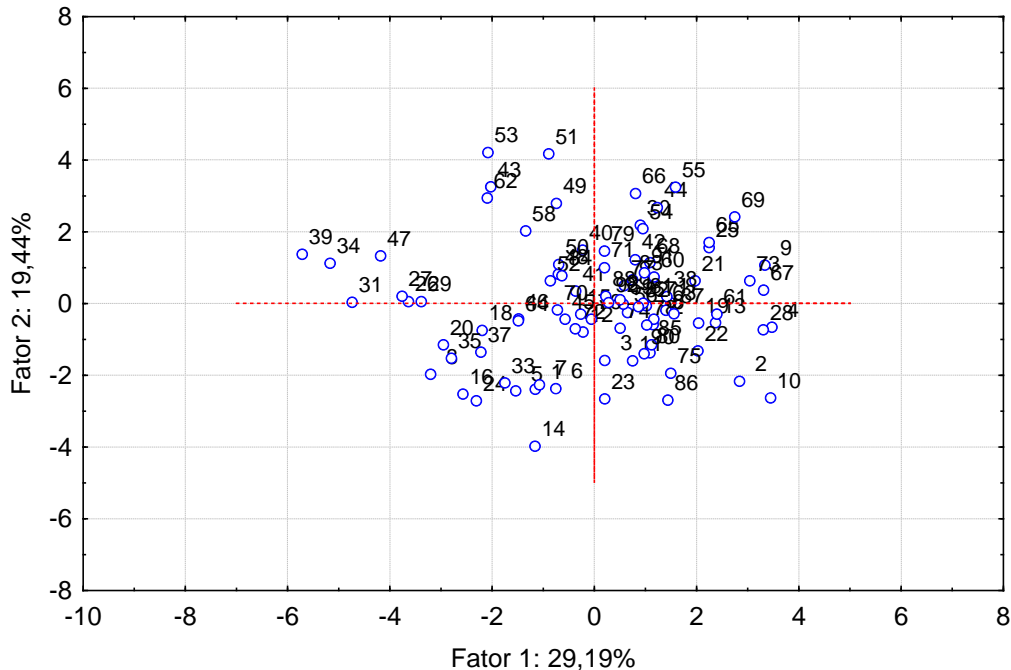


Figura 11.4.1 - 25 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 14 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Silte	-0,833761	-0,116442
2	Areia muito fina	-0,768547	-0,362173
3	Areia média	0,704744	0,209357
4	Fósforo total	-0,355290	0,660629
5	Areia grossa	0,659022	0,551595
6	Areia muito grossa	0,501982	0,632302
7	Argila	-0,617358	-0,099817
8	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,610171	0,433463
9	Alumínio	-0,315675	0,565043
10	Carbono orgânico total	-0,476917	0,512385
11	Matéria orgânica	-0,464855	0,003610
12	Ferro	-0,275799	0,416494
13	Areia fina	0,257759	-0,447652
14	Manganês	-0,228081	0,489506

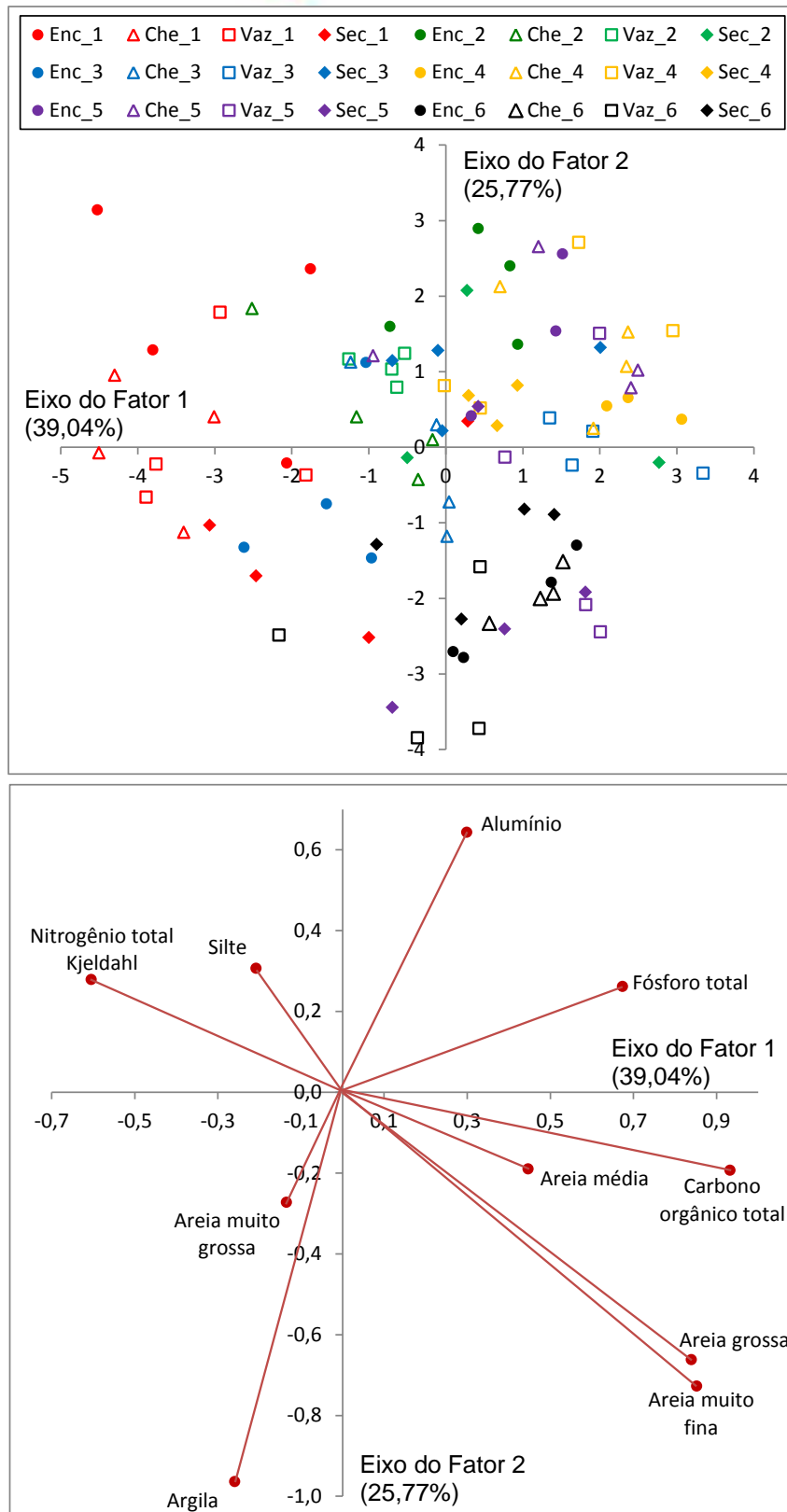


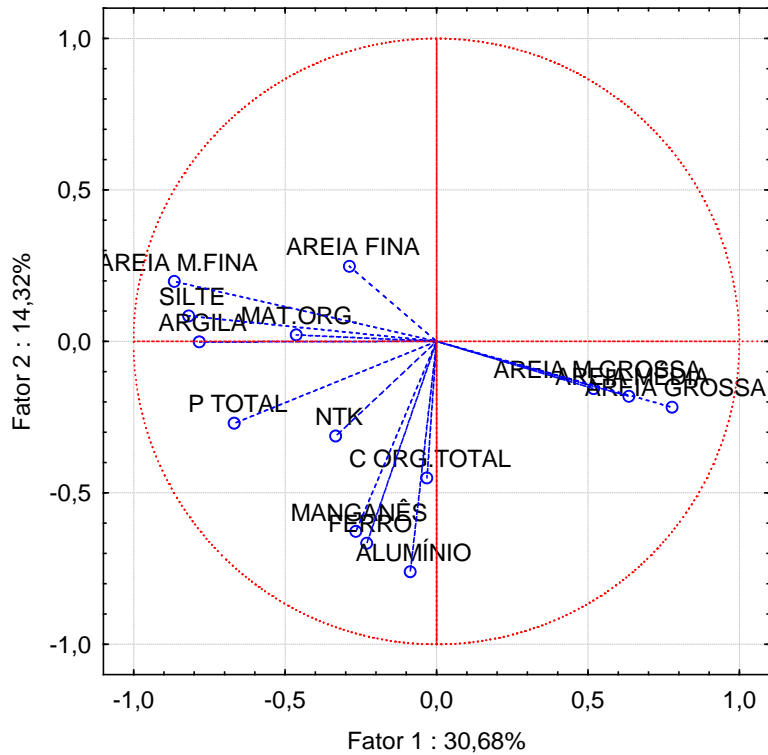
Figura 11.4.1 - 26 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.4 PONTOS NOS IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES

Os gráficos resultantes da ACP aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques (IID-RI) evidenciam três agrupamentos de vetores no plano fatorial: um no quadrante esquerdo superior próximo ao eixo do fator 1 formado pelas variáveis areia fina, areia muito fina, silte, argila, matéria orgânica e fósforo total, em contraposição com o agrupamento formado pelos vetores das variáveis areia média, areia grossa e areia muito grossa no quadrante direito inferior, e outro formado pelos vetores das variáveis alumínio, ferro, manganês e carbono orgânico total, junto ao eixo do fator 2 (**Figura 11.4.1 - 27**). Dentre o total de variáveis utilizadas na ACP, 10 (dez) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 15**) e utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 28**.

Novamente, os planos fatoriais da AD evidenciam agrupamentos distintos dos marcadores referentes aos dados de sedimento obtidos no 1º ciclo hidrológico (em vermelho), os quais mantiveram-se no quadrante esquerdo, sendo que a maior parte dos demais marcadores referentes aos outros ciclos hidrológicos se manteve dispersa no quadrante direito do plano fatorial, portanto, sem evidenciar diferenças na composição granulométrica e química muito significativas entre os diferentes períodos do 2º ao 6º ciclos hidrológicos.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do RI**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Igarapés Interceptados pelos Diques do RI**

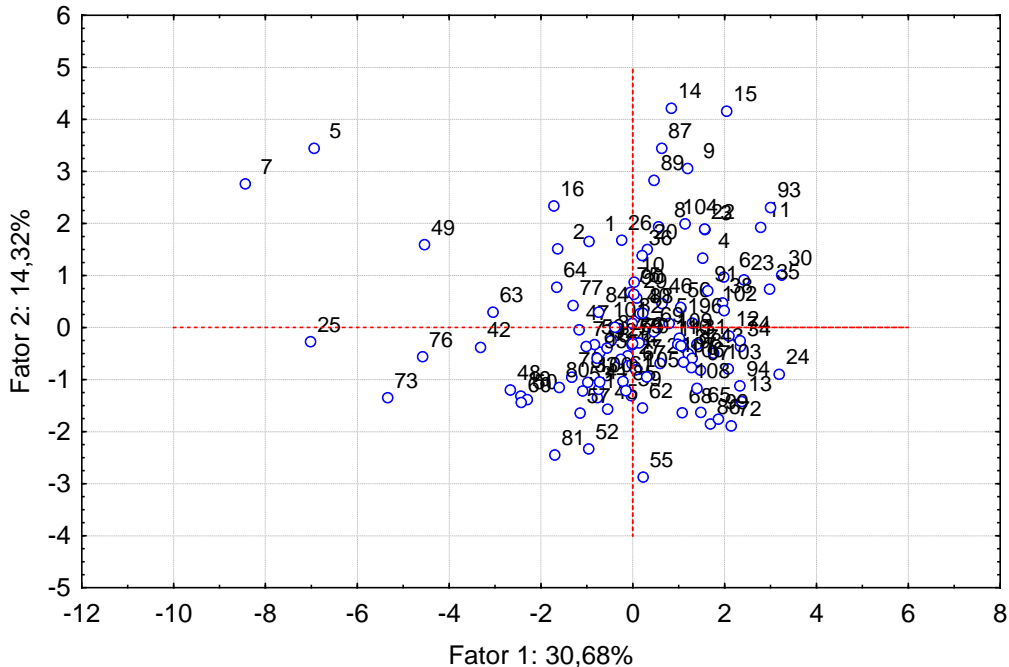


Figura 11.4.1 - 27 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 15 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques obtidos durante os seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Areia muito fina	-0,865219	0,198204
2	Silte	-0,817410	0,083995
3	Argila	-0,783633	-0,001979
4	Areia grossa	0,778018	-0,217732
5	Alumínio	-0,086815	-0,761203
6	Fósforo total	-0,667105	-0,270462
7	Ferro	-0,230197	-0,666177
8	Areia média	0,635660	-0,181379
9	Manganês	-0,266328	-0,627498
10	Areia muito grossa	0,519403	-0,155658
11	Matéria orgânica	-0,462405	0,021442
12	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,332820	-0,312194
13	Areia fina	-0,287166	0,248008
14	Carbono orgânico total	-0,031874	-0,451407

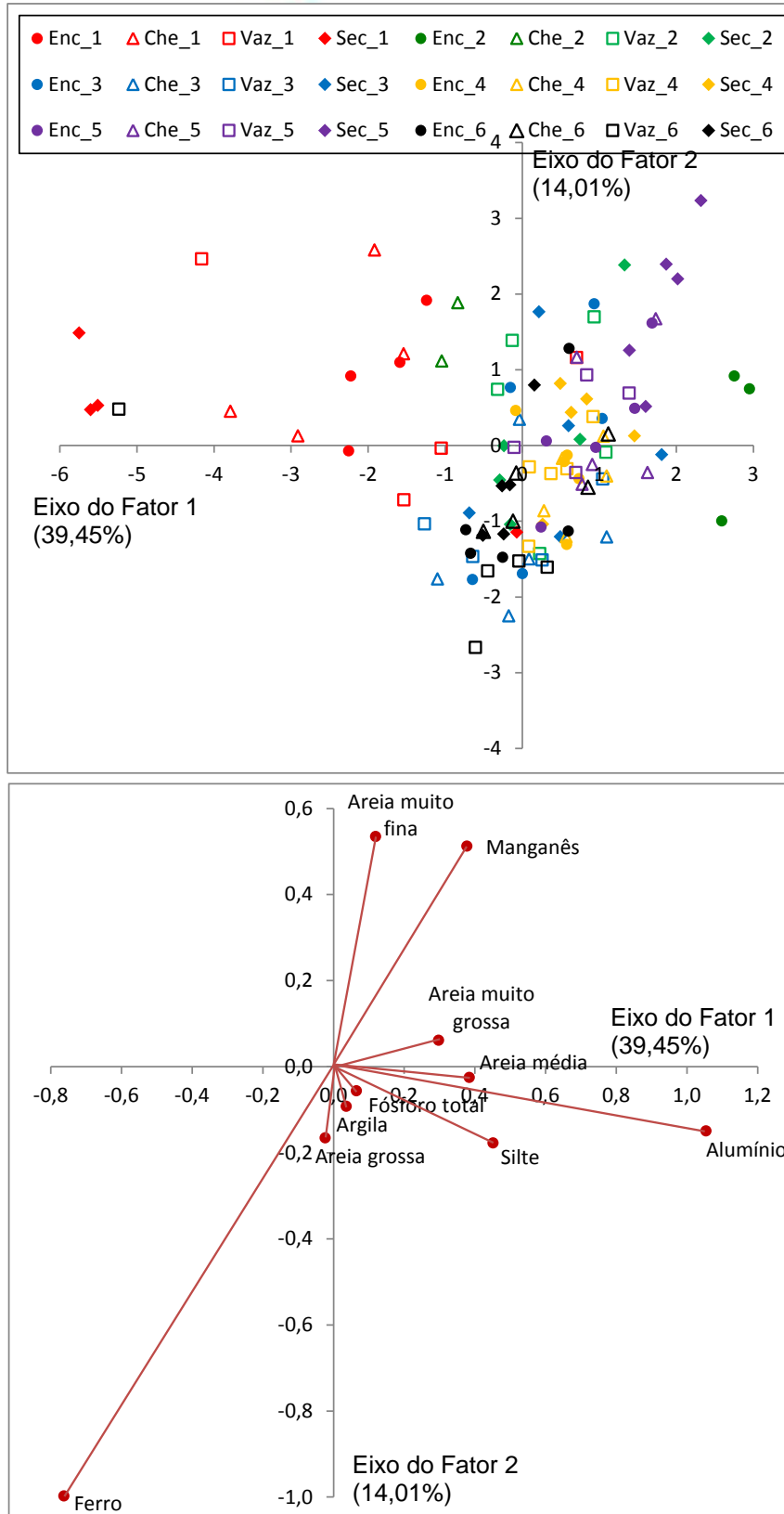


Figura 11.4.1 - 28 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação.

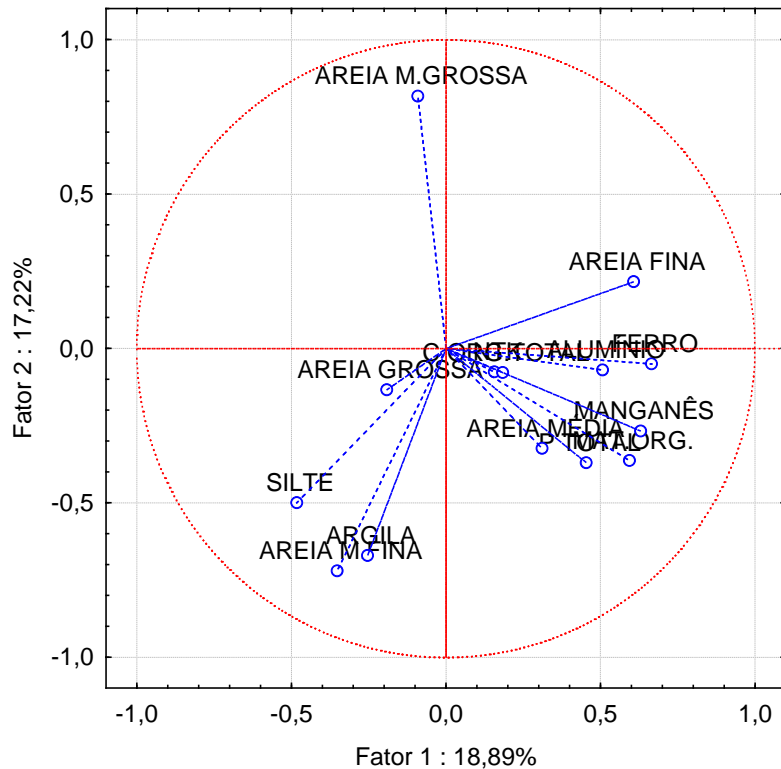
11.4.1.2.1.3.5 PONTOS NO RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Os gráficos resultantes da ACP evidenciam, basicamente, dois agrupamentos de vetores no plano fatorial: um no quadrante inferior esquerdo, próximo ao eixo do fator 2 (vertical) formado pelas variáveis areia muito fina, silte e argila, em contraposição com o vetor da variável areia muito grossa, no quadrante esquerdo superior, e outro agrupamento formado pelos vetores das variáveis alumínio, ferro, manganês, fósforo total, areia média e areia fina, junto ao fator 1 (**Figura 11.4.1 - 29**).

Dentre as variáveis que compuseram a ACP, 8 (oito) foram consideradas relevantes (**Quadro 11.4.1 - 16**), as quais foram utilizadas na AD, cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 30**.

Verificaram-se agrupamentos distintos dos marcadores dos períodos do 5º ciclo hidrológico, sendo que os de cheia (triângulos abertos em roxo) se mantiveram no quadrante esquerdo, junto ao eixo do fator 1 (horizontal), ao passo que os marcadores de vazante (quadrados abertos em roxo), se mantiveram no quadrante inferior, junto ao eixo do fator 2 (vertical), e os de seca (losangos fechados em roxo) se mantiveram na porção extrema direita superior e inferior do plano fatorial da AD. Tal variabilidade dos agrupamentos referentes aos diferentes períodos do 5º ciclo hidrológico está possivelmente relacionada à progressão das condições do leito do reservatório Intermediário recém formado. Já os marcadores do 6º ciclo hidrológico se mantiveram mais agrupados principalmente nos quadrantes superiores direito e esquerdo, evidenciando uma maior homogeneidade dos sedimentos do RI entre os diferentes períodos.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório Intermediário (RI)**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Reservatório Intermediário (RI)**

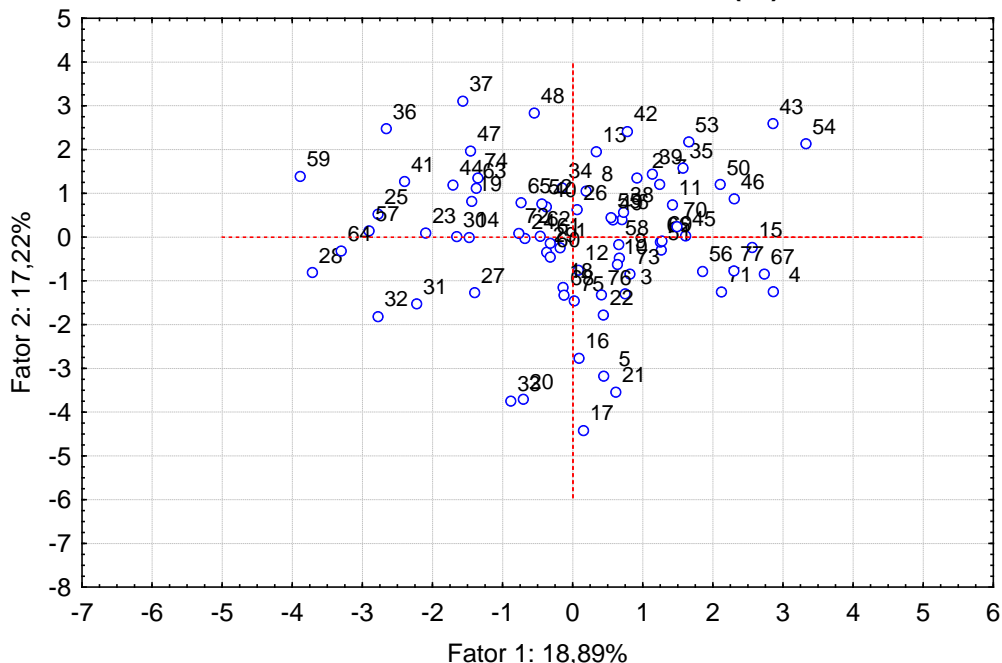


Figura 11.4.1 - 29 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário nos ciclos hidrológicos da fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 16 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados no Reservatório Intermediário obtidos durante os ciclos hidrológicos da fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Areia muito grossa	-0,090851	0,817813
2	Areia muito fina	-0,351334	-0,719129
3	Argila	-0,253067	-0,669975
4	Ferro	0,665475	-0,049839
5	Manganês	0,629596	-0,267084
6	Areia fina	0,607677	0,216860
7	Matéria orgânica	0,594397	-0,362267
8	Alumínio	0,506983	-0,069213
9	Silte	-0,482585	-0,499001
10	Fósforo total	0,453635	-0,369153
11	Areia média	0,311544	-0,323500
12	Areia grossa	-0,190951	-0,133904
13	Carbono orgânico total	0,183179	-0,077897
14	Nitrogênio total Kjeldahl	0,156652	-0,075368

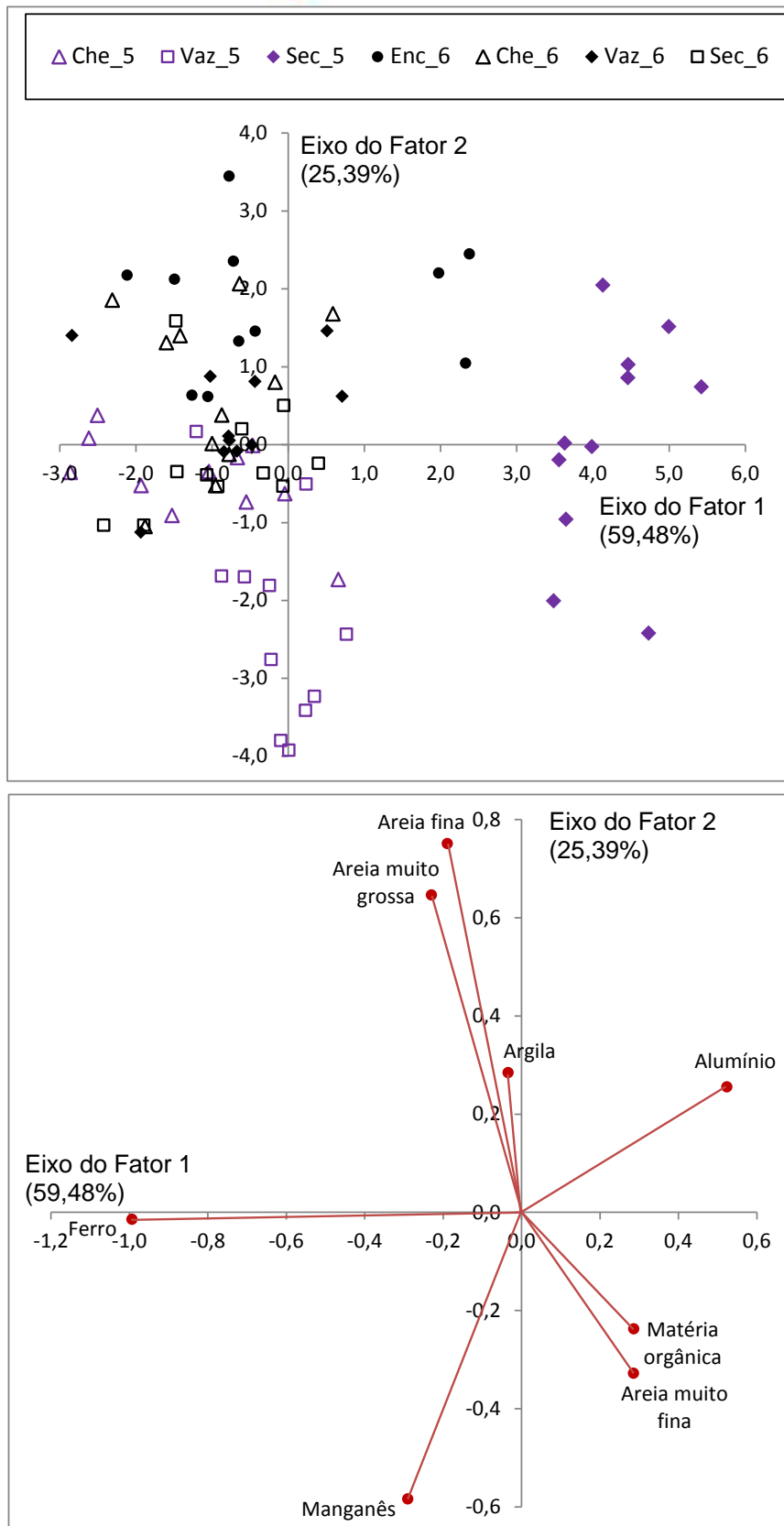


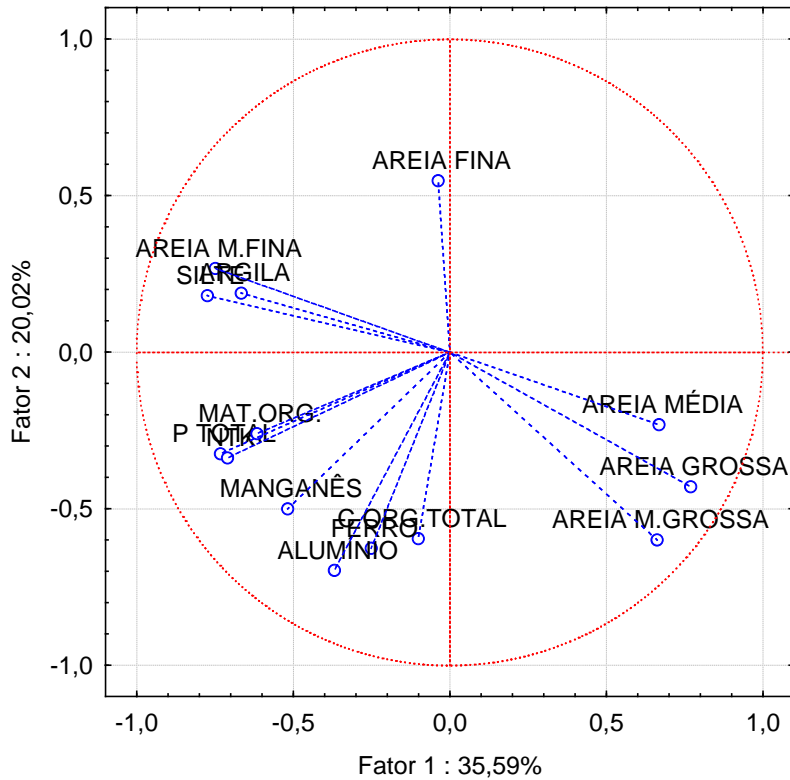
Figura 11.4.1 - 30 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados no Reservatório Intermediário nos ciclos hidrológicos da fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

11.4.1.2.1.3.6 PONTOS NA ÁREA DO RIO BACAJÁ

De forma semelhante aos padrões observados nos IID-RI, os dados de qualidade do sedimento obtidos pela ACP nos pontos localizados na área do rio Bacajá evidenciam agrupamentos referentes aos vetores das variáveis de menor granulometria no quadrante esquerdo superior, junto ao eixo do fator 1 (horizontal), em contraposição com as variáveis de maior granulometria no quadrante direito inferior, sendo que os vetores das variáveis químicas se mantiveram agrupados no quadrante esquerdo inferior, junto ao eixo do fator 2 (**Figura 11.4.1 - 31**). Dentre as variáveis empregadas na ACP, 14 (quatorze) foram consideradas relevantes no rio Bacajá (**Quadro 11.4.1 - 17**), cujos gráficos resultantes estão apresentados na **Figura 11.4.1 - 32**.

Os marcadores referentes aos dados de qualidade de sedimento do rio Bacajá das diferentes campanhas e ciclos hidrológicos apresentaram grande variação no plano fatorial da AD, o que evidencia uma grande alteração nas características dos sedimentos nos diferentes períodos, típicos de ambientes lóticos com elevada correnteza e com grande dinâmica de mobilidade das partículas sedimentares, como é o caso do rio Bacajá. Assim, dada a continuidade das características dos sedimentos do rio Bacajá mesmo após a formação do Reservatório Xingu, o barramento do rio Xingu e a formação do TVR não evidenciam interferência nesse sistema.

**Projeção das variáveis do sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Rio Bacajá**



**Projeção dos pontos de coleta de sedim. no plano fatorial (1 x 2)
Área do Rio Bacajá**

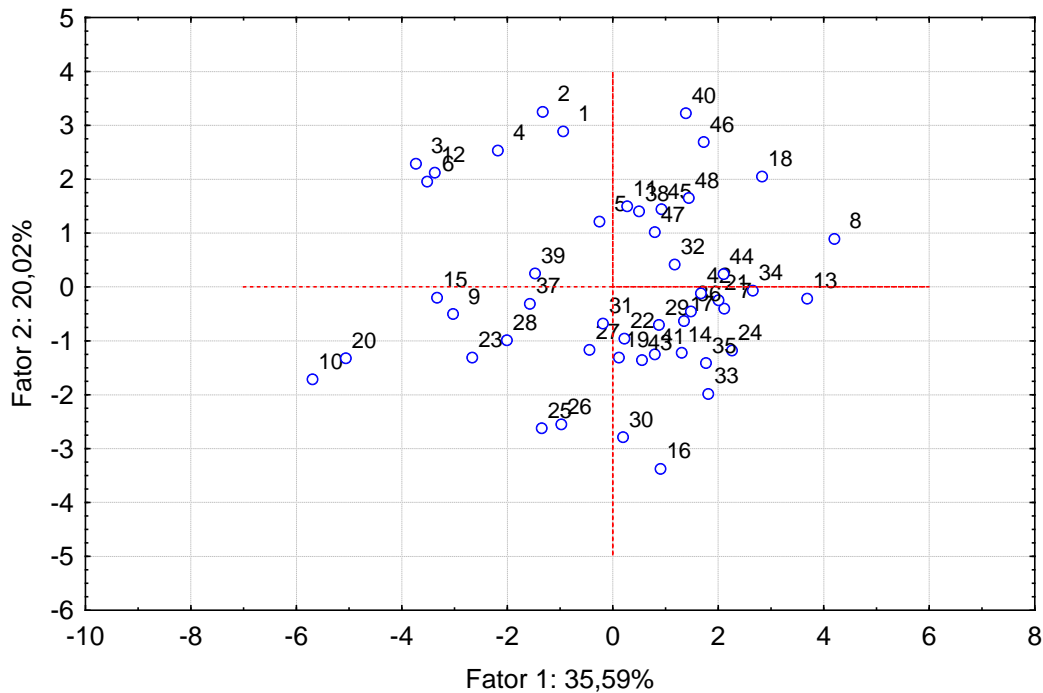


Figura 11.4.1 - 31 – Projeções dos planos fatoriais das variáveis e das observações de coleta de sedimento obtidos na análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados obtidos nos pontos localizados no rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017).

Quadro 11.4.1 - 17 – Fatores de carregamento das variáveis de sedimento gerados pela Análise de Componentes Principais (ACP) dos resultados de coleta nos pontos localizados na área do rio Bacajá obtidos nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Em vermelho: variáveis relevantes na análise (> 0,5)

ORDENAÇÃO	VARIÁVEIS	FATOR 1	FATOR 2
1	Silte	-0,774596	0,181700
2	Areia grossa	0,768424	-0,428834
3	Areia muito fina	-0,749573	0,268391
4	Fósforo total	-0,732255	-0,324078
5	Nitrogênio total Kjeldahl	-0,710824	-0,337037
6	Alumínio	-0,368824	-0,696121
7	Areia média	0,668331	-0,231232
8	Argila	-0,666497	0,189707
9	Areia muito grossa	0,661861	-0,598972
10	Ferro	-0,251664	-0,625788
11	Matéria orgânica	-0,616468	-0,259373
12	Carbono orgânico total	-0,100584	-0,594378
13	Areia fina	-0,037841	0,548180
14	Manganês	-0,517959	-0,499677

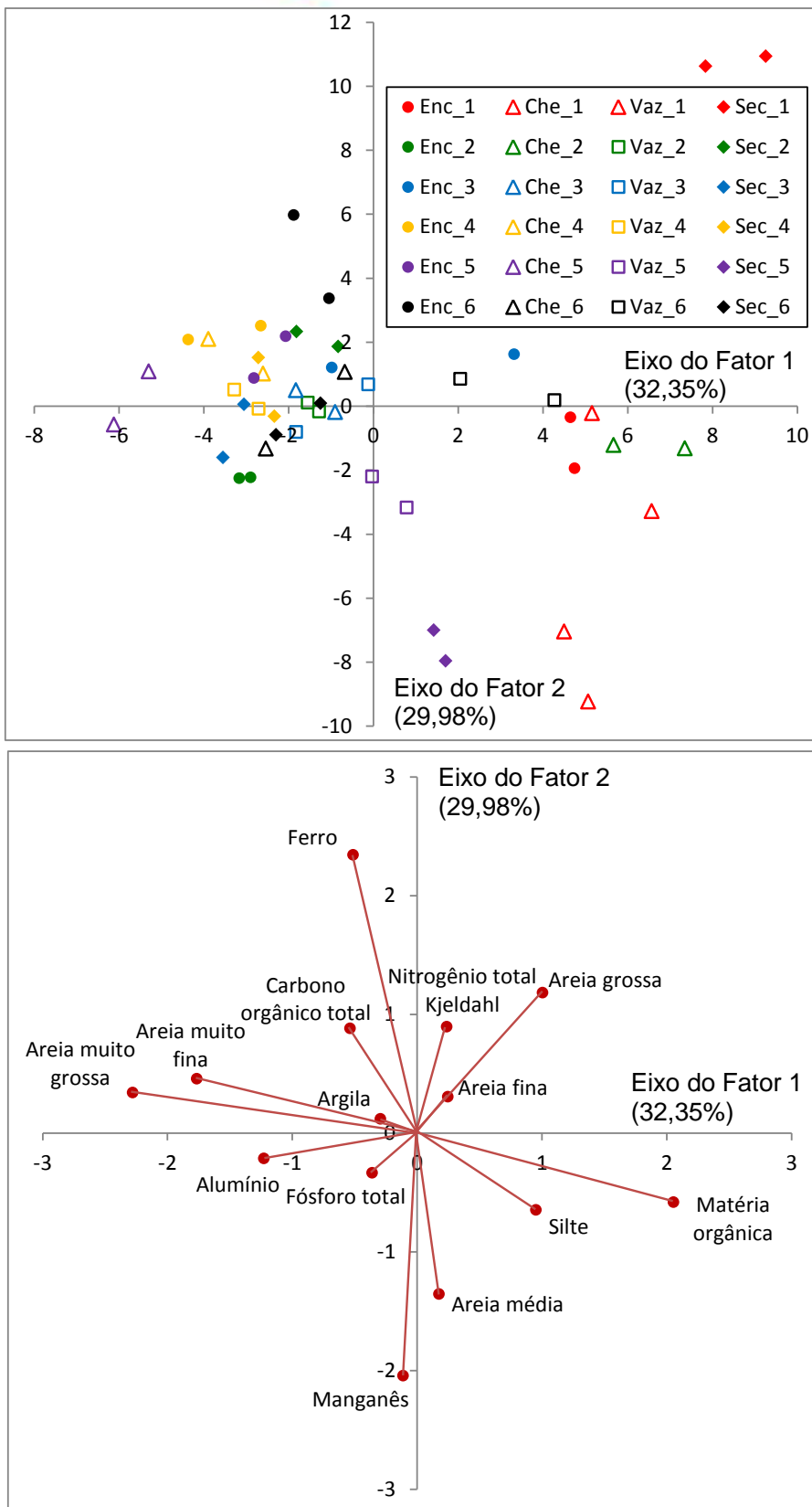


Figura 11.4.1 - 32 – Representação gráfica da Análise de Discriminante e vetores obtidos por meio das variáveis de sedimento nos pontos de coleta localizados na área do rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de pós-enchimento.

11.4.1.2.1.3.7 OUTRAS VARIÁVEIS

Como citado anteriormente, as variáveis selecionadas inicialmente para compor as análises estatísticas multivariadas apresentaram valores detectáveis pela metodologia de monitoramento e não apresentaram informação redundante à outra variável mais importante em termos ecológicos ou ambientais, e que tiveram alguma variabilidade entre os fatores analisados, ou seja, variaram em função das áreas ou das campanhas avaliadas. As variáveis que não foram selecionadas e, portanto, não citadas nas análises acima, são brevemente abordadas nos parágrafos a seguir.

Os teores dos metais cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) não foram empregados nas análises pelo fato de terem apresentado elevado contingente de valores não detectáveis pelos métodos empregados, não sendo adequados para uma análise integradora. Porém, a inclusão desses metais no monitoramento foi necessária visto que, mesmo em baixas concentrações, possuem elevada toxicidade tanto para a biota aquática, quanto para os humanos. Frente à quantidade de campanhas realizadas e à baixa frequência de ocorrência de concentrações de metais pesados acima do limite de detecção, pode-se afirmar que não se constituem como um problema ambiental relevante para a área analisada, mesmo durante o período de intensas atividades das obras do empreendimento, com supressão vegetal e alteração de cursos de igarapés para construção dos Diques no RI, e mesmo após a formação dos reservatórios.

Este componente (sedimento) foi analisado de forma mais específica no **Anexo 11.4.1 - 7**, em que são abordadas as variações das variáveis de qualidade do sedimento em cada um dos pontos em todas as campanhas trimestrais realizadas nos cinco ciclos hidrológicos do monitoramento.

Em relação à concentração de pesticidas no sedimento, de acordo com todos os resultados obtidos até a vigésima terceira campanha trimestral (outubro de 2017), considerando que as medições não são realizadas no período de cheia, não foi registrada ocorrência de valores acima do valor de detecção pela metodologia empregada, o que demonstra que os sedimentos nas áreas monitoradas no Projeto não apresentam níveis de contaminação por pesticidas.

11.4.1.2.1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DO SEDIMENTO

A qualidade do sedimento no rio Xingu, considerando o cenário antes do enchimento, bem como aquele após a formação do reservatório, apresentou baixa variabilidade entre as campanhas analisadas. Maior variabilidade foi observada nos sedimentos dos tributários, tais como os igarapés de Altamira, igarapés interceptados pelos diques e rio Bacajá. Aparentemente, tal fato não foi um indicativo de deterioração ambiental em termos de acúmulo de metais e nutrientes no sedimento e sim resultante das características hidrológicas do sistema, o que fornece um indicativo de que as atividades antrópicas na bacia hidrográfica, quer seja pelo empreendimento de Belo Monte, ou por outras atividades, não alteraram de forma significativa a qualidade do sedimento na

região, ao longo do monitoramento. A maior variabilidade dos sedimentos amostrados no RI está relacionada à diversidade entre as diferentes poções do sistema, uma vez que o reservatório, formado muito recentemente, apresenta reduzido acúmulo de material no leito e cujos resultados observados, até o momento, refletem, na realidade, as características do solo original ali existente.

11.4.1.2.1.5 BIOTA AQUÁTICA

Os resultados de riqueza, abundância, diversidade e composição das comunidades biológicas (fitoplâncton, zooplâncton e macrofauna bentônica) do monitoramento limnológico trimestral na área de influência da UHE Belo Monte das campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2017) são apresentados a seguir.

Visando evidenciar as possíveis alterações ocorridas na biota aquática ao longo do monitoramento, em especial após a formação do RX e do RI no 5º ciclo hidrológico, os gráficos dos descritores das comunidades referentes aos seis ciclos hidrológicos completos foram agrupados em uma mesma figura para cada área de influência.

No **Anexo 11.4.1 - 8** são apresentados os resultados consolidados das comunidades bióticas aquáticas obtidos nas campanhas trimestrais realizadas até o presente momento.

11.4.1.2.1.5.1 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

O detalhamento dos diferentes táxons da comunidade fitoplanctônica referente aos seis ciclos hidrológicos entre dezembro de 2011 a outubro de 2017 é apresentado no **Anexo 11.4.1 – 8/2017**, referente aos resultados da biota aquática.

11.4.1.2.1.5.1.1 RIQUEZA TOTAL

11.4.1.2.1.5.1.1.1 PONTOS DE COLETA NA ÁREA A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Na **Figura 11.4.1 - 33** estão apresentados os gráficos de riqueza total de gêneros do fitoplâncton no ponto RX 19, localizado na área a montante do Reservatório Xingu, observados nos seis ciclos hidrológicos completos entre dezembro de 2011 a outubro de 2017. Nota-se um visível aumento de riqueza total do ciclo 1 para o ciclo 4, correspondentes à fase de pré-enchimento dos reservatórios, em especial nas campanhas de enchente e cheia. Já no 5º ciclo hidrológico verificou-se uma diminuição da riqueza no período de enchente (janeiro de 2016) e de cheia (abril de 2016), possivelmente relacionada à forte precipitação que ocorreu no ciclo como um todo (**Figura 11.4.1 - 1**), promovendo águas turbulentas e turvas naquela porção do rio Xingu e que podem ter desfavorecido o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

Porém, nas campanhas do 6º ciclo hidrológico, a riqueza de espécies voltou a aumentar naquele ponto, com valores equivalentes aos observados no 4º ciclo hidrológico. Uma vez que o ponto RX 19 está localizado em uma área sem influência do remanso do RX, tais alterações não estão relacionadas à formação do reservatório, mas sim às características naturais do rio Xingu.

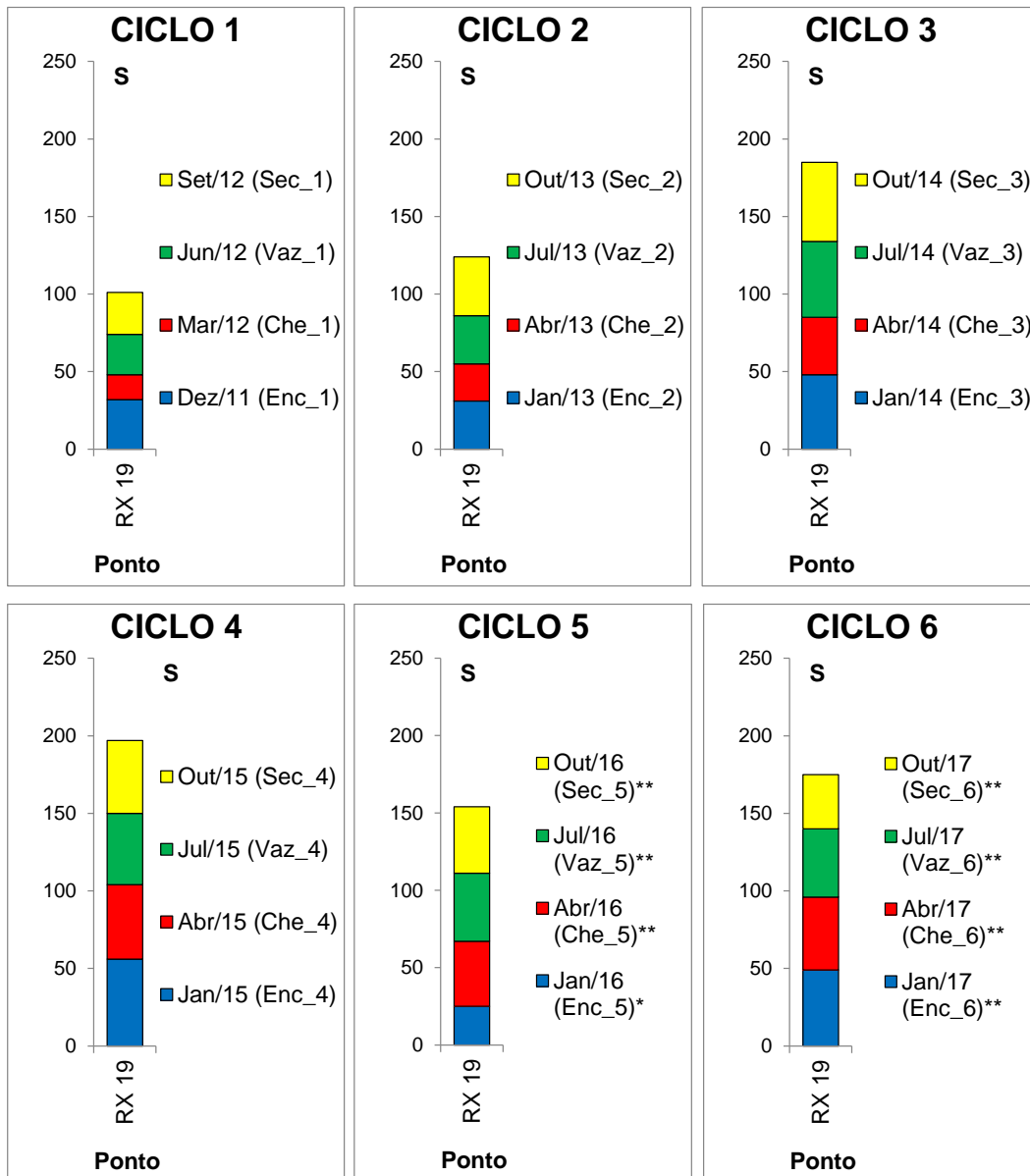


Figura 11.4.1 - 33 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX). Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.1.2 RESERVATÓRIO DO XINGU

Em relação aos gráficos de riqueza total referentes à área do RX, é possível verificar valores inferiores nos pontos localizados nos igarapés de Altamira (**Figura 11.4.1 - 34**), tais como PAN 02, localizado no igarapé Pannels, e ALT 02, localizado no igarapé Altamira. É possível que esse fato seja resultante das condições menos favoráveis nesses igarapés em relação ao rio Xingu, atualmente Reservatório Xingu, como, por exemplo, águas mais turvas que dificultam a penetração de luz. Já os valores de riqueza total no Reservatório Xingu (1º ao 4º ciclo hidrológico ambiente de rio) foram muito semelhantes, tanto em termos espaciais, ou seja, entre os pontos de coleta do mesmo ciclo hidrológico, como em termos temporais, ou seja, entre os diferentes ciclos hidrológicos. Mesmo no 5º ciclo hidrológico, referente às fases de enchimento e operação do RX, não houve alteração visível na riqueza total. Já no 6º ciclo hidrológico, houve uma pequena diminuição da riqueza de gêneros tanto no período de enchente como de cheia, relacionado, conforme já mencionado anteriormente, às elevadas precipitação e vazão do rio Xingu ocorridas nesses períodos (**Figura 11.4.1 - 1**), o que resultou em elevada turbidez da água e em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton. Já os períodos de vazante e seca do 6º ciclo hidrológico os valores voltaram a apresentar ordens de grandeza semelhantes àsquelas observadas na fase de pré-enchimento do reservatório, não evidenciando, portanto, a redução importante da riqueza de gêneros após a formação do RX.

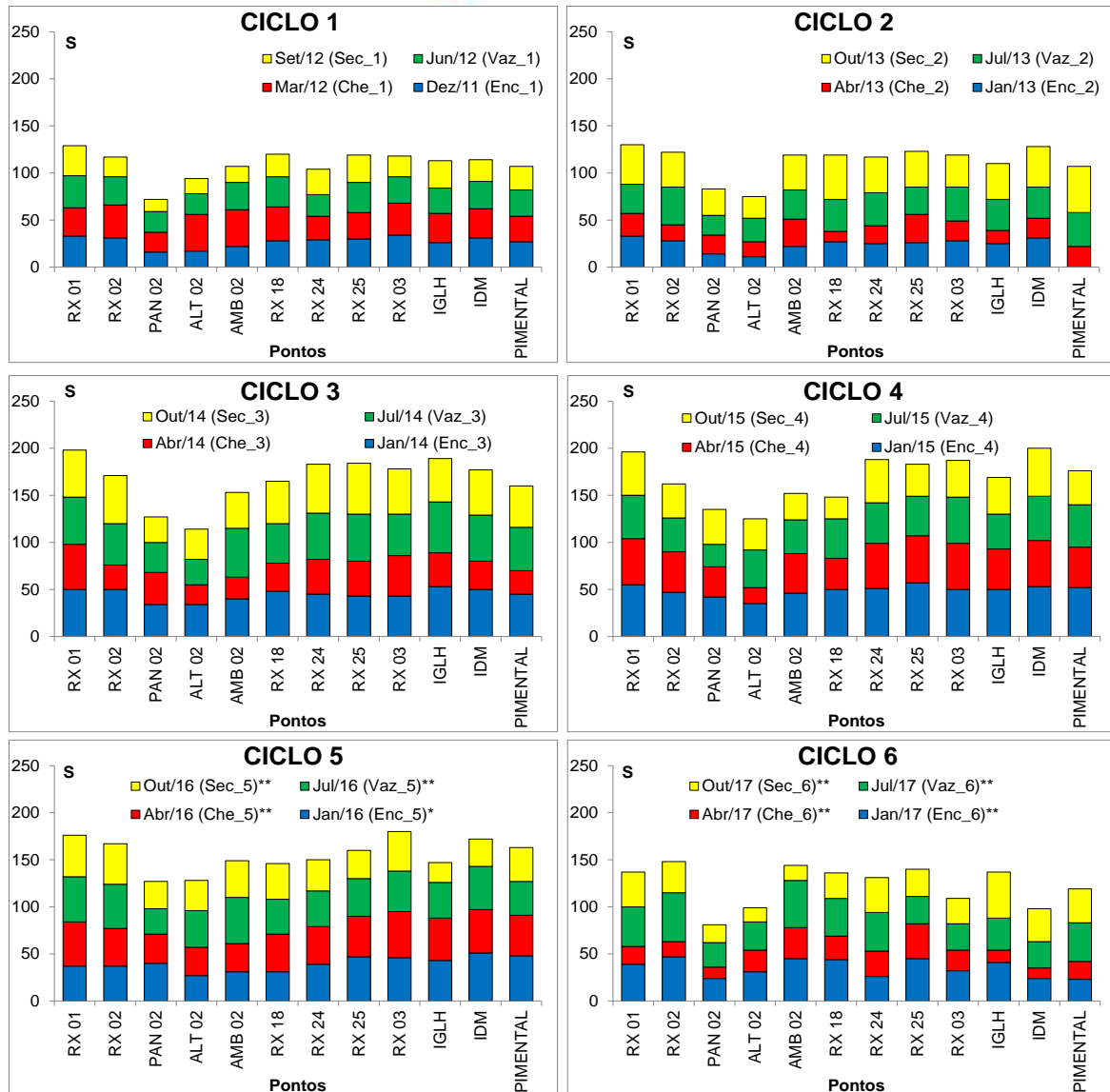


Figura 11.4.1 - 34 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX). Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.1.3 TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

Em relação aos pontos localizados na área do TVR, nota-se também, da mesma forma como na área do RX, pouca variação da riqueza total de gêneros fitoplanctônicos, tanto em termos espaciais, como temporais (**Figura 11.4.1 - 35**). Também se verificou uma diminuição da riqueza de gêneros nos períodos de enchente e cheia do 6º ciclo hidrológico, atribuída às elevadas precipitação e vazão do rio Xingu ocorridas nesses períodos, que resultaram em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton, sendo que nos períodos de vazante e seca os valores voltaram a apresentar a mesma ordem de grandeza referente à fase de pré-enchimento.

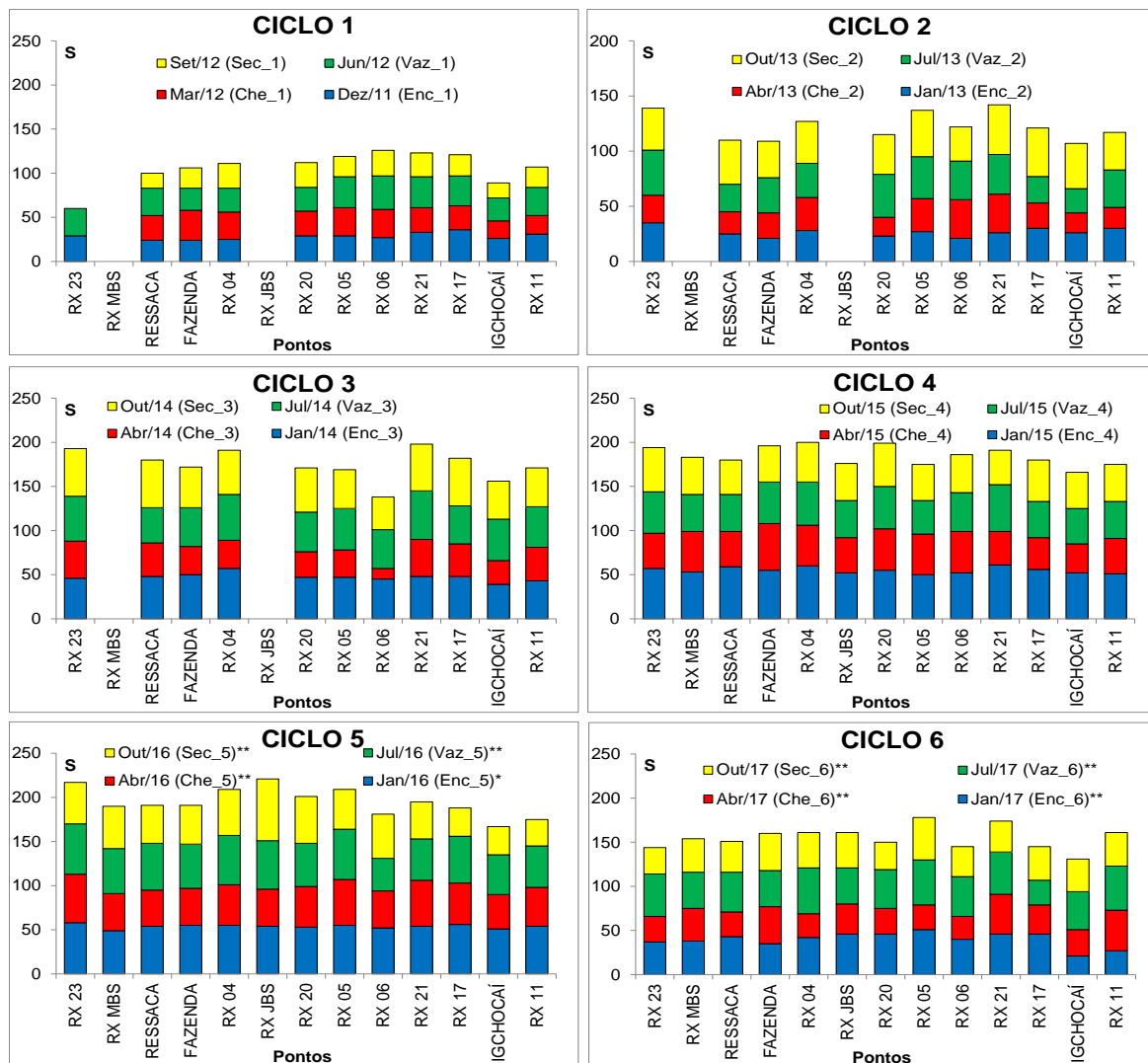


Figura 11.4.1 - 35 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.1.4 TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Os padrões de variação de riqueza total de gêneros do fitoplâncton observados no TRV foram semelhantes àqueles observados no TVR, como, por exemplo, menores valores observados durante os períodos de enchente e cheia do 6º ciclo hidrológico, atribuídos às condições climatológicas desfavoráveis (**Figura 11.4.1 - 36**). Verificou-se, também, menores valores de riqueza no ponto IGSA/SEBM, localizado no igarapé Santo Antônio, possivelmente relacionadas às condições menos favoráveis e naturais do igarapé em relação aos pontos localizados no Rio Xingu (RX 07 e RX 15), e no igarapé Tucuruí (TUC 01), como água turbulenta e turva em boa parte do ano, ou seja, sem influência do empreendimento.

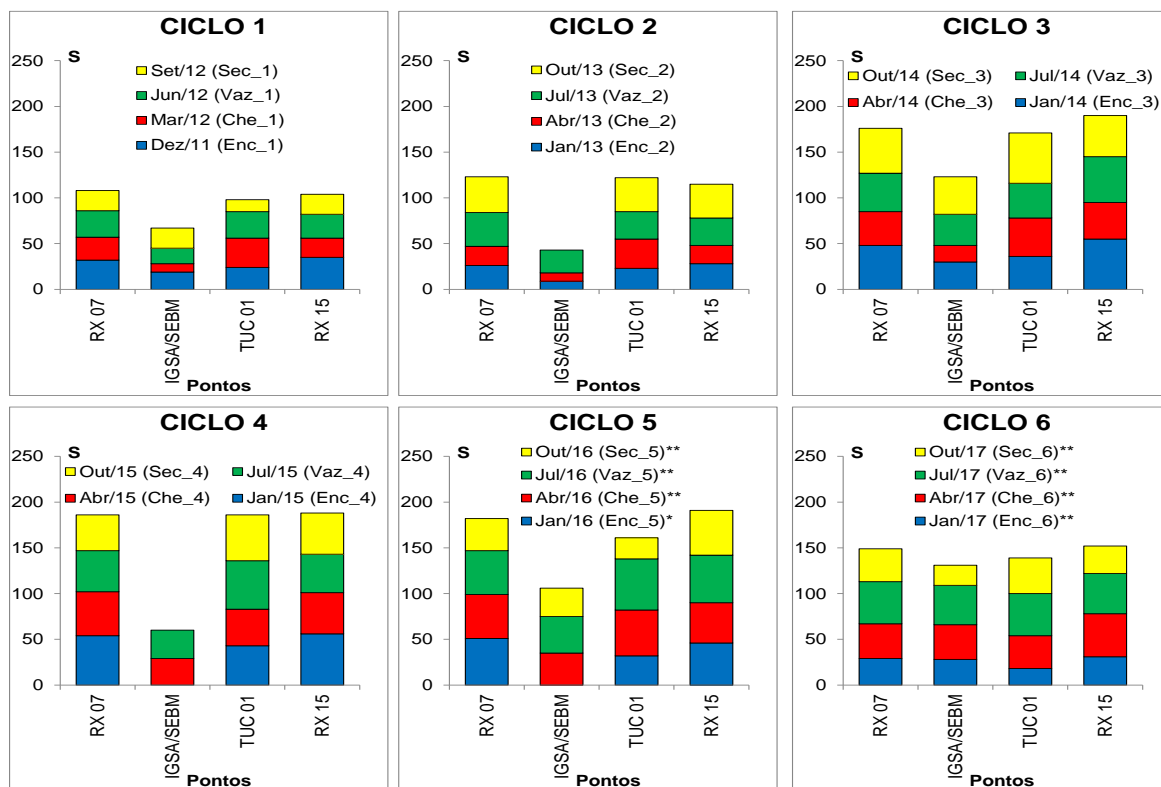


Figura 11.4.1 - 36 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV). Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.1.5 RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Nos pontos localizados no RI, os valores de riqueza total de gêneros fitoplanctônicos foram muito semelhantes entre os diferentes pontos para as três campanhas de campo realizadas (Figura 11.4.1 - 37), o que demonstra uma homogeneidade de condições no sistema.

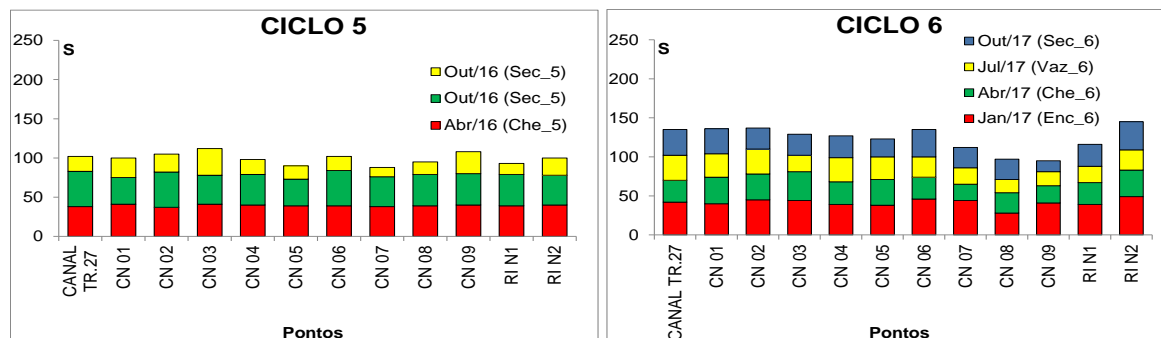


Figura 11.4.1 - 37 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI). Campanhas referentes ao 5º e 6º ciclos hidrológicos na fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

11.4.1.2.1.5.1.1.6 IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI

Nos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques do RI, nota-se, em geral, uma semelhança nos valores de riqueza total entre os diferentes pontos de coleta (**Figura 11.4.1 - 38**). As variações foram mais evidentes entre os diferentes ciclos hidrológicos, ficando em destaque os maiores valores observados durante o 5º e 6º ciclos hidrológicos, correspondentes, respectivamente, às fases de enchimento e operação. É possível que as condições mais estáveis dos igarapés após a formação do RI, promovidas com a redução das amplitudes de cheia, e o uso da água superficial límpida do RI vertida aos igarapés tenham sido favoráveis à maior riqueza de fitoplâncton.

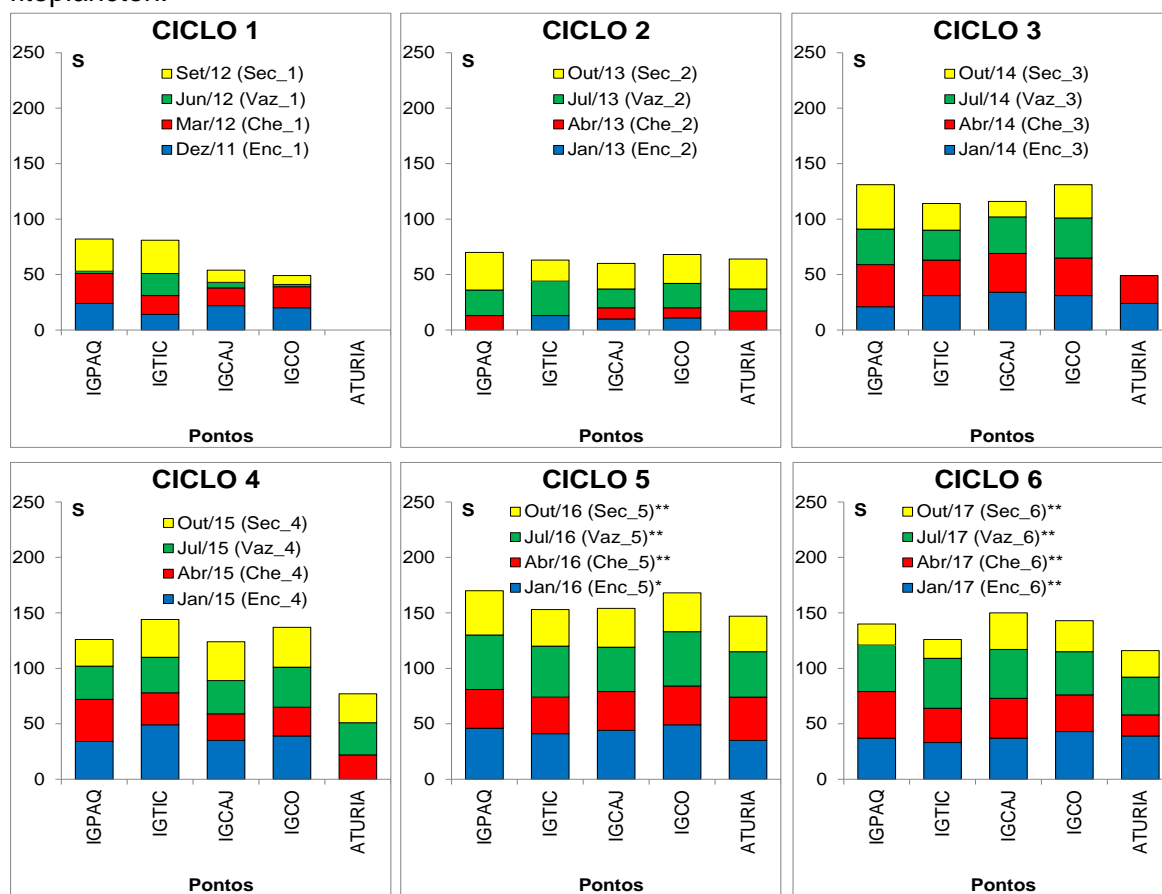


Figura 11.4.1 - 38 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI). Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.1.7 RIO BACAJÁ

Nos pontos do rio Bacajá, verifica-se que os valores de riqueza total de gêneros foram menores no período cheia em relação aos demais períodos nos seis ciclos hidrológicos monitorados, fato esse possivelmente relacionado às condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton já mencionadas anteriormente no período de cheia.

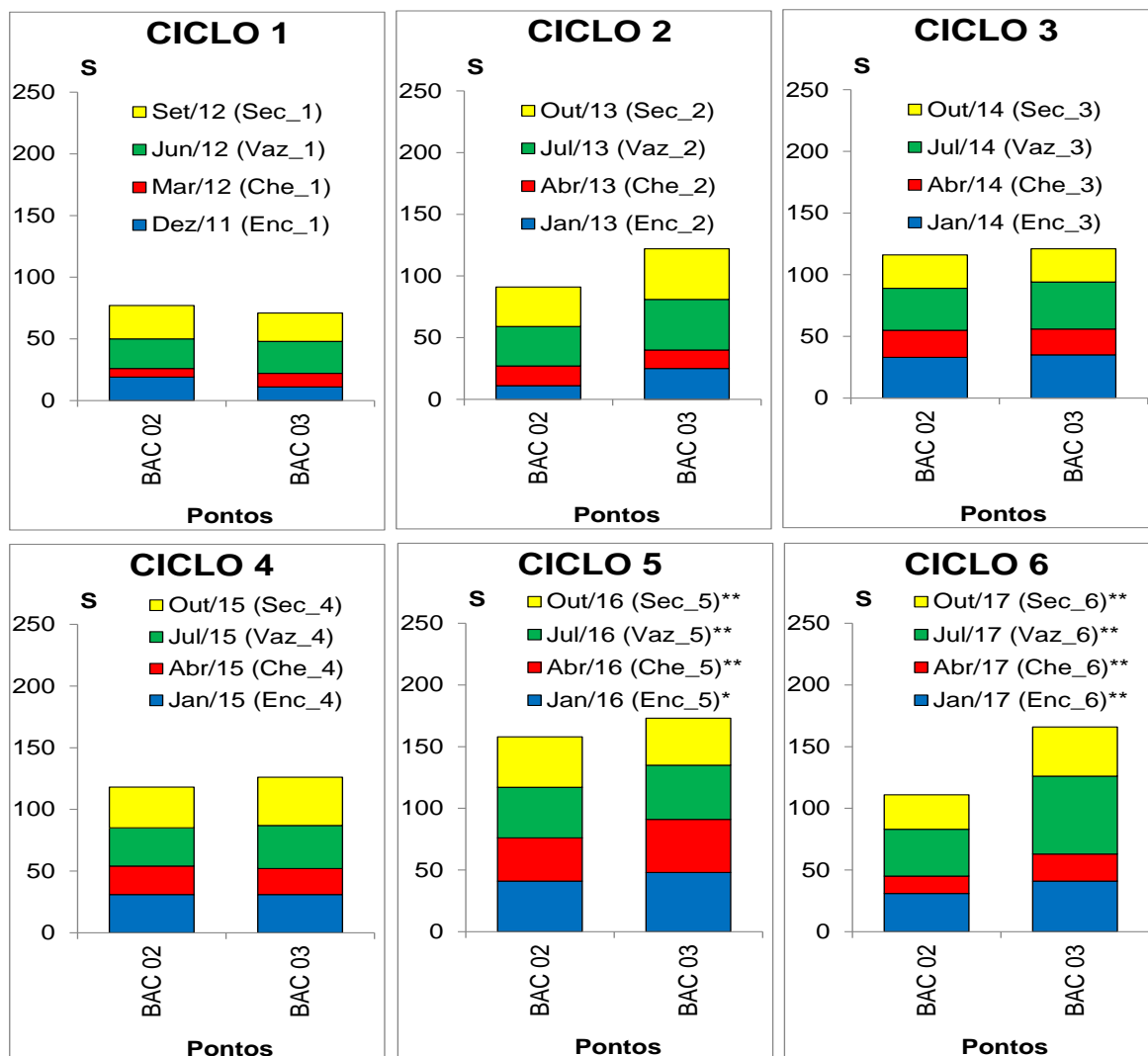


Figura 11.4.1 - 39 – Riqueza total (S) do fitoplâncton (gêneros) acumulada nos pontos localizados na área do Rio Bacajá. Campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA

Nas **Figuras 11.4.1 - 40 a 11.4.1 - 42** são apresentados os gráficos das abundâncias relativas das classes de fitoplâncton para as diferentes áreas de monitoramento referentes aos seis ciclos hidrológicos. A classe Bacillariophyceae foi, considerando-se todos os trechos de monitoramento, a mais representativa nas amostras, com exceções observadas nos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques do RI, nos quais houve dominância de outras classes em determinados períodos, conforme demonstrado nas **Figuras 11.4.1 - 40 a 11.4.1 - 42**, tais como Zygnematophyceae, Euglenophyceae e Dinophyceae. A classe Cyanophyceae foi dominante apenas no RI e nos igarapés interceptados pelos Diques (IID-RI) na campanha de cheia do 6º ciclo

hidrológico no RI (no item 11.4.1.2.1.3 B do presente relatório é apresentada uma análise mais detalhada sobre a referida ocorrência). No caso dos IID-RI, a abundância de cianobactérias observada esteve relacionada à influência da água vertida do RI.

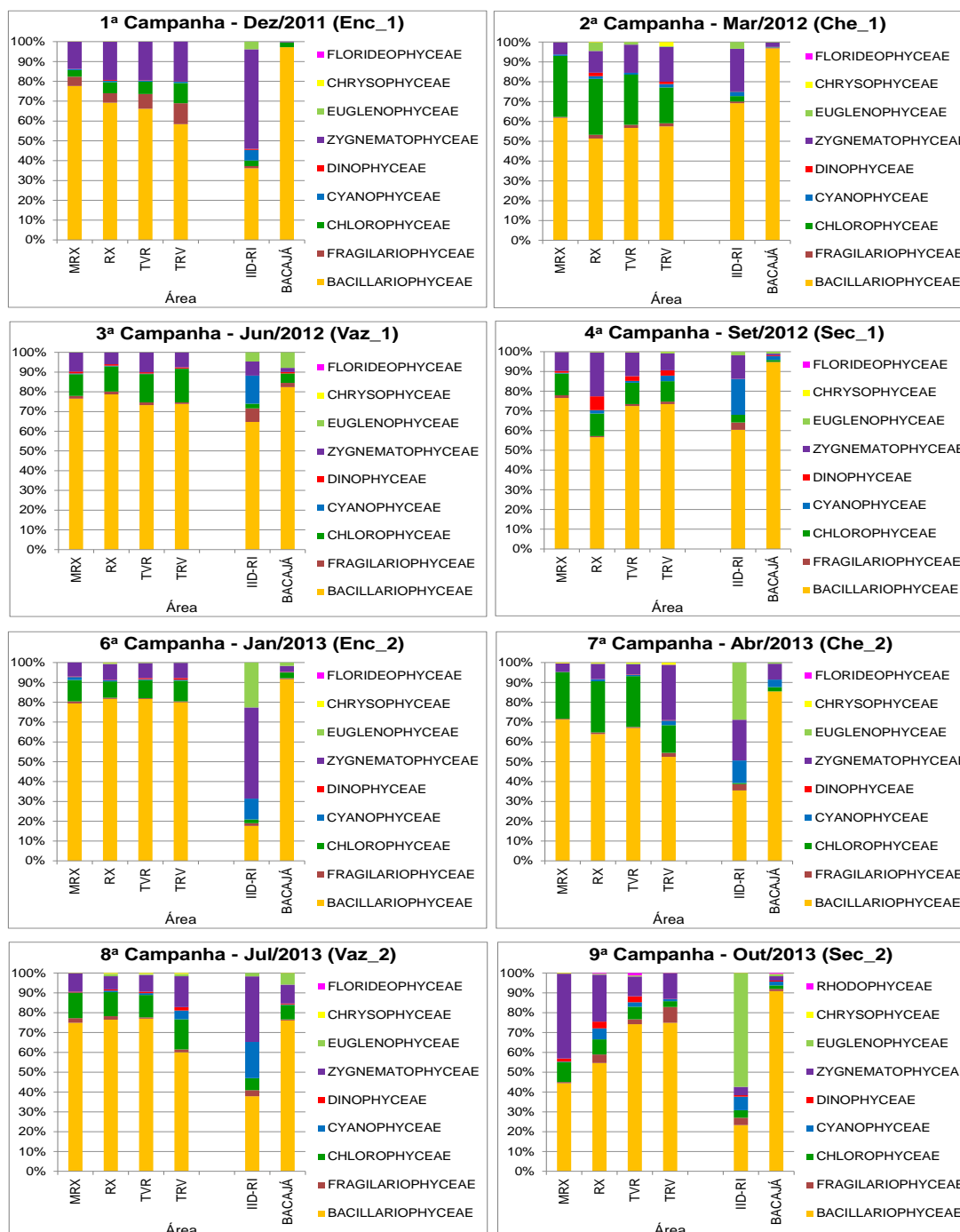


Figura 11.4.1 - 40 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 1º e 2º ciclos hidrológicos (dezembro de 2011 a outubro de 2013) durante a fase de pré-enchimento.

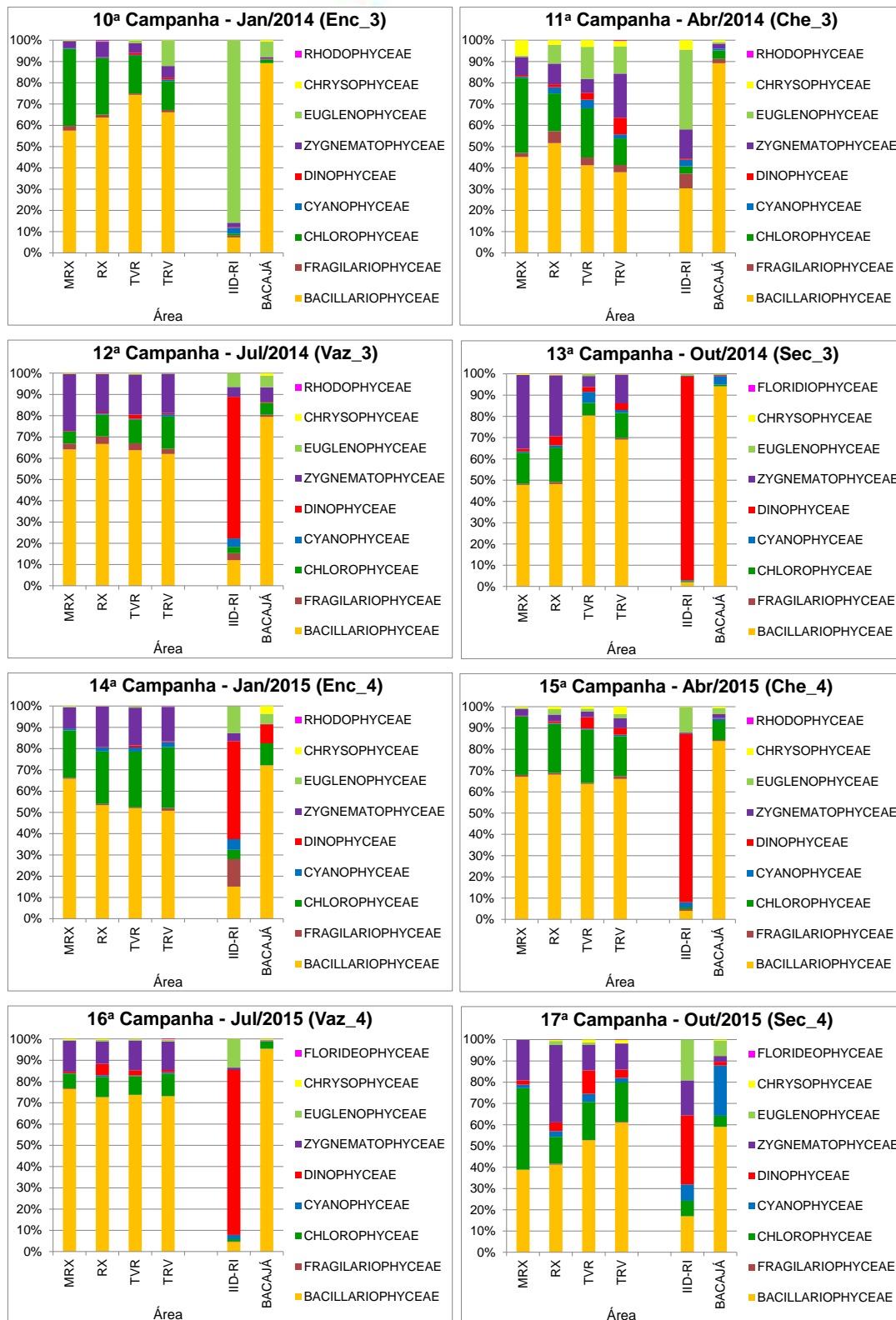


Figura 11.4.1 - 41 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 3º e 4º ciclos hidrológicos completos (janeiro de 2014 a outubro de 2015) durante a fase de pré-enchimento.

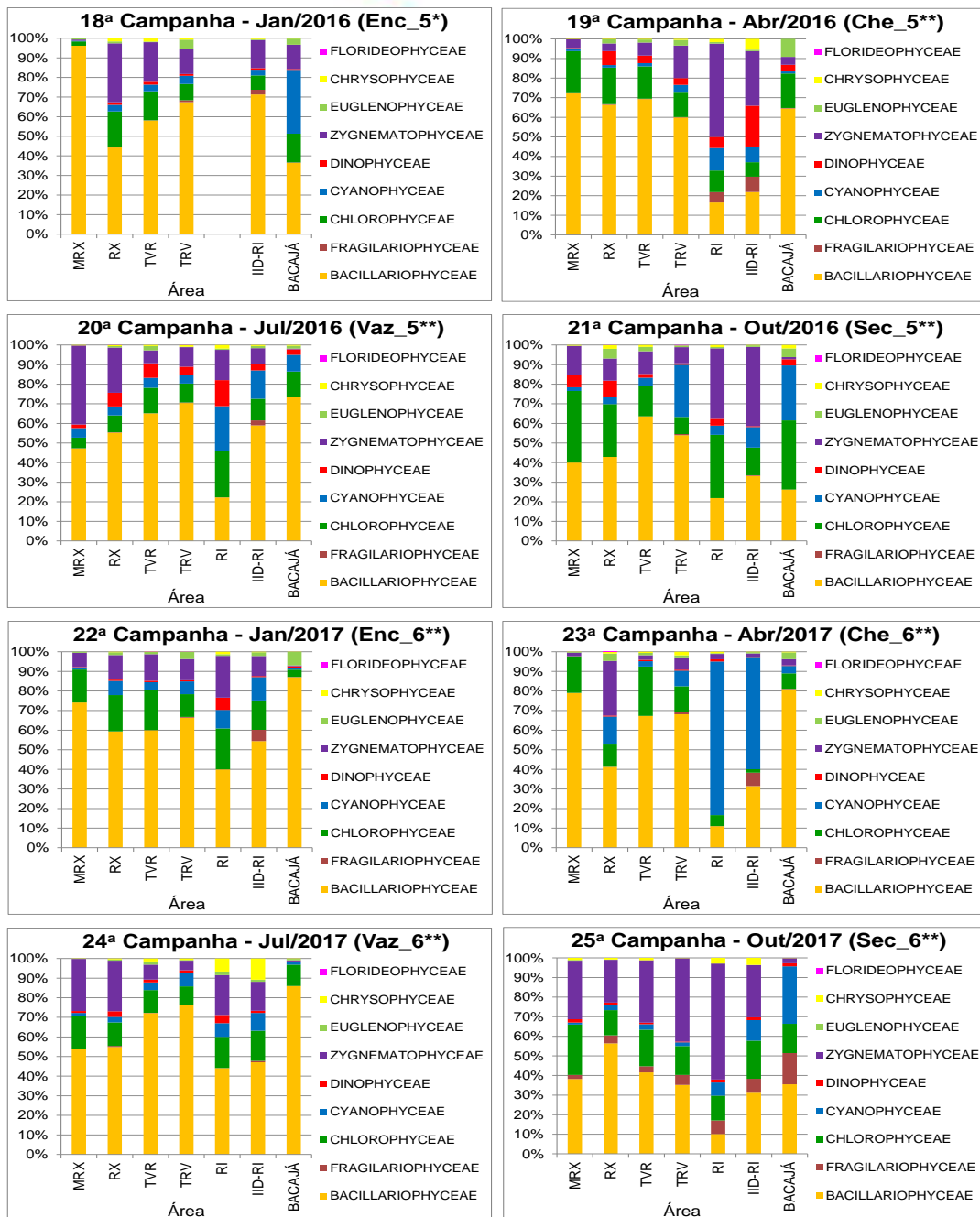


Figura 11.4.1 - 42 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de fitoplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 5º e 6º ciclos hidrológicos completos de janeiro de 2016 a outubro de 2017 durante a fase de enchimento (*) e a fase de operação ().**

11.4.1.2.1.5.1.2.1 MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU (MRX)

Na **Figura 11.4.1 - 43** estão apresentados os gráficos de abundância de organismos fitoplanctônicos observados no ponto RX 19, localizado na área a Montante do RX. De

forma distinta aos padrões de riqueza total observados nesse mesmo ponto, os valores de abundância total foram muito distintos entre as diferentes campanhas de um mesmo ciclo hidrológico, bem como entre os diferentes ciclos hidrológicos. As maiores abundâncias foram observadas nas campanhas de enchente do 1º e do 4º ciclo hidrológico, sendo que as menores abundâncias foram observadas no 5º ciclo hidrológico. Conforme descrito anteriormente para os padrões de riqueza total observados nessa área, os menores valores de abundância durante o 5º ciclo hidrológico não têm relação com a formação do RX, mas sim com as características hidrológicas naturais do rio Xingu, haja vista que o ponto RX 19 está localizado em uma porção do rio Xingu sem influência do remanso do RX.

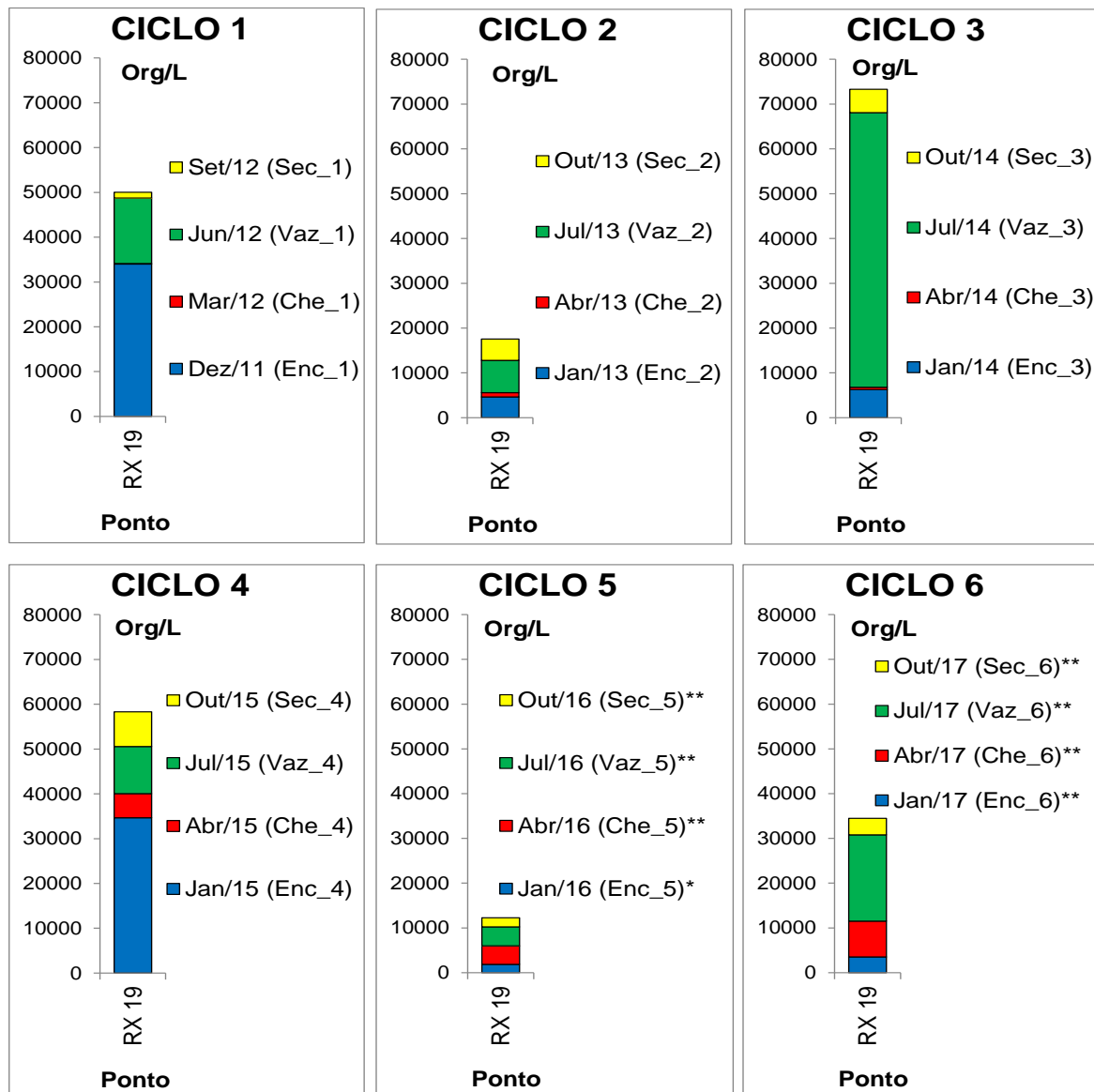


Figura 11.4.1 - 43 – Abundância de organismos fitoplanctônicos no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2.2 RESERVATÓRIO DO XINGU – INCLUINDO IGARAPÉS DE ALTAMIRA

De forma semelhante aos padrões de riqueza total observados nos pontos localizados na área do RX, as menores abundâncias de fitoplâncton foram observadas nos igarapés de Altamira, muito em função das condições desfavoráveis ao crescimento do fitoplâncton já descritas, como maior turbidez da água e menor penetração de luz. Em geral, as abundâncias observadas nos períodos de enchente dos diferentes ciclos hidrológicos foram muito superiores em relação às abundâncias observadas nos períodos de cheia, possivelmente relacionadas às condições desfavoráveis já mencionadas nesses períodos, como elevadas turbidez e turbulência da água. Verificou-se também que nos 3º e 6º ciclos hidrológicos as abundâncias foram muito inferiores em relação aos demais ciclos, mesmo no período de enchente (**Figura 11.4.1 - 44**). A baixa abundância de fitoplâncton observada nesses ciclos hidrológicos pode estar relacionada à grande cheia ocorrida no rio Xingu em 2014, bem como à elevada precipitação ocorrida em 2017 (**Figura 11.4.1 - 1**), que resultaram em águas mais turbulentas e turvas devido à elevada vazão quando comparados aos períodos de enchente e cheia dos demais ciclos hidrológicos.

Durante o 5º ciclo hidrológico, verifica-se que tais diferenças na abundância de fitoplâncton entre as diferentes campanhas (períodos do ciclo hidrológico) passaram a ser menores, possivelmente em função das condições mais estáveis do corpo do RX após a sua formação e à menor vazão do rio Xingu, resultante da estiagem prolongada (baixa vazão em 2016), quando comparadas às condições durante a fase de pré-enchimento (1º ao 4º ciclos hidrológicos), na qual os pulsos de inundação ainda exerciam grande influência na ocorrência de fitoplâncton, principalmente no período de enchente. Não obstante, nota-se que a abundância total de fitoplâncton, na maioria dos pontos do RX durante o 5º ciclo hidrológico (fase de operação), esteve na mesma ordem de grandeza dos valores totais observados durante os 2º e o 3º ciclos hidrológicos, sem evidências, portanto, de que a formação do RX tenha alterado de forma significativa a abundância de fitoplâncton naquela área.

A redução drástica da abundância fitoplanctônica observada durante o 6º ciclo hidrológico, em especial nos períodos de enchente, cheia e vazante, pode ter ocorrido muito em função da já citada influência da elevada precipitação verificada no início do período de enchente (dezembro de 2016 e janeiro de 2017), e que resultou em condições desfavoráveis ao fitoplâncton, como águas turbulentas e turvas, além do fator de diluição promovido pelas elevadas vazões. Além disso, existe a hipótese de que, com a alteração do ambiente de lótico para semilêntico após a formação do RX, alguns grupos da comunidade zooplanctônica, tais como copépodos e cladóceras, tenham sido beneficiados e, com isso, a atividade herbívora desses organismos pode ter aumentado, controlando a população e reduzindo a abundância fitoplanctônica. De fato, conforme descrito no item 11.4.1.2.1.3.D.II, ocorreu um aumento muito significativo da abundância de organismos, em especial de copépodos e cladóceras, mas também de rotíferos no 6º ciclo hidrológico, o que corrobora essa hipótese. A ação herbívora do zooplâncton é um fator positivo ao novo ambiente formado, uma vez cria um sistema de retroalimentação (*feedback*), o qual possibilita o controle das populações tanto de fitoplâncton como de

zooplâncton. Além disso, o aumento da abundância de zooplâncton, em especial de organismos maiores como copépodos e cladóceras, se torna uma fonte importante de alimentos para outros organismos da comunidade biótica, tais como peixes e macroinvertebrados, acelerando o processo de reciclagem de matéria na rede trófica. Não obstante, tal hipótese, bem como a influência de outros fatores envolvidos no processo, só poderão ser verificadas com a continuidade do monitoramento.

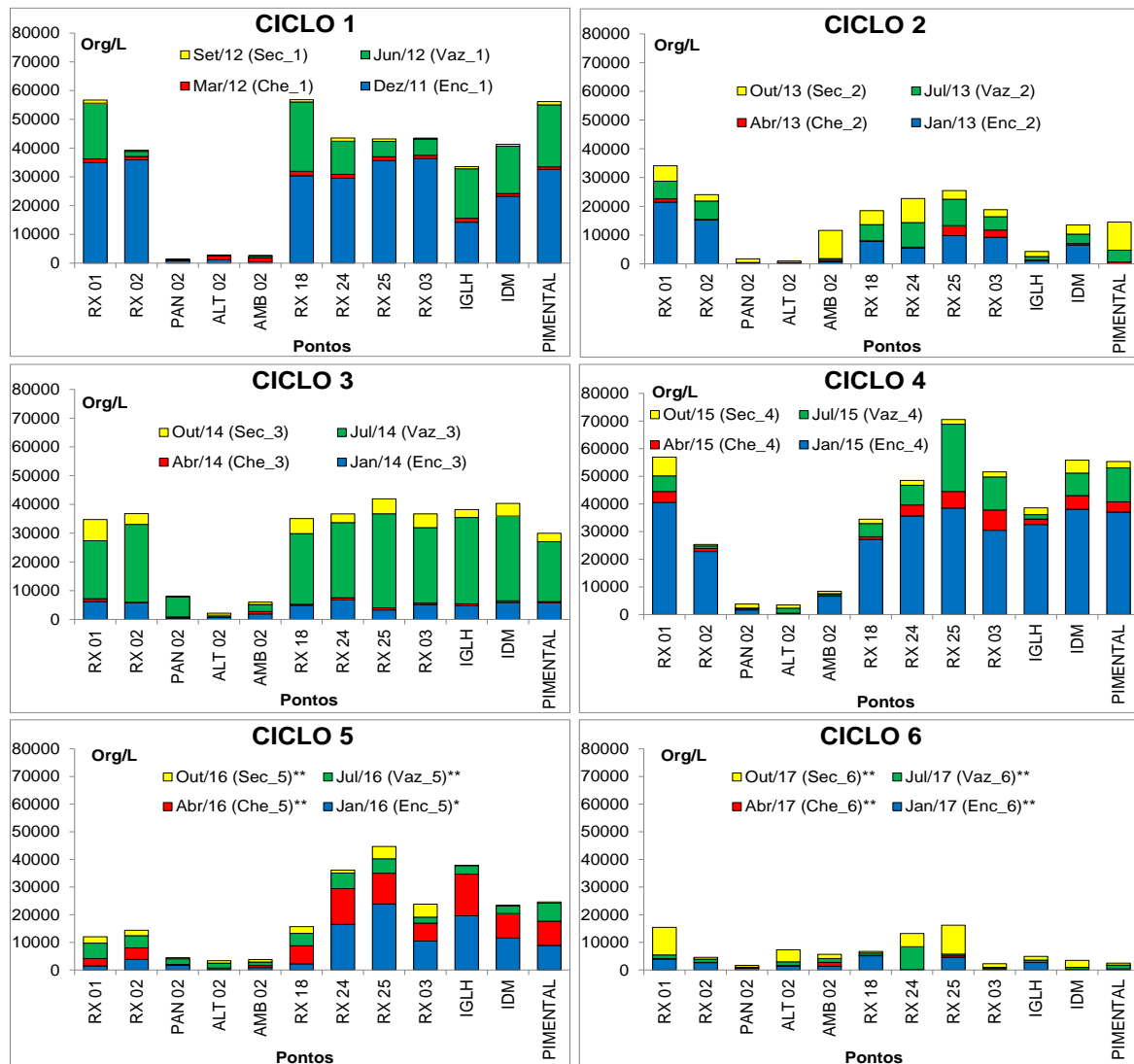


Figura 11.4.1 - 44 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2.3 TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR)

De forma semelhante aos padrões observados na área do RX, na área do TVR verifica-se, em geral, maiores abundâncias no período de enchente em relação ao período de cheia, atribuídas às condições desfavoráveis na cheia (Figura 11.4.1 - 45). Também de

forma semelhante aos padrões observados nos pontos localizados no RX, houve menor abundância de fitoplâncton durante o período de enchente do 3º e 6º ciclos hidrológicos em relação aos demais ciclos, também atribuída à grande cheia e elevada precipitação que ocorreram naqueles períodos no Reservatório Xingu (antes de 2016, fase de rio), as quais resultaram em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton, como águas turbulentas e turvas. Porém, nota-se que durante o 5º ciclo hidrológico no TVR, após a formação do RX, tais diferenças de abundância passaram a ser menores, também relacionadas à maior estabilidade do nível do rio Xingu e pulsos menores de inundação resultantes do longo período de estiagem e menor vazão afluente do rio Xingu, os quais, possivelmente, teriam resultado no desenvolvimento do fitoplâncton de forma mais homogênea ao longo desse ciclo hidrológico. Os menores valores de abundância de fitoplâncton durante o 6º ciclo hidrológico possivelmente estão relacionados à influência da elevada precipitação nos períodos de enchente e cheia, bem como à hipótese da ação herbívora atribuída ao zooplâncton no RX, cujo reflexo se estendeu ao TVR a jusante.

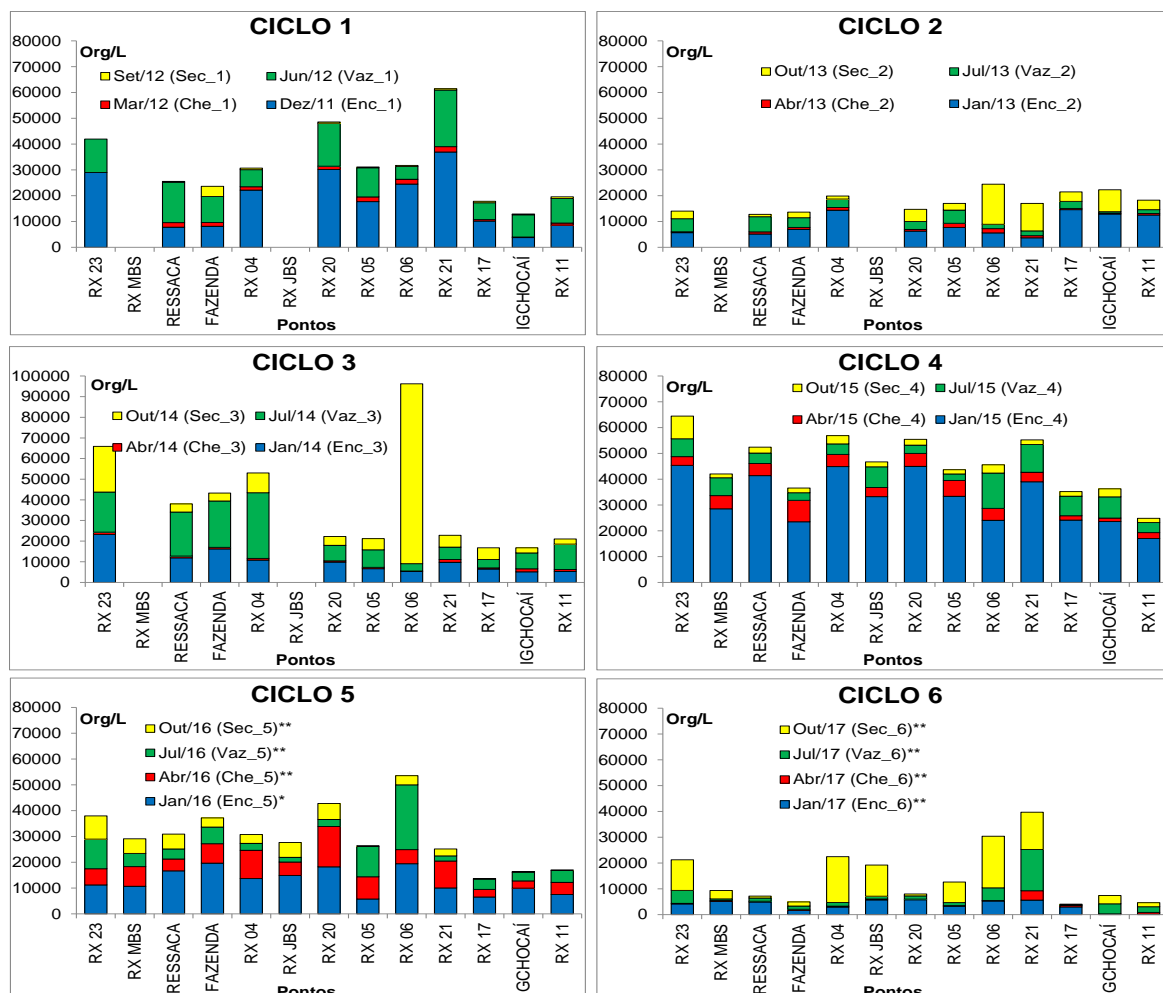


Figura 11.4.1 - 45 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2.4 TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Assim como verificado para os valores de riqueza total, as menores abundâncias de fitoplâncton na área do TRV foram no ponto IGSA/SEBM, localizado no igarapé Santo Antônio, também atribuídas às condições desfavoráveis como maior turbidez da água. Em geral, as maiores abundâncias foram observadas no período de enchente (**Figura 11.4.1 - 46**). Novamente, os valores de abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na área do TRV durante o 5º ciclo hidrológico estiveram na mesma ordem de grandeza dos valores observados nos ciclos anteriores, o que evidencia que a formação do RX e do RI não alteraram de forma significativa a abundância de fitoplâncton nessa área. Já a baixa abundância observada no 6º ciclo hidrológico, como nas demais áreas monitoradas, é atribuída às condições desfavoráveis promovidas pela elevada precipitação que ocorreu nos períodos de enchente e cheia desse ciclo, bem como à atividade herbívora do zooplâncton a montante no RX e no RI.

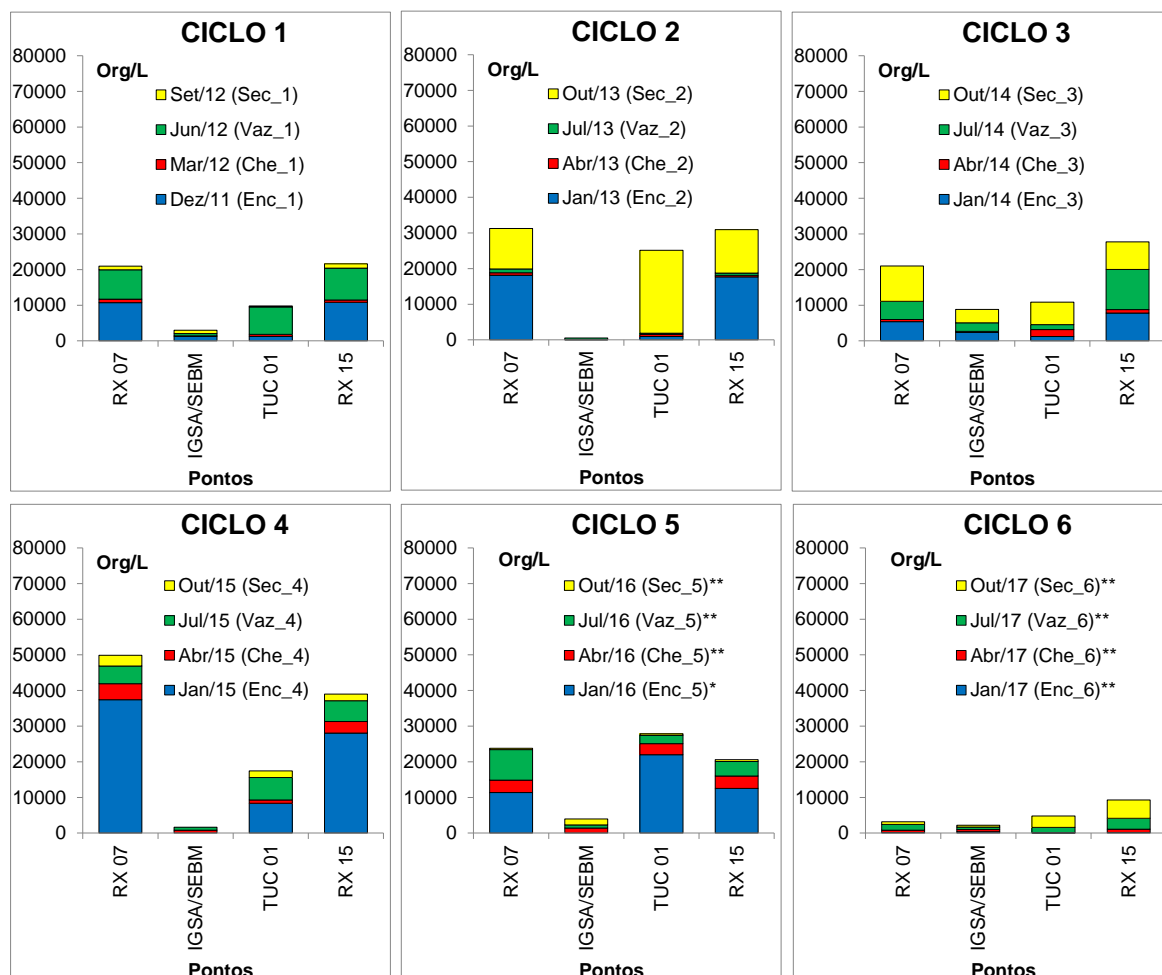


Figura 11.4.1 - 46 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2.5 RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Assim como observado para os valores de riqueza total de gêneros fitoplanctônicos, os valores de abundância total no RI foram muito semelhantes entre os diferentes pontos e nos diferentes períodos (**Figura 11.4.1 - 47**). Tal semelhança dos valores observados no RI sugere um sistema homogêneo em termos de abundância fitoplanctônica. Observa-se, também, uma nítida diminuição da abundância de fitoplâncton no 6º ciclo hidrológico, resultante das condições desfavoráveis causadas pela elevada precipitação, bem como à possível atividade herbívora do zooplâncton, já mencionadas.

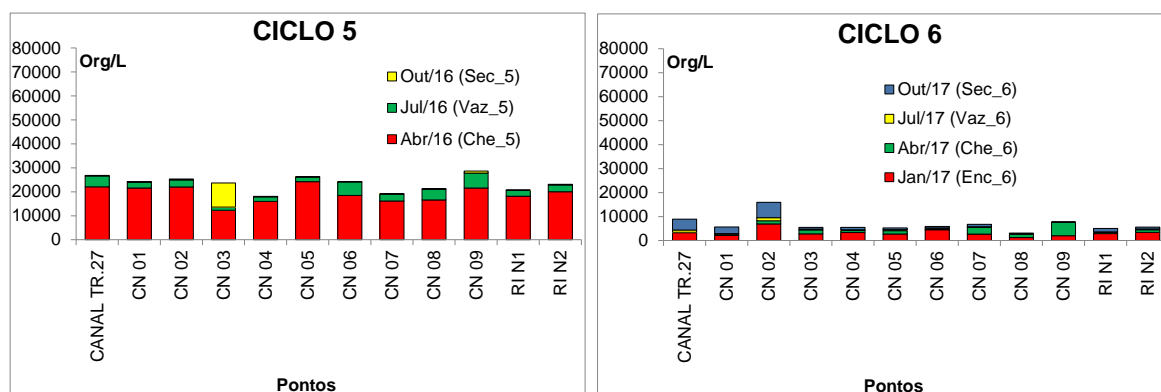


Figura 11.4.1 - 47 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) no 5º e 6º ciclos hidrológicos durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

11.4.1.2.1.5.1.2.6 IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI

Nos igarapés interceptados pelos diques do RI, observa-se uma grande variação de abundância de fitoplâncton nos diferentes períodos e nos diferentes ciclos hidrológicos, possivelmente relacionados ao regime de precipitação e, conseqüentemente, aos pulsos de inundação desses igarapés durante a fase de pré-enchimento (**Figura 11.4.1 - 48**).

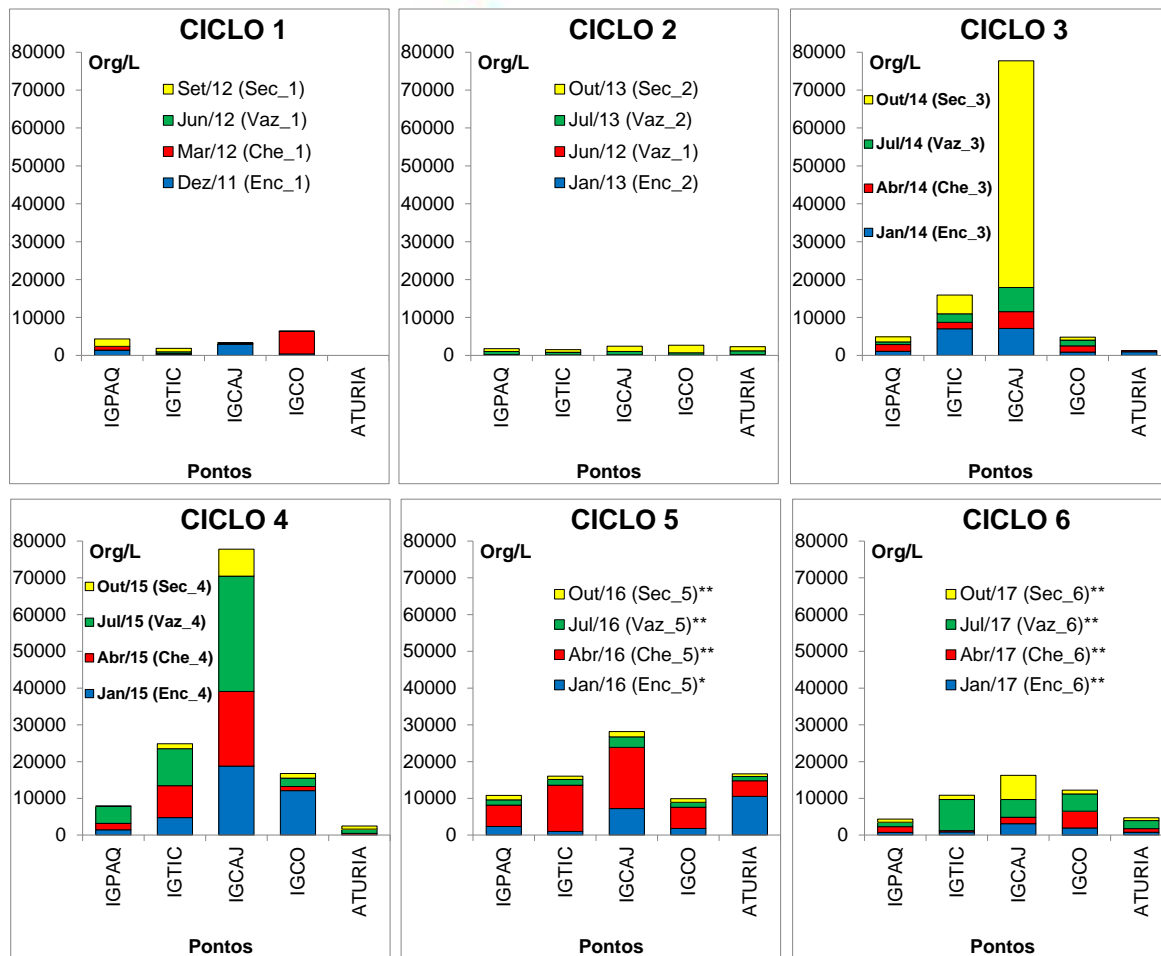


Figura 11.4.1 - 48 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.2.7 RIO BACAJÁ

Nos pontos localizados na área do rio Bacajá, de forma semelhante às demais áreas monitoradas, verificou-se uma grande diferença entre as abundâncias observadas no período de enchente e o período de cheia em todos os ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 49**), atribuída às condições desfavoráveis ao fitoplâncton no período de cheia. Da mesma forma, as baixas abundâncias observadas nos 2º e 6º ciclos hidrológicos são atribuídas à elevada precipitação, que também resultou em condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fitoplâncton nessa área.

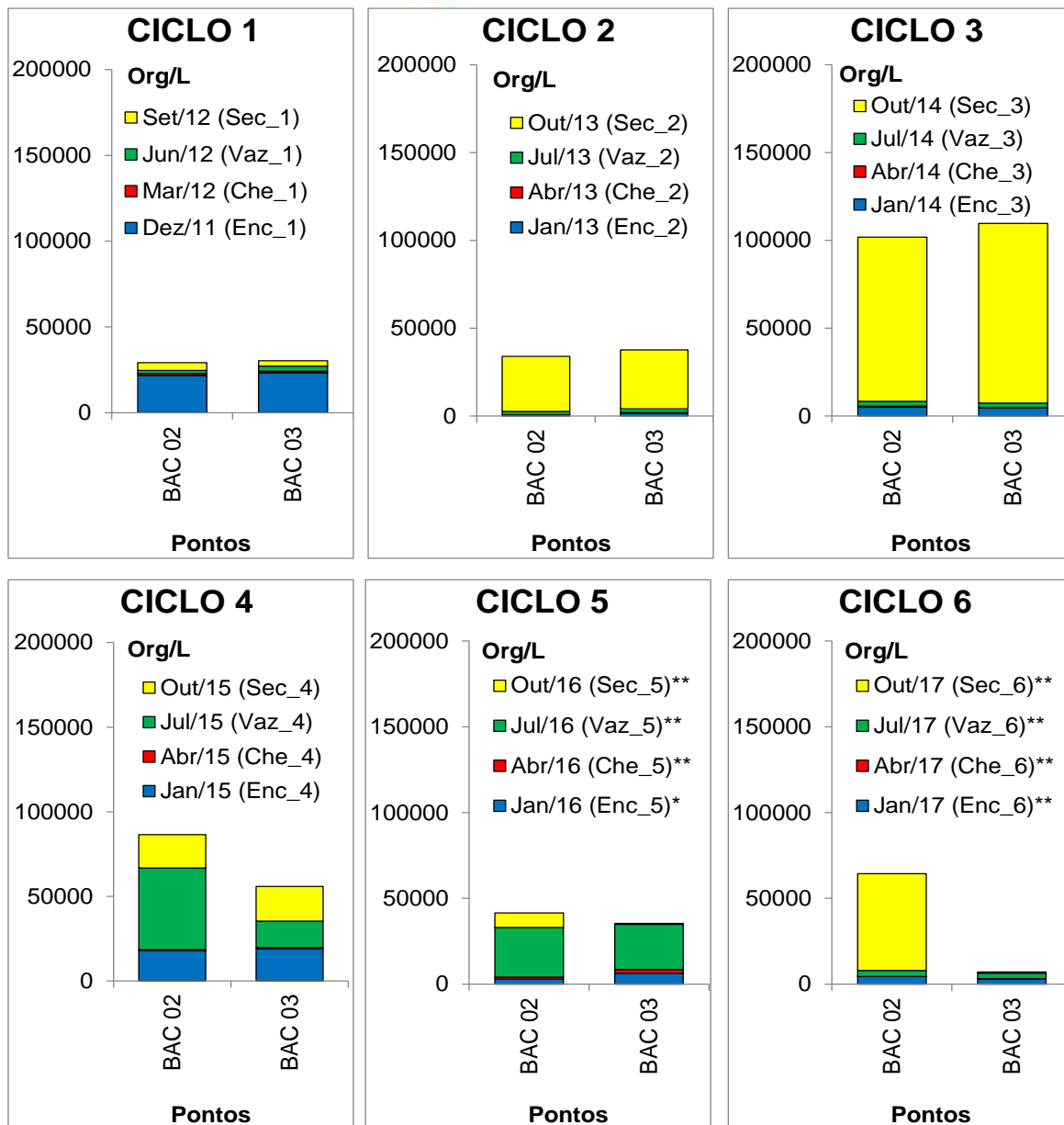


Figura 11.4.1 - 49 – Abundância de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.3 DIVERSIDADE

O índice de diversidade Shannon-Wiener foi estimado por permitir a comparação de amostras com diferentes números de indivíduos, o que não é indicado para ser feito empregando-se a riqueza total. Outro fator que pesa a favor do uso dessa métrica é o fato de se levar em consideração a distribuição das abundâncias dos organismos na comunidade, sendo considerada uma medida mais adequada para aferir a biodiversidade em ambientes naturais.

11.4.1.2.1.5.1.3.1 MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO XINGU

Os valores de diversidade no ponto RX 19, localizado na área de MRX, foram muito semelhantes entre os diferentes períodos e entre os diferentes ciclos hidrológicos (Figura 11.4.1 - 50).

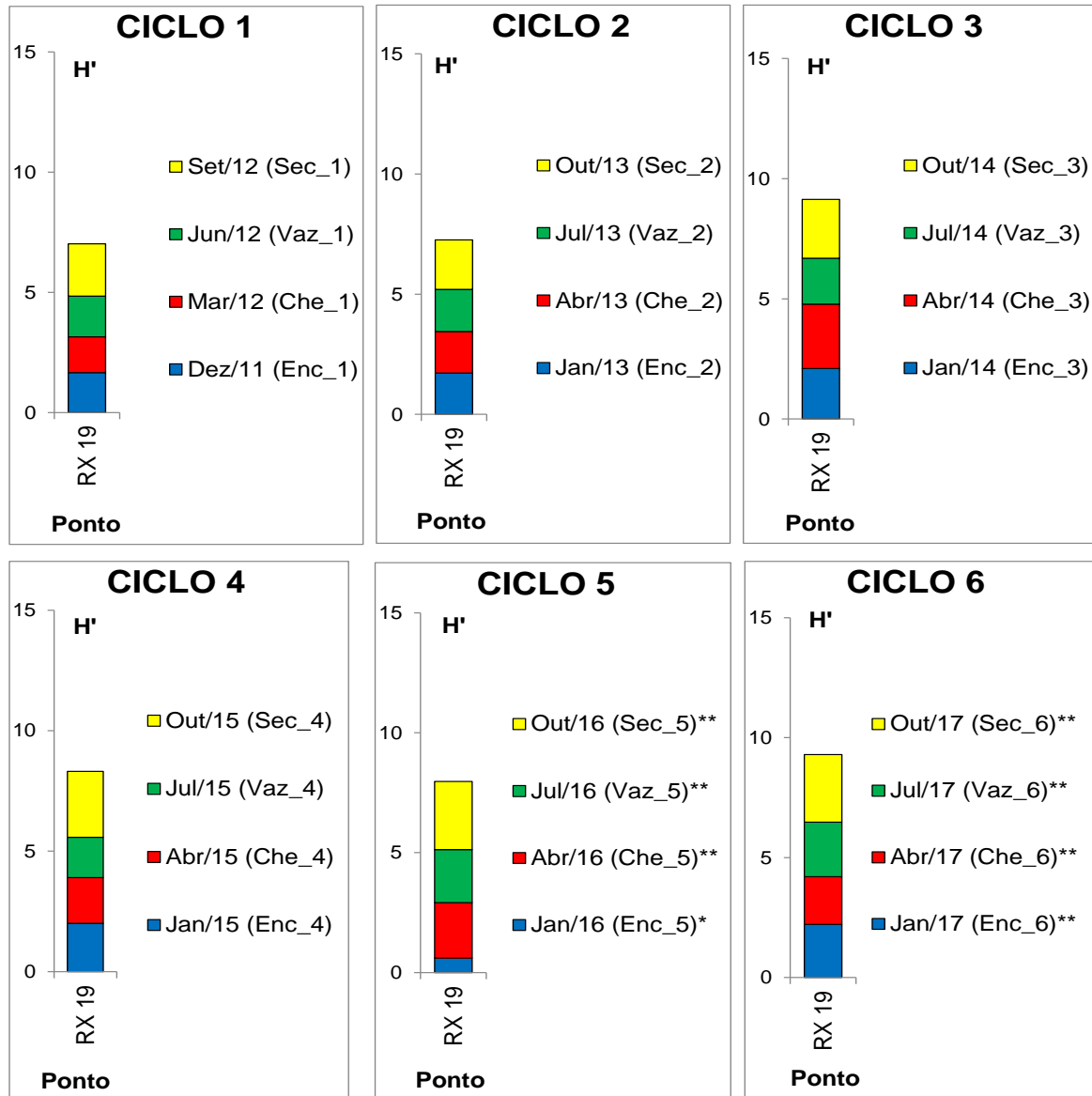


Figura 11.4.1 - 50 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.3.2 RESERVATÓRIO DO XINGU

Também nos pontos localizados na área do RX, os valores de diversidade foram muito semelhantes entre os diferentes períodos e entre os diversos ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 51**), incluindo aqueles observados durante os 5^o e 6^o ciclos hidrológicos, durante e após a formação do RX. Tais resultados demonstram que a formação do RX não resultou em perda de diversidade em relação à sua fase rio.

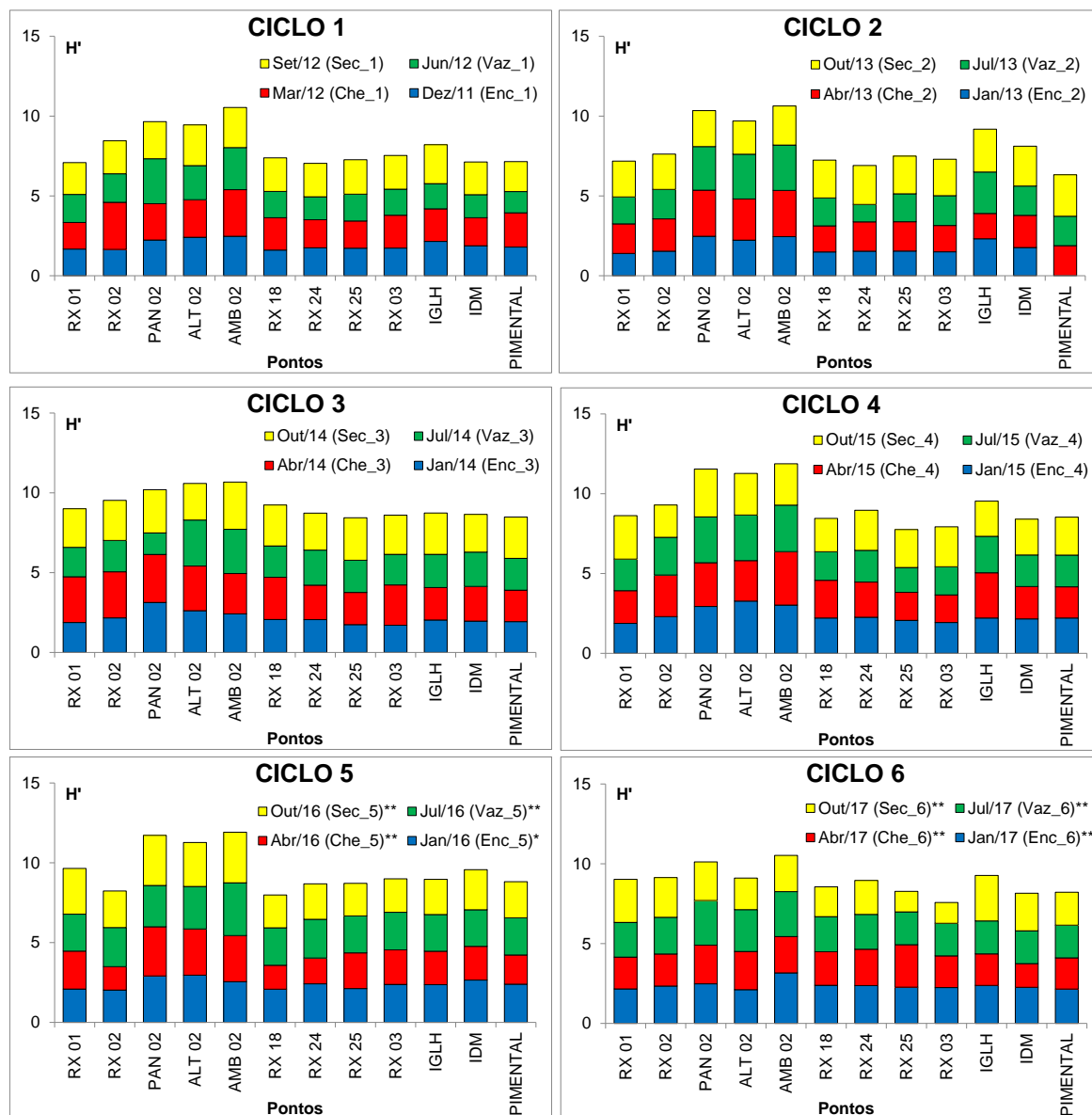


Figura 11.4.1 - 51 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada de organismos fitoplanctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.3.3 TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA (TVR) E TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)

Da mesma forma, os pontos localizados no TVR (**Figura 11.4.1 - 52**) e no TRV (**Figura 11.4.1 - 53**) apresentaram valores de diversidade semelhantes entre os diferentes ciclos hidrológicos, sem evidência de redução após a formação dos reservatórios.

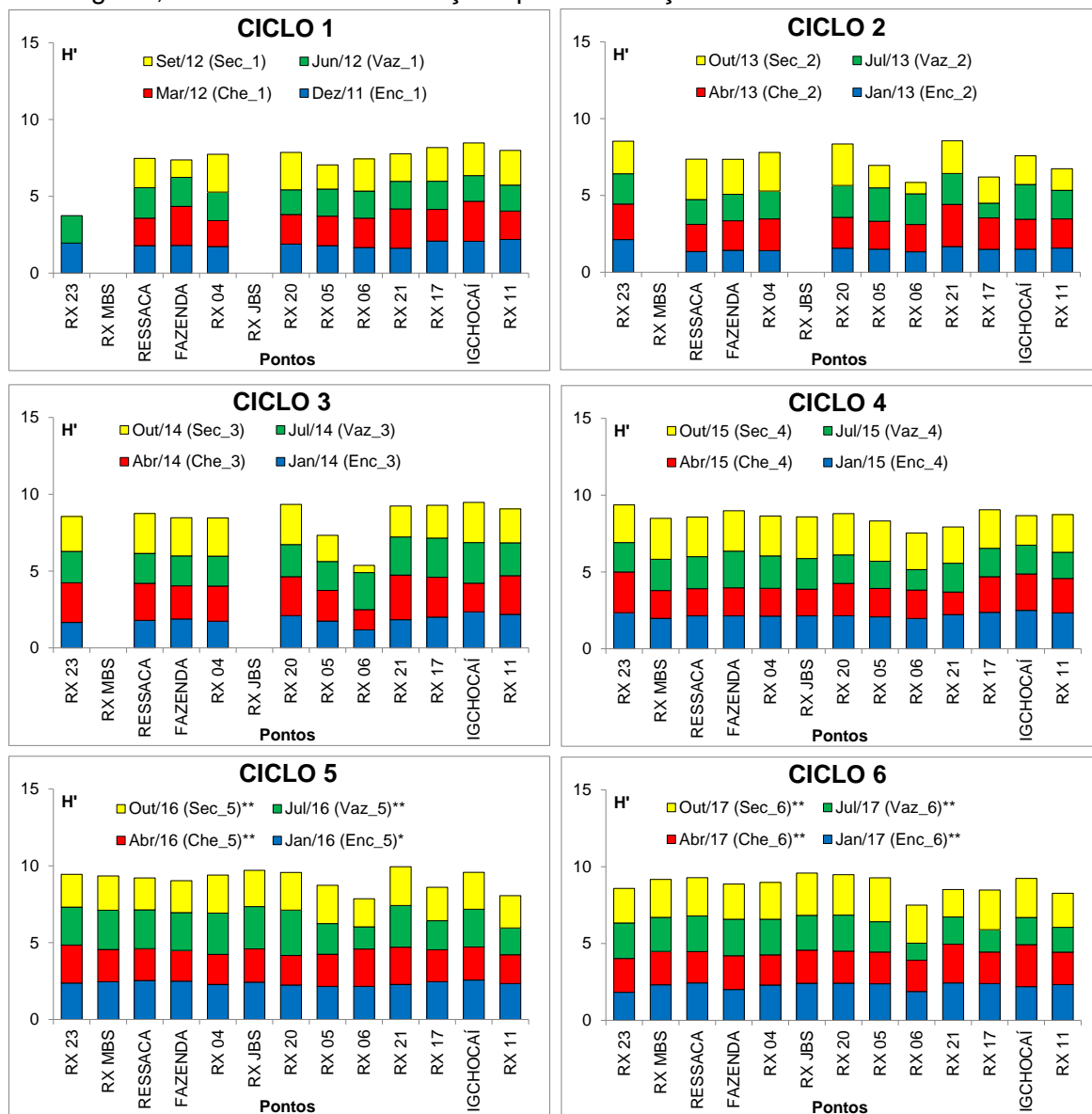


Figura 11.4.1 - 52 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

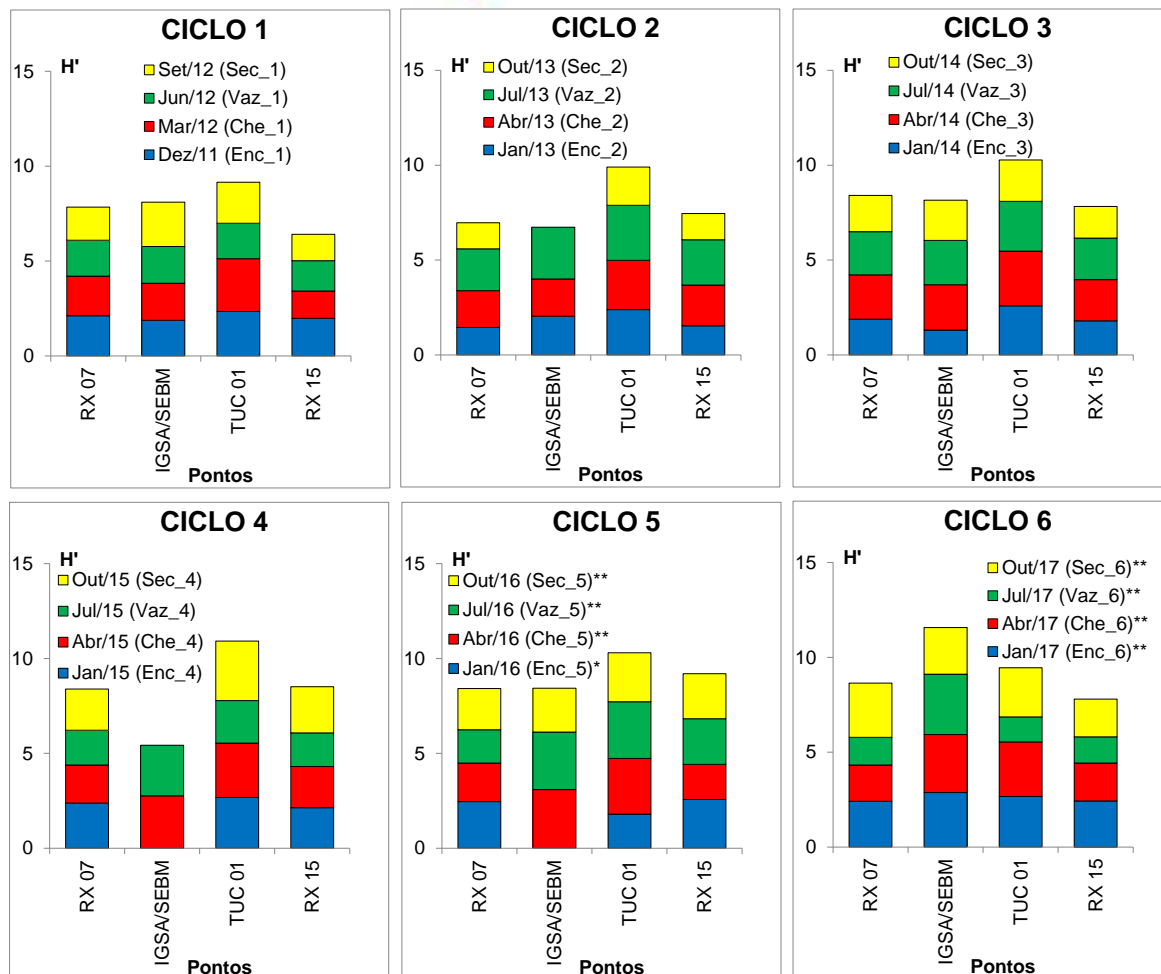


Figura 11.4.1 - 53 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.3.4 RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

De forma semelhante aos padrões de riqueza total e abundância, os valores de diversidade de fitoplâncton, considerando-se o período de cheia do 5º ciclo hidrológico e o período de enchente do 6º ciclo hidrológico, foram muito semelhantes entre os diferentes pontos localizados no RI (**Figura 11.4.1 - 54**), o que confirma a homogeneidade desse sistema em termos de ocorrência da comunidade fitoplanctônica. Já no período de cheia do 6º ciclo hidrológico, a diversidade fitoplanctônica foi comparativamente inferior, resultante da dominância de gêneros da classe Cyanophyceae nesse período em grande parte dos pontos do RI.

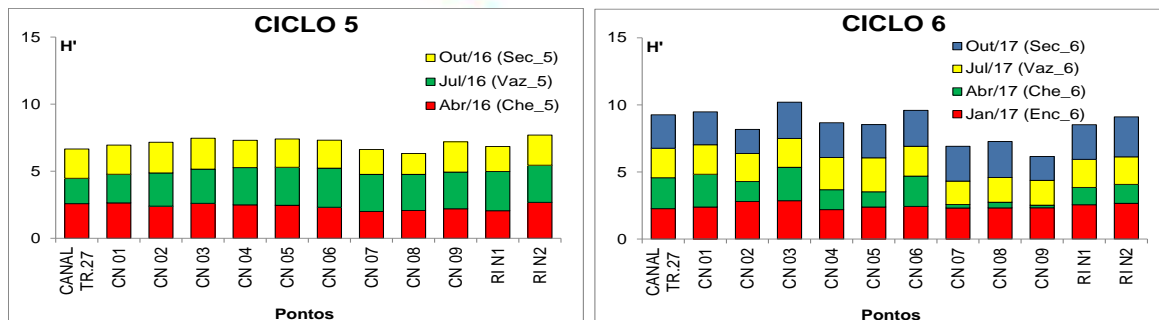


Figura 11.4.1 - 54 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI), no 5º e 6º ciclos hidrológicos durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

11.4.1.2.1.5.1.3.5 IGARAPÉS INTERCEPTADOS PELOS DIQUES DO RI

No caso dos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques do RI, verifica-se uma grande semelhança entre a diversidade de fitoplâncton entre os diferentes igarapés e entre os diversos ciclos hidrológicos (Figura 11.4.1 - 55), mesmo após a formação do RI.

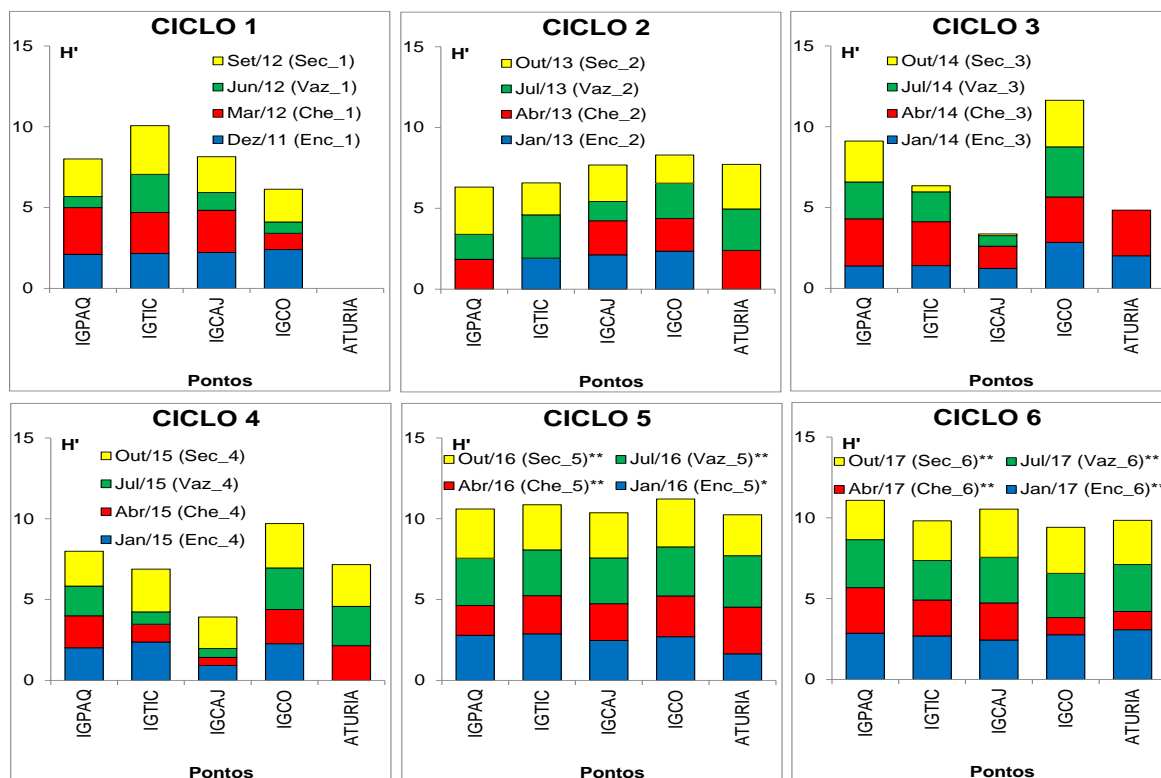


Figura 11.4.1 - 55 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.1.3.6 RIO BACAJÁ

Nos pontos localizados na área do rio Bacajá, nota-se, também, uma grande semelhança da diversidade de fitoplâncton entre os diferentes pontos e entre os diferentes ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 56**).

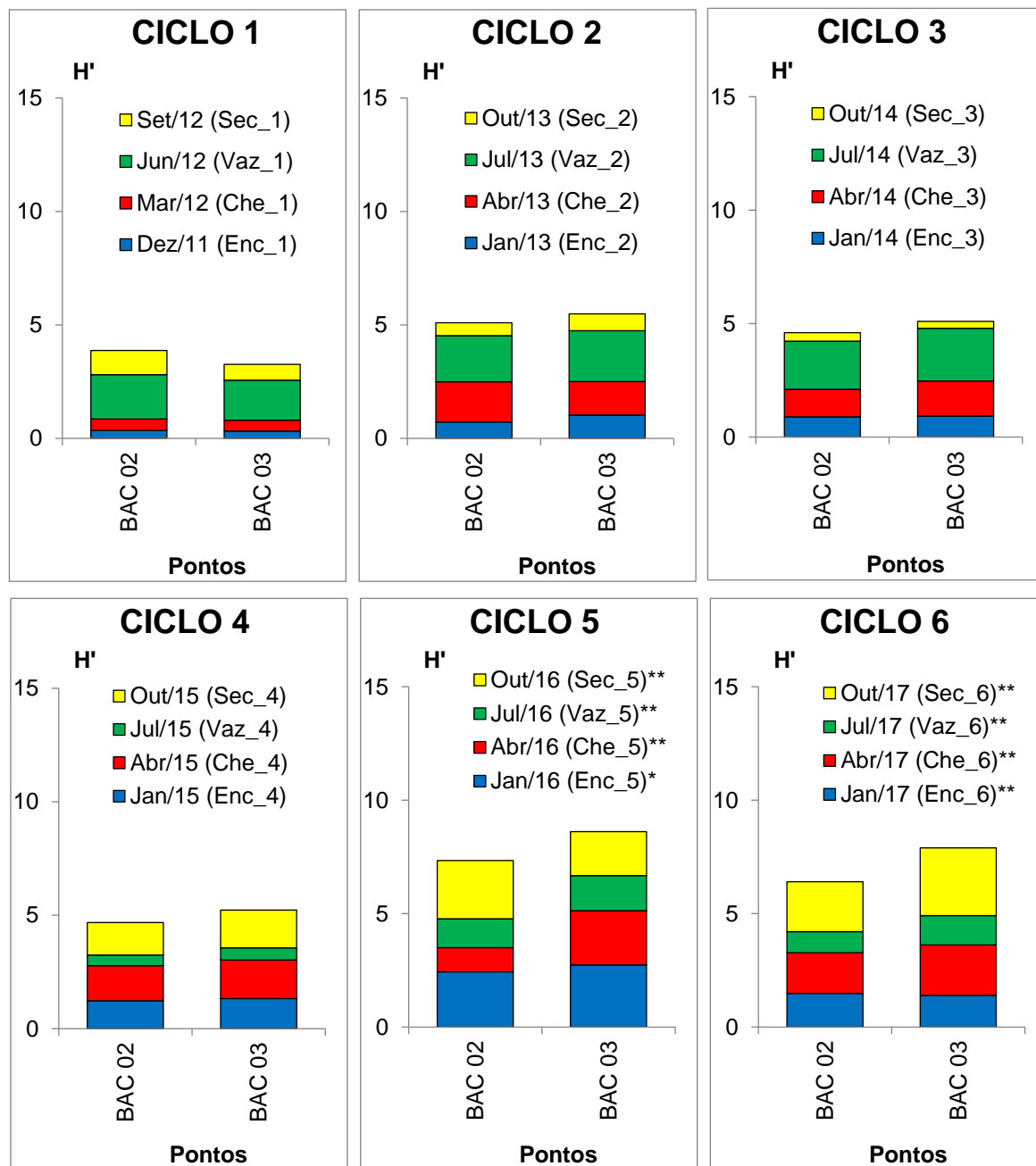


Figura 11.4.1 - 56 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade fitoplanctônica acumulada nos pontos localizados na Área do Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.2 CIANOBACTÉRIAS

Os gráficos de densidade de cianobactérias referentes às campanhas nos seis ciclos hidrológicos completos, entre 2011 a 2017, para as diferentes áreas de monitoramento da UHE Belo Monte, são apresentados nas Figuras **11.4.1 - 57** a **11.4.1 - 63**.

Verifica-se que todas as áreas monitoradas apresentaram densidades em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2, com exceção do RI, o qual apresentou dois pontos com densidades de cianobactérias em não conformidade com os valores estabelecidos pela citada Resolução, na campanha de cheia do 6º ciclo hidrológico (abril de 2017) (**Figura 11.4.1 - 61**). No entanto essa ocorrência foi pontual e temporária e não houve qualquer reflexo negativo em relação à biota aquática. Nos períodos de vazante e seca do 6º ciclo hidrológico as densidades de cianobactérias voltaram a apresentar valores semelhantes àqueles observados no 5º ciclo hidrológico, sempre abaixo dos valores limites estabelecidos pela legislação.

Conforme detalhamento apresentado no **Anexo 11.4.1 - 8/2018** do presente relatório (13º RC), referente aos resultados da biota aquática, o gênero dominante de cianobactérias em grande parte do RI, na campanha de abril de 2017, foi *Anabaena*, alga filamentosa e formadora de florações, a qual apresenta espécies potencialmente tóxicas, produtoras de cianotoxinas. A dominância desse gênero no RI pode estar relacionada a fatores ambientais favoráveis ao seu crescimento, tais como maior estabilidade da coluna de água e maior incidência de radiação solar, além da sua capacidade em fixar nitrogênio (N₂), os quais, nessas condições, as tornam mais adaptadas em relação às algas pertencentes a outras classes fitoplanctônicas que frequentemente ocorrem em grandes proporções na área de influência da UHE Belo Monte, tais como Bacillariophyceae (diatomáceas), Chlorophyceae (algas verdes) e Zygnematophyceae. A ocorrência de *Anabaena* em abril de 2017 não está relacionada à eutrofização do RI, haja vista que a concentração de fósforo total no reservatório nesse período não esteve tão elevada, conforme os dados apresentados no **Anexo 11.4.1 - 6/2017**, exceto no ponto CN 08 (53,23 µg-P/L), valor este acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2, em ambientes intermediários. Outros pontos que apresentaram concentrações moderadas de fósforo total foram o CN 05 (44,40 µg-P/L), o CN 02 (41,56 µg-P/L) e o CN 09 (41,26 µg-P/L), sendo que a média geral do reservatório foi de 29,04 µg-P/L. Portanto, é possível que a ocorrência de *Anabaena* no RI esteja relacionada às suas características adaptativas intrínsecas, uma vez que as algas pertencentes a esse gênero são consideradas estrategistas, ou seja, são formas oportunistas que apresentam rápido crescimento em um curto espaço de tempo em condições favoráveis.

Densidades elevadas de cianobactérias, porém, abaixo do limite estabelecido pela legislação, também foram observadas nos igarapés interceptados pelos Diques na campanha de abril de 2017 (**Figura 11.4.1 - 62**). Nesse caso, as ocorrências estão associadas à influência das águas do RI vertidas para esses igarapés.

Apesar da ocorrência de elevadas densidades de cianobactérias no RI, em abril de 2017, tal fato não foi verificado na área do TRV no mesmo período, cujos valores estiveram

bem abaixo do limite estabelecido pela legislação (**Figura 11.4.1 - 63**), semelhantes àqueles observados nas áreas do rio Xingu, a montante do barramento.

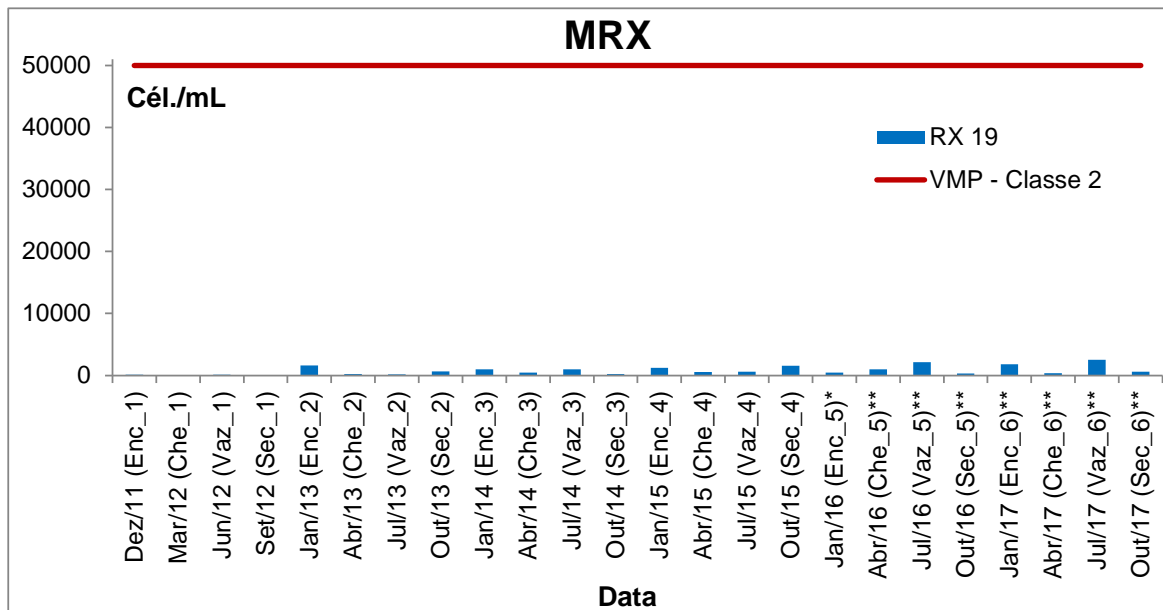


Figura 11.4.1 - 57 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na Área de Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

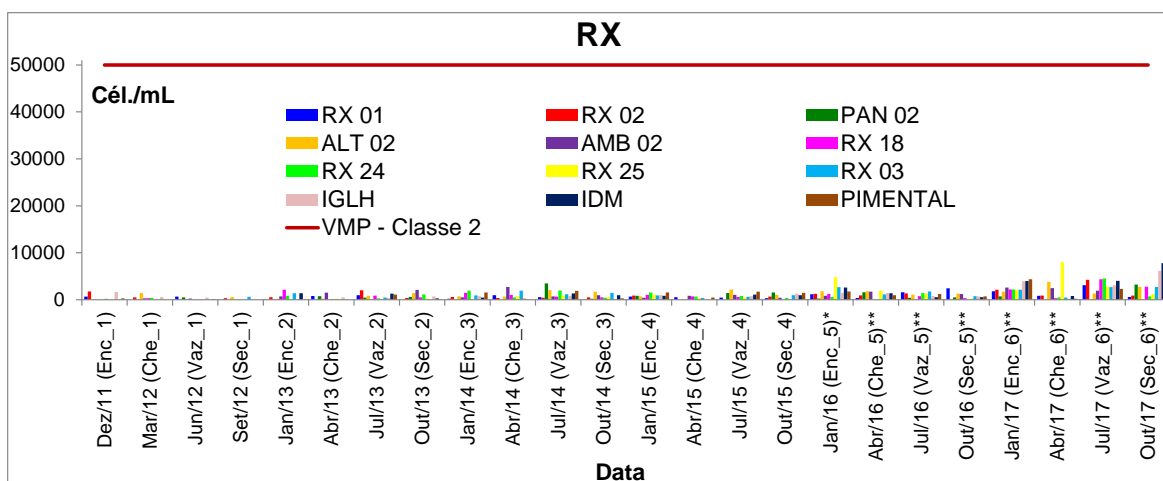


Figura 11.4.1 - 58 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na Área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

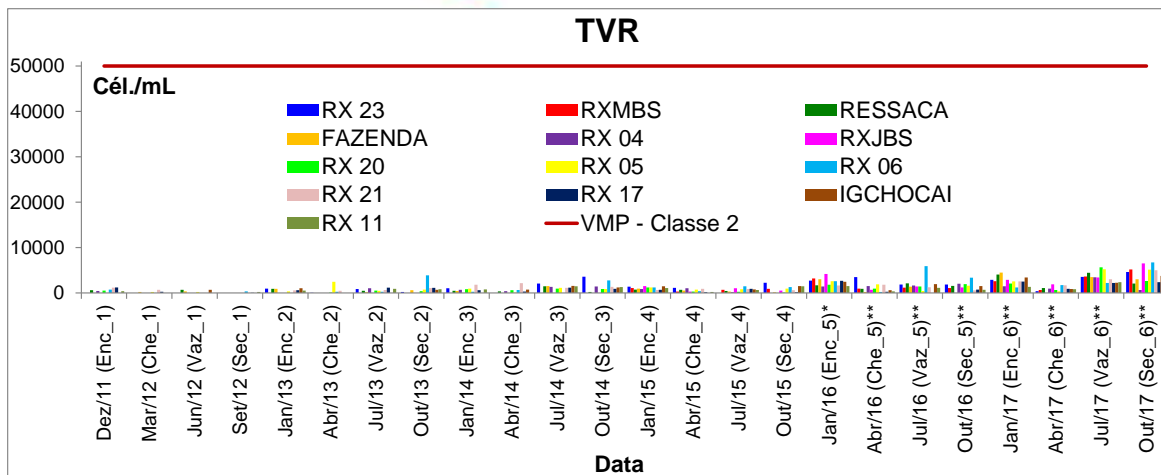


Figura 11.4.1 - 59 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

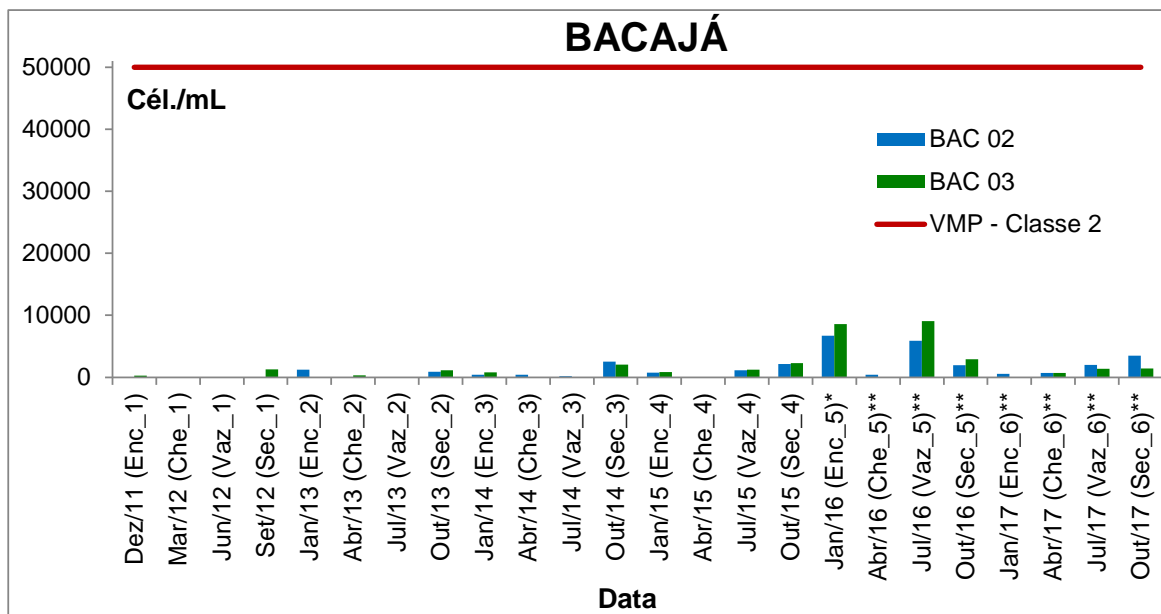


Figura 11.4.1 - 60 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na área do rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

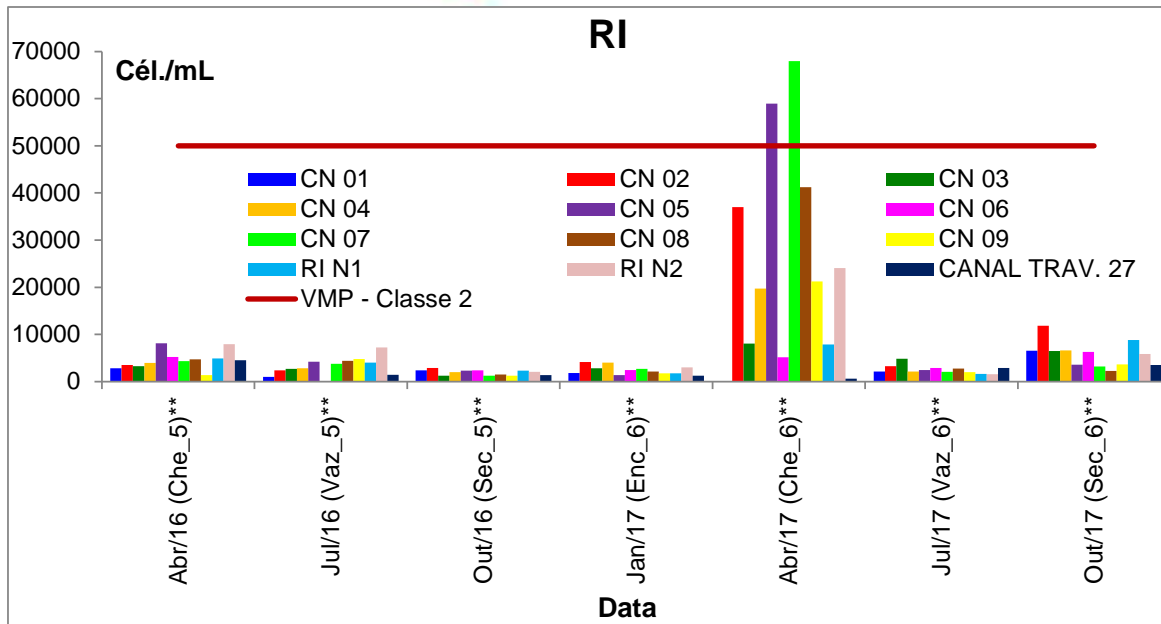


Figura 11.4.1 - 61 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na área do Reservatório Intermediário (RI) nos ciclos hidrológicos da fase de operação de 2016 e 2017. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

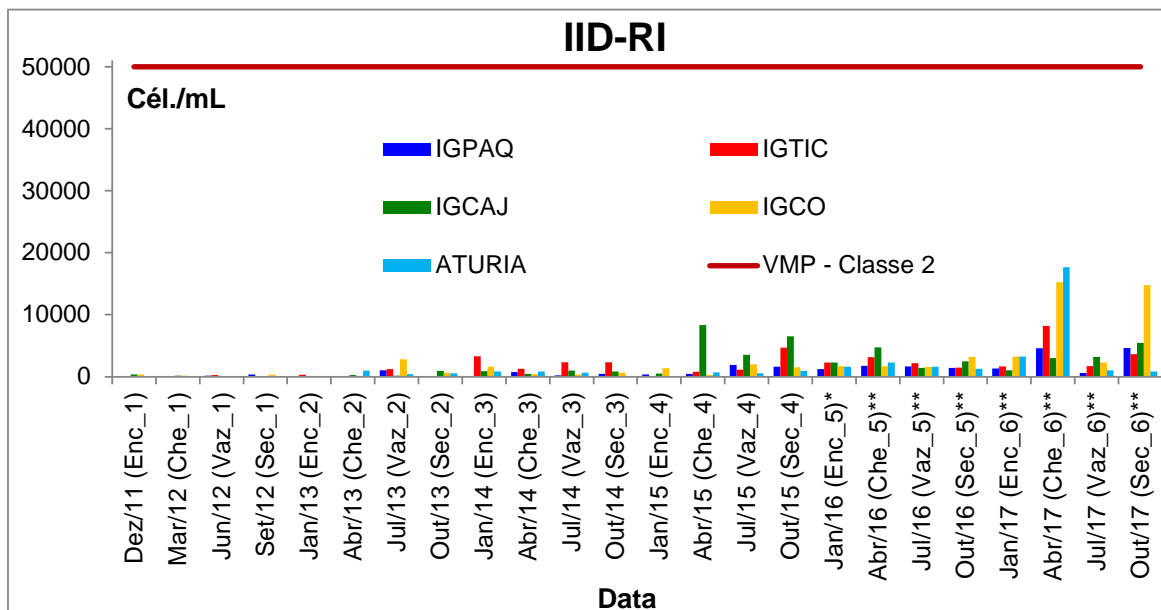


Figura 11.4.1 - 62 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

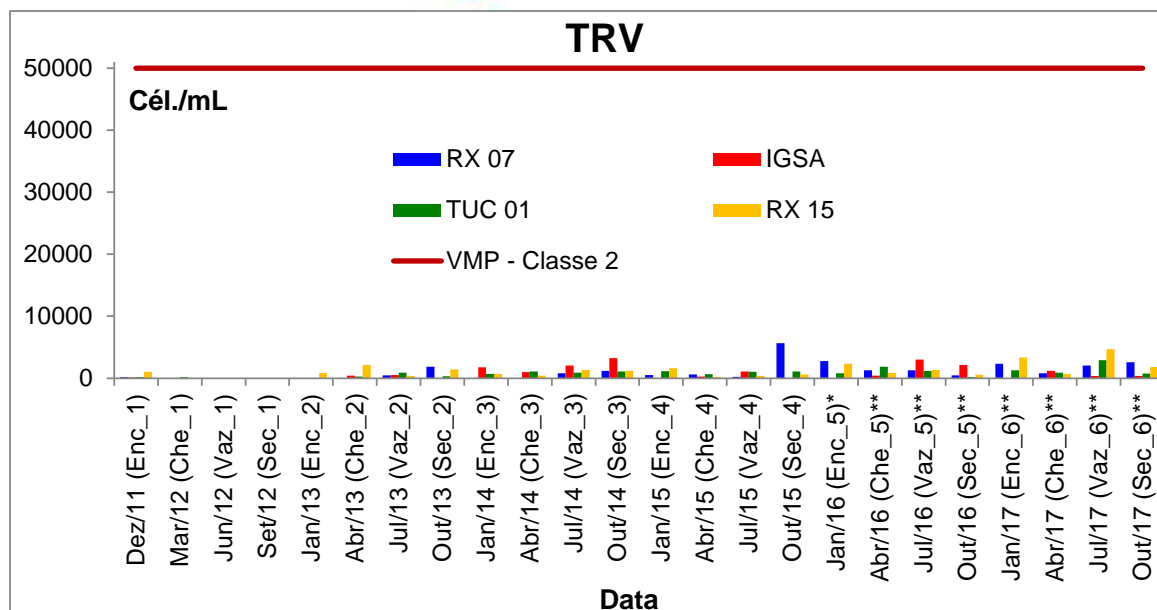


Figura 11.4.1 - 63 – Densidade de cianobactérias (células/mL) nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação. VMP – CLASSE 2: limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

Como apresentado acima e no **Anexo 11.4.1 - 8**, os resultados indicam elevada variação da comunidade fitoplanctônica na área de influência da UHE Belo Monte. Independentemente do ano monitorado, a comunidade fitoplanctônica foi composta principalmente por algas da Classe Bacillariophyceae, sendo *Aulacoseira* dominante na enchente do segundo ciclo hidrológico e abundante em todos os períodos monitorados.

Em relação às variações interanuais, identificou-se, em geral, um aumento dos valores de abundância, riqueza e diversidade nas áreas monitoradas no quarto ciclo hidrológico (janeiro e abril de 2015), conforme gráficos apresentados no **Anexo 11.4.1 - 8 (Figura 1)**. É possível que o período com menores precipitações e, conseqüentemente, com vazões mais reduzidas, conforme a representação gráfica apresentada na **Figura 11.4.1 - 1**, tenha favorecido a comunidade fitoplanctônica na área monitorada. Os menores valores de abundância fitoplanctônica observados durante o 6º ciclo hidrológico são resultantes das condições desfavoráveis promovidas pela elevada precipitação nos períodos de enchente e seca, bem como à provável atividade herbívora do zooplâncton no RX e no RI, que também refletiram a jusante desses sistemas.

Quanto à importância relativa das cianobactérias, densidades elevadas foram verificadas apenas no RI e nos igarapés interceptados pelos Diques (IID-RI) na campanha de abril de 2017, atribuída a fatores ambientais favoráveis ao seu crescimento, tais como maior estabilidade da coluna de água e maior incidência de radiação solar, além da sua capacidade em fixar nitrogênio (N₂), os quais, nessas condições, as tornam mais adaptadas em relação às algas pertencentes a outras classes fitoplanctônicas. Apesar de o mês de abril de 2017 contemplar o período de cheia, caracterizado pela elevada precipitação que intensifica o aporte de nutrientes para os corpos de água, a ocorrência

de *Anabaena* em abril de 2017 não está aparentemente relacionada à eutrofização do RI, haja vista que a concentração de fósforo total nesse período não esteve tão elevada, exceto no ponto CN 08. Portanto, é possível que a ocorrência de *Anabaena* no RI esteja relacionada às suas características adaptativas intrínsecas, por serem formas oportunistas que apresentam rápido crescimento em um curto espaço de tempo em condições favoráveis. Já as densidades elevadas de cianobactérias nos IID-RI, porém abaixo do limite estabelecido pela legislação, estão associadas à influência das águas ricas em cianobactérias do RI vertidas para esses igarapés. Apesar da ocorrência de elevadas densidades de cianobactérias no RI em abril de 2017, tal fato não foi verificado na área do TRV no mesmo período, sendo que nas campanhas subsequentes de julho e outubro de 2017 as densidades sempre se mantiveram abaixo do limite estabelecido pela legislação, na mesma ordem de grandeza observada durante o 5º ciclo hidrológico.

Quanto às ocorrências de cianobactérias no RI, houve intensificação no monitoramento visual, principalmente quanto à proliferação, proximidade com a tomada de água e preparação para ações emergenciais, caso fosse notada interferência com a biota aquática, tais como: colocação de aeradores e coleta manual com filtros específicos.

Medidas preventivas serão adotadas pela Norte Energia, caso ocorra infestação crítica de cianobactérias, no sentido de se evitar impactos na saúde de usuários das águas do RI, mesmo que sejam de pequena monta, bem como, em caso de infestação nos igarapés que foram interceptados pelos diques, os quais recebem água diretamente do RI. Vale ressaltar que no RI não há previsão de ocupações ribeirinhas, bem como, não é previsto ponto de captação de água para consumo humano. As medidas preventivas que podem ser adotadas incluem: interrupção de atividades, mesmo que não autorizadas (mas que sejam detectadas), tais como pesca, banho, e até dessedentação de animais, entre outras, até que as densidades de cianobactérias voltem aos níveis normais estabelecidos pela legislação. No entanto, essas ações não foram necessárias, pois ao final do período chuvoso as ocorrências diminuíram sensivelmente. Então a única ocorrência se refere a abril de 2017, quando o monitoramento visual passou a ser bastante intensificado.

11.4.1.2.1.5.3 EPILÍTON

Seis campanhas de campo foram realizadas, no período de seca, visando a caracterização dos organismos do epilíton existentes nas áreas trimestralmente monitoradas no contexto do PBA da UHE Belo Monte.

Na campanha de seca do primeiro ciclo hidrológico (setembro de 2012), observou-se habitats que caracterizavam a colonização e residência de comunidade somente nos seguintes trechos e pontos: área do Reservatório do Xingu (RX): pontos RX 01, ALT 02 e RX 25; área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR): pontos FAZENDA, RX 04, RX 20, RX 06, BAC 03 e RX 21; área do Reservatório Intermediário (RI): pontos IGPAQ e IGTIC; área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV): ponto IGSA.

Na campanha de seca do segundo ciclo hidrológico (outubro de 2013) houve uma menor quantidade de habitats colonizados por organismos epilíticos, sendo coletados organismos nos seguintes trechos: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 18, RX 01 e RX 25; e TVR/VG: pontos RX04, RX20 e RX21.

Já na campanha do terceiro ciclo hidrológico (outubro de 2014) foram coletadas amostras em um maior número de pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 01, RX 25, RX 03, Pimental e IGLH; TVR/VG: pontos RESSACA, FAZENDA, RX 04, RX 20 e RX 05; e na área do rio Bacajá: ponto BAC 03.

Na campanha do quarto ciclo hidrológico (outubro de 2015) foram coletadas amostras em 11 pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: pontos RX 01, RX 25 e IGLH; TVR: pontos RX 23, FAZENDA, RX 04, RX 20 e RX 05 e RX 21; e na área do rio Bacajá: ponto BAC 03.

Na campanha do quinto ciclo hidrológico (outubro de 2016), foram coletadas amostras em 10 pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: ponto RX 01; TVR: pontos RX 23, FAZENDA, RX 06, RX 20, RX 21 e RX 17; BACAJÁ: ponto BAC 03; TRV: ponto IGSA/SEBM.

Por fim, na campanha do sexto ciclo hidrológico (outubro de 2017), foram coletadas amostras também em 10 pontos, a citar: MRX: ponto RX 19; RX: ponto RX 01; TVR: pontos RX 23, FAZENDA, RX 04, RX 05, RX 20, RX 21 e RX 17; BACAJÁ: ponto BAC 03.

A existência de maior quantidade de pontos com ocorrência significativa de epilíton na área encachoeirada do TVR, levando-se em consideração as seis amostragens realizadas, era esperado, devido à maior quantidade de habitats que favorecem a ecologia dessa comunidade.

Na **Figura 11.4.1 - 64** está apresentado o gráfico de abundância relativa dos táxons de epilíton registrados nas seis (6) campanhas de seca monitoradas. Verifica-se que quase a totalidade dos táxons observados foi composta por organismos fitoplanctônicos, principalmente da classe Bacillariophyceae, representadas por 57 a 83% do total. Organismos da classe Chlorophyceae, também, foram significativos em termos proporcionais, principalmente nas campanhas de seca de 2014, 2015 e de 2016, representados por 18%, 34% e 21% do total, respectivamente, bem como os da classe Zygnematophyceae, representados por 8% do total nas campanhas de seca de 2012 e 2017, respectivamente, e da classe Cyanophyceae, representada por 9% do total na seca de 2016. Já os demais táxons foram representados por menos de 5% do total de organismos.

A dominância de diatomáceas (Bacillariophyceae) nas seis campanhas de seca pode ser decorrente de o grupo ser considerado como um colonizador rápido e eficiente, possuindo condições de ocupar os substratos em um curto espaço de tempo.

A lista de organismos observados nas cinco campanhas de seca está apresentada no **Anexo 11.4.1 - 9**.

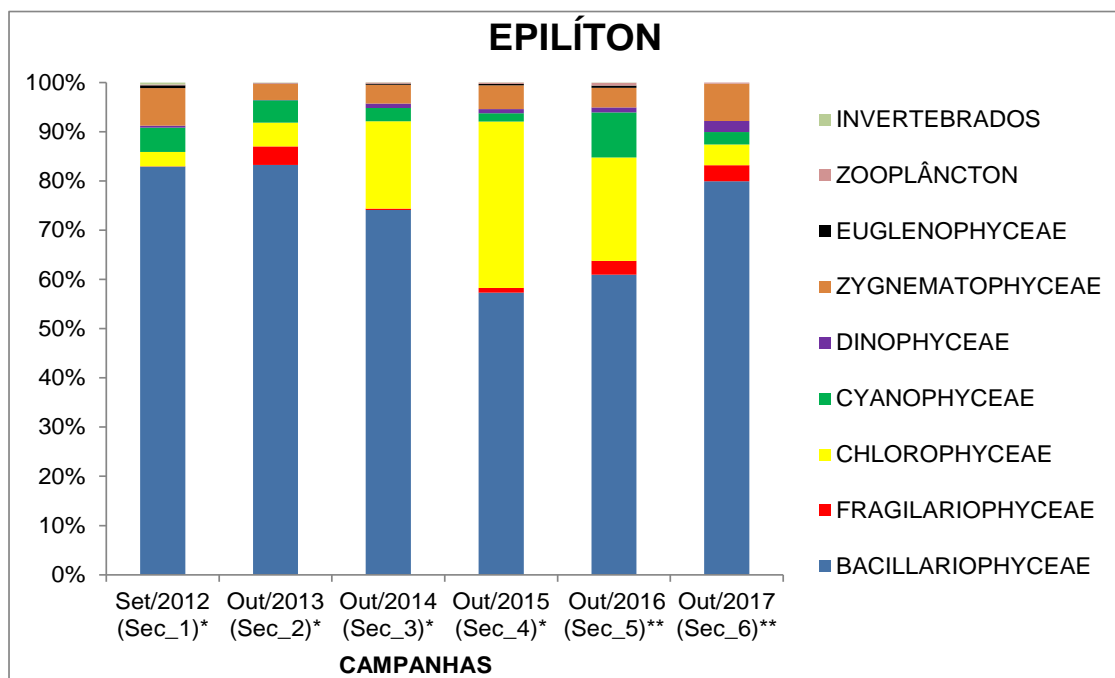


Figura 11.4.1 - 64 – Abundância relativa (%) dos táxons de epilítton registradas nas áreas de monitoramento (campanhas de seca de 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017). *: fase de pré-enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.4 COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA

O detalhamento dos diferentes táxons da comunidade zooplanctônica referente às campanhas dos seis ciclos hidrológicos completos, entre dezembro de 2011 a outubro de 2017, é apresentado no **Anexo 11.4.1 – 8/2017**, referente aos resultados da biota aquática.

11.4.1.2.1.5.4.1 RIQUEZA TOTAL

A oscilação sazonal e espacial da riqueza de espécies do zooplâncton do monitoramento limnológico trimestral nas diferentes áreas de monitoramento nos seis ciclos hidrológicos completos, entre dezembro de 2011 e outubro de 2017, é apresentada nas **Figuras 11.4.1 - 65 a 11.4.1 - 71**. De uma forma geral, os valores de riqueza total foram semelhantes entre os diferentes períodos de cada ciclo hidrológico. Exceções foram observadas nas campanhas de enchente e cheia do 6º ciclo hidrológico em todas as áreas monitoradas, nas quais os valores da riqueza total estiveram bem inferiores aos valores dos demais períodos, possivelmente influenciados pela elevada precipitação que ocorreu nesses períodos, a qual resultou em maiores vazões dos cursos de água e, conseqüentemente, em águas mais turbulentas e turvas, condições essas desfavoráveis ao desenvolvimento da maioria das espécies de zooplâncton.

Menores valores de riqueza total foram também observados, em geral, nos igarapés em relação aos pontos localizados no rio Xingu, tais como nos igarapés de Altamira, na área do RX, e no igarapé Santo Antônio (ponto IGSA/SEBM), na área do TRV, muito possivelmente em função das condições menos favoráveis ao zooplâncton nesses menores cursos de água, como, por exemplo, elevada turbidez e turbulência da água e, no caso dos herbívoros, menor disponibilidade de fitoplâncton.

Já nos pontos monitorados no RI durante os 5º e 6º ciclos hidrológicos (**Figura 11.4.1 - 69**), os valores de riqueza total foram, em geral, semelhantes, os quais caracterizam homogeneidade entre as diferentes porções do RI.

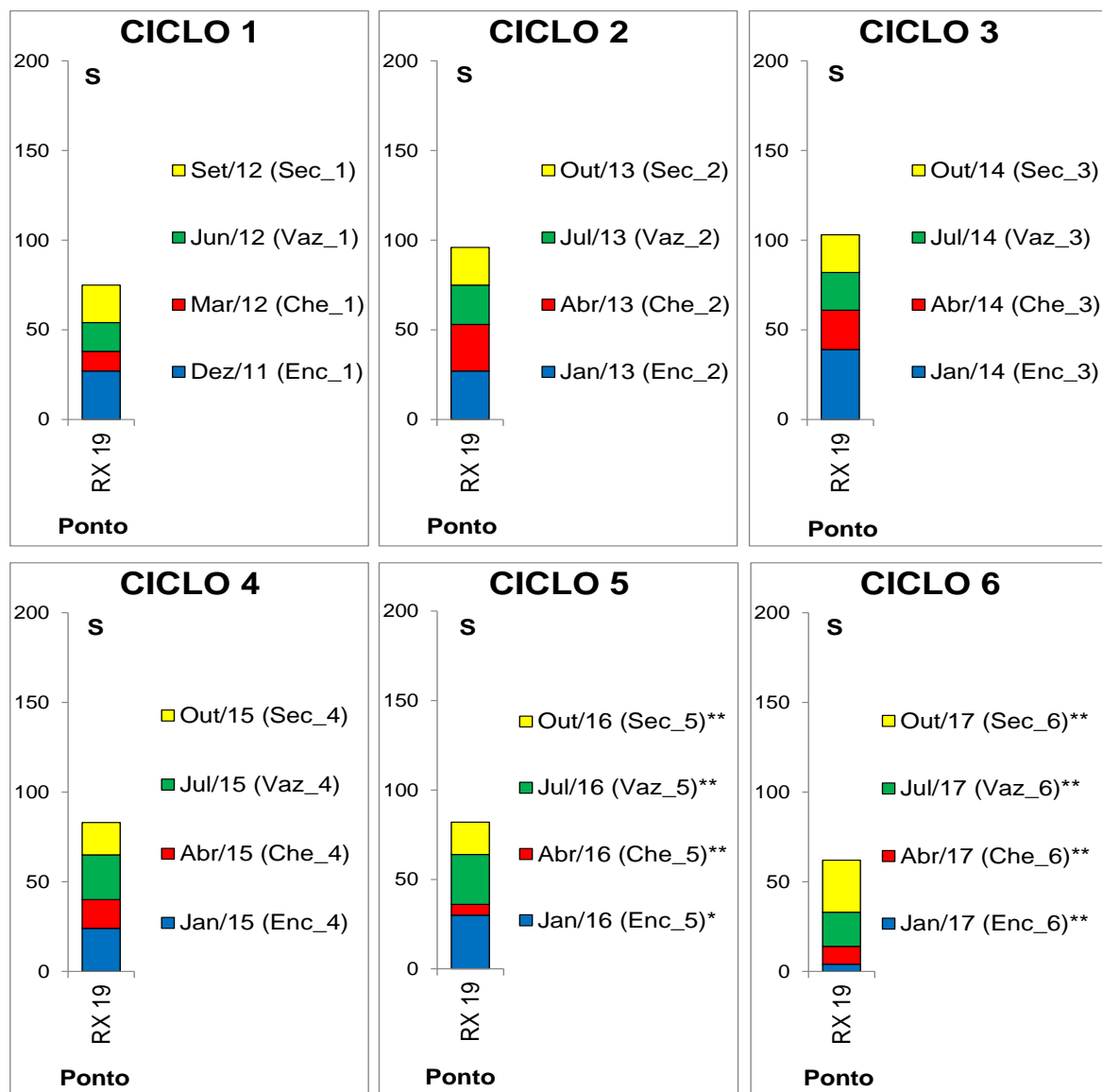


Figura 11.4.1 - 65 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

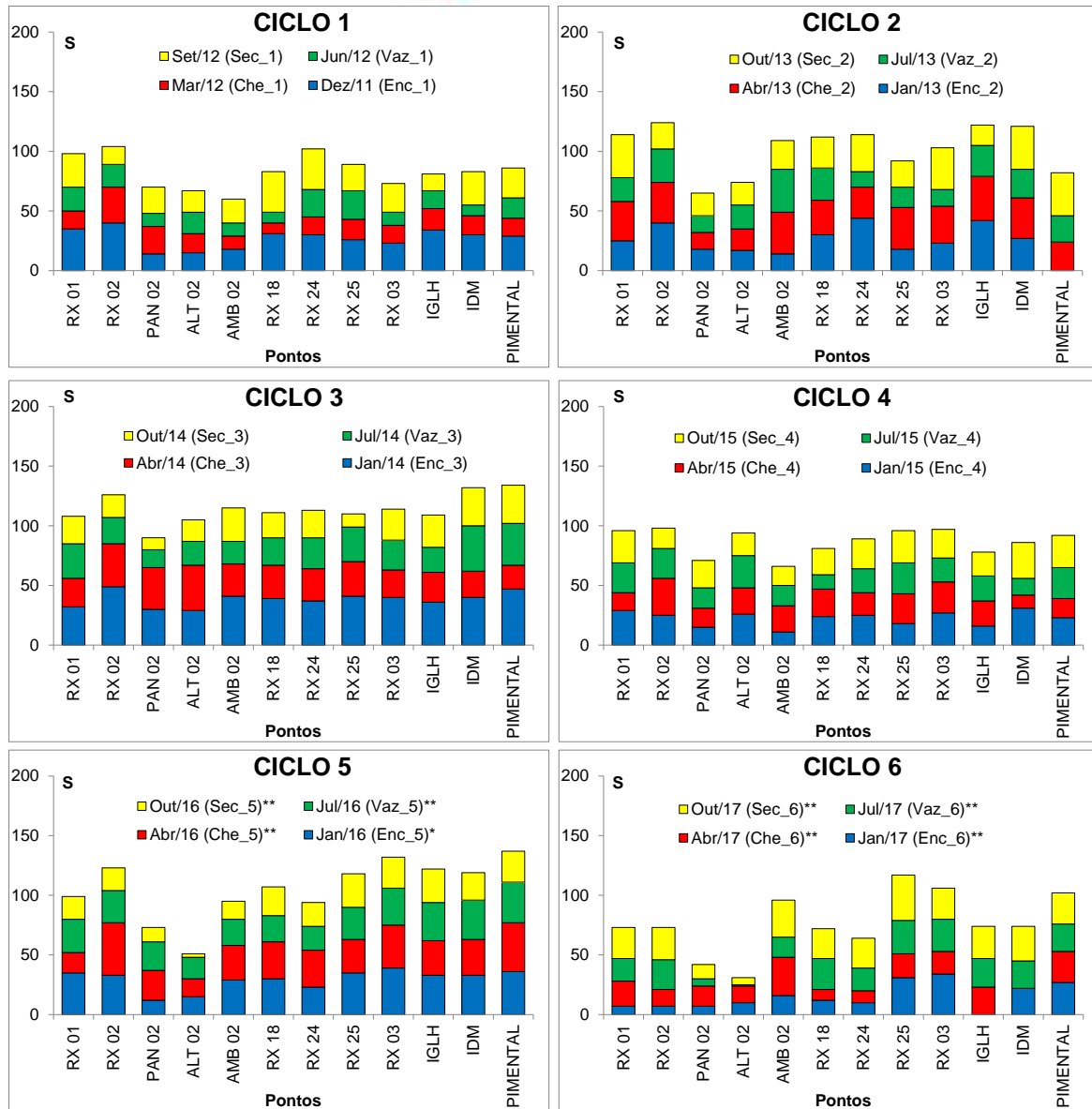


Figura 11.4.1 - 66 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados na Área do Reservatório Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017.*: fase de enchimento; **: fase de operação.

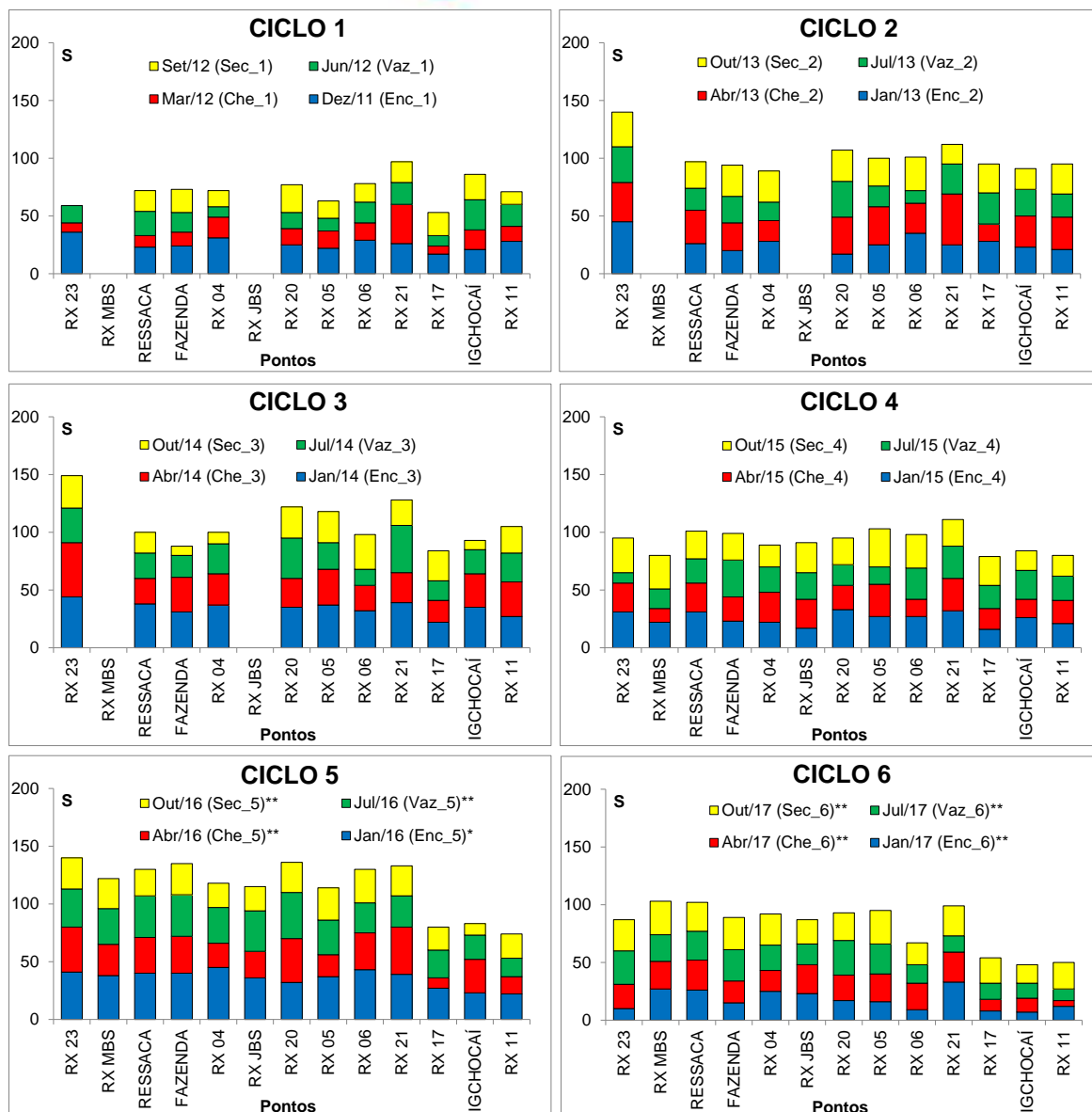


Figura 11.4.1 - 67 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada no ponto localizado na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

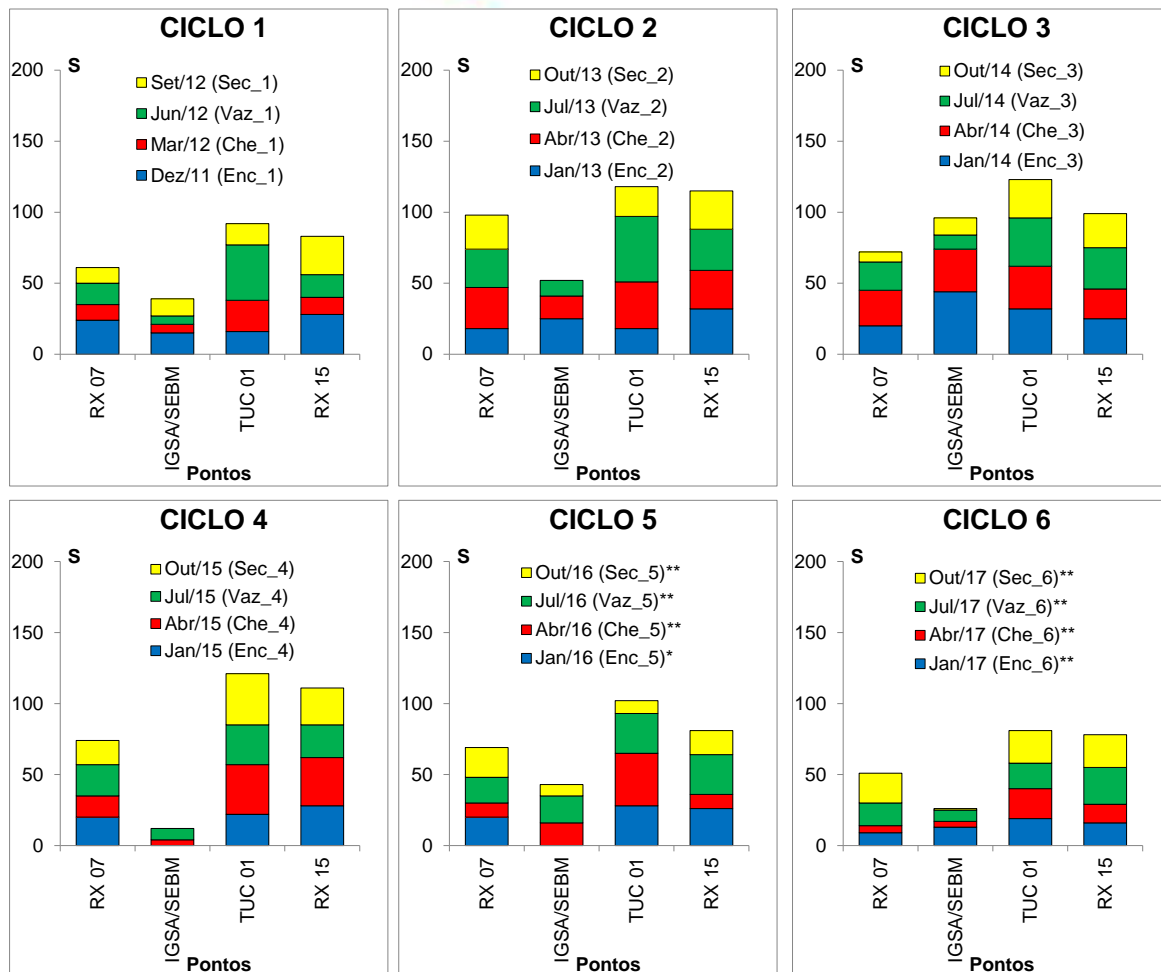


Figura 11.4.1 - 68 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

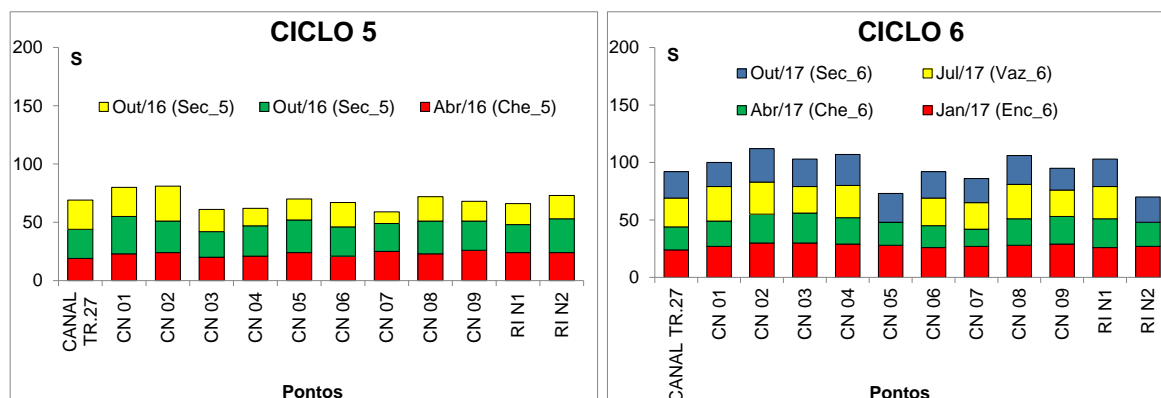


Figura 11.4.1 - 69 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário (RI) durante o 5º e 6º ciclos hidrológicos na fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

Também nos pontos localizados nos igarapés interceptados pelos Diques, os valores de riqueza total de organismos zooplanctônicos foram menores nas campanhas de

enchente e cheia do 6º ciclo hidrológico (**Figura 11.4.1 - 65**), atribuídos à influência negativa da elevada precipitação que ocorreu nesses períodos.

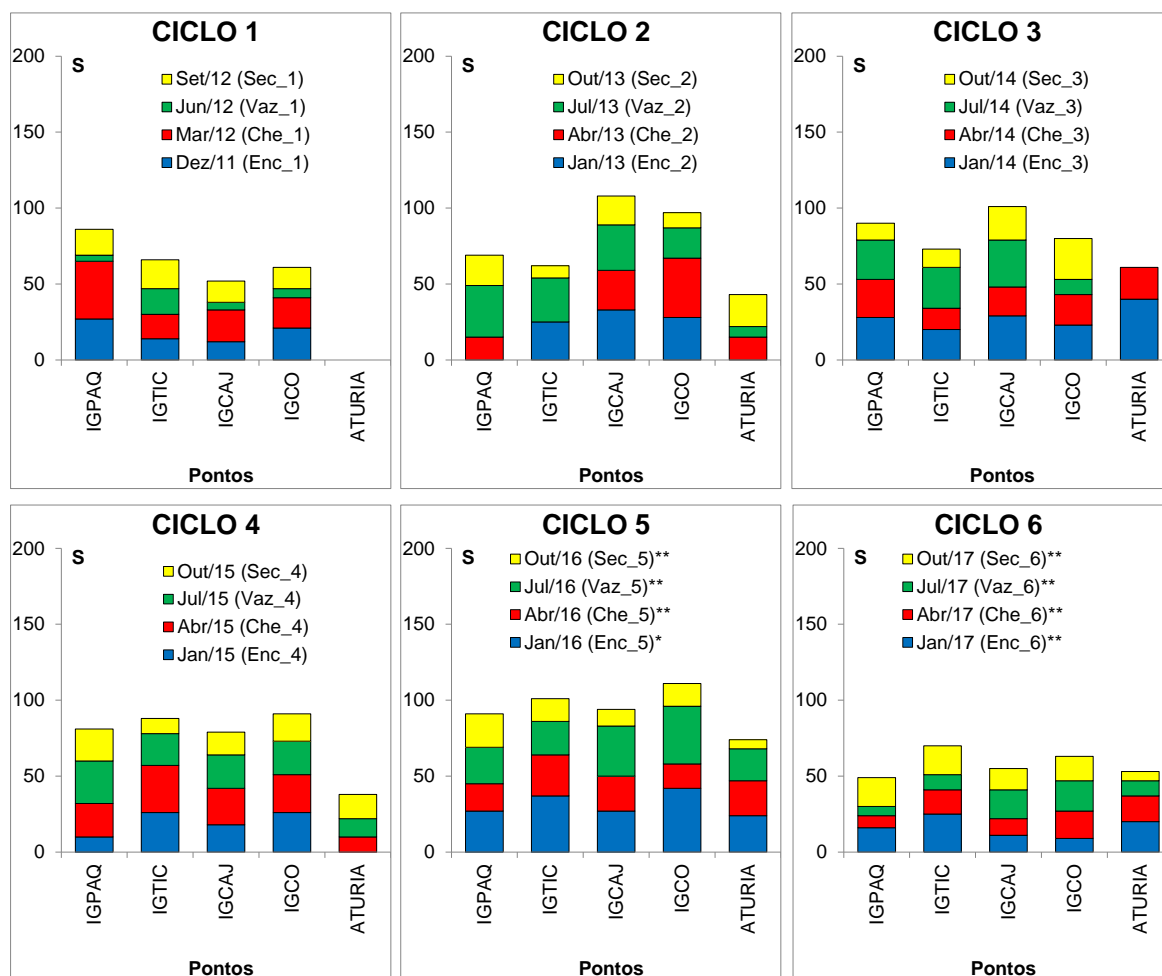


Figura 11.4.1 - 70 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 * : fase de enchimento; **: fase de operação.

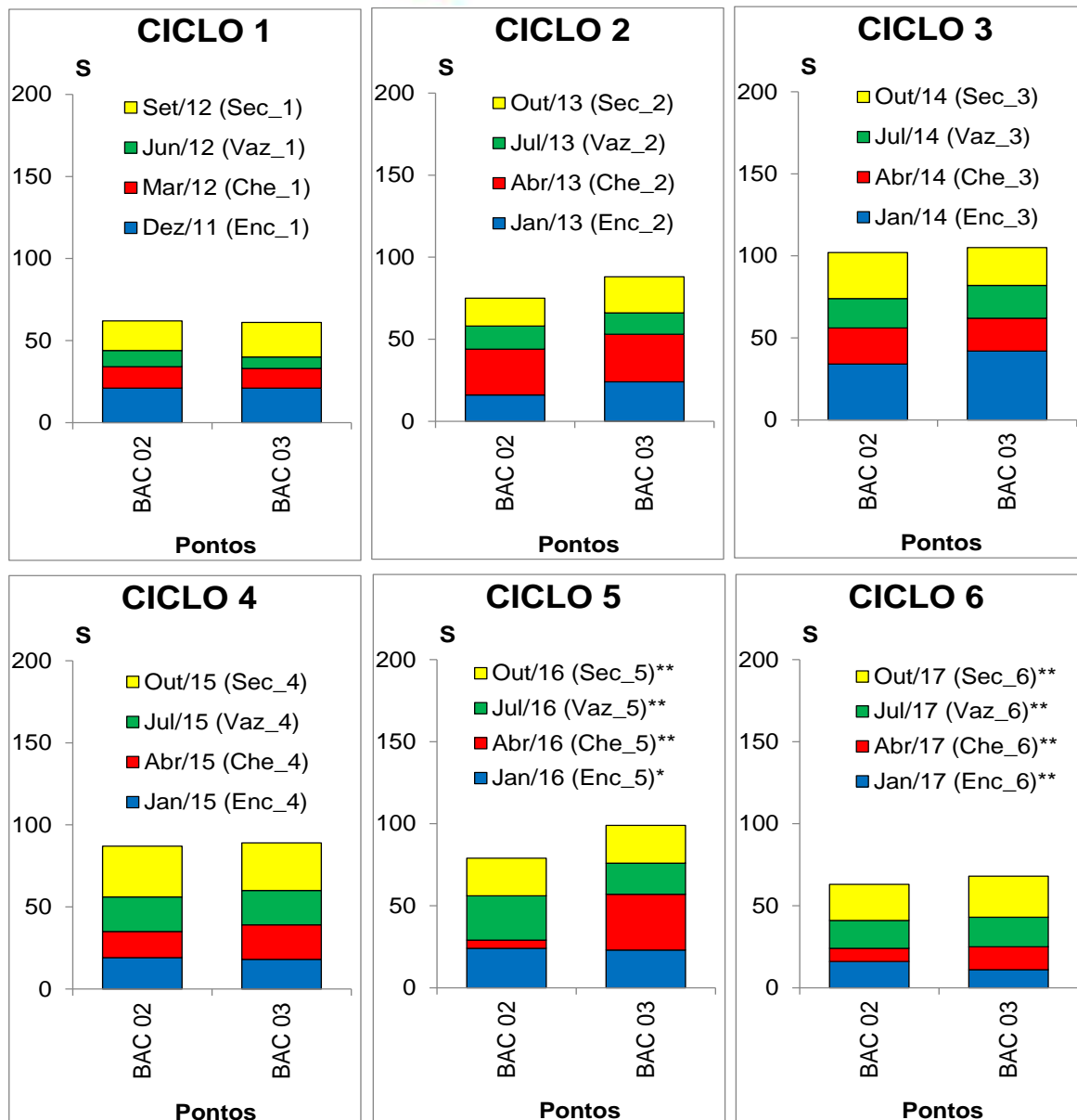


Figura 11.4.1 - 71 – Riqueza total (S) do zooplâncton (espécies) acumulada nos pontos no Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.4.2 ABUNDÂNCIA TOTAL

Em relação à composição dos grupos nas diferentes áreas de monitoramento, apresentada conjuntamente para cada ciclo hidrológico de enchente e cheia nas **Figuras 11.4.1 - 72 a 11.4.1 - 74**, a comunidade zooplanctônica variou entre as campanhas realizadas. Os rotíferos, em geral, foram mais dominantes nos períodos de enchente, sendo que os protozoários e os copépodos foram mais abundantes nos períodos de cheia. Exceções foram observadas nos pontos localizados nas áreas de MRX e do rio Bacajá, nos quais os protozoários foram também dominantes no período de enchente na maioria dos ciclos hidrológicos. A ocorrência de protozoários está associada a ambientes

de água turbulenta, razão pela qual esse táxon ocorreu em maior proporção nos locais como a área de MRX e o rio Bacajá, bem como nos períodos de cheia, também com águas mais turbulentas devido à maior vazão. No RI, os rotíferos e os copépodos foram os grupos dominantes durante os períodos de enchente e cheia, os quais são organismos mais adaptados a ambientes lânticos.

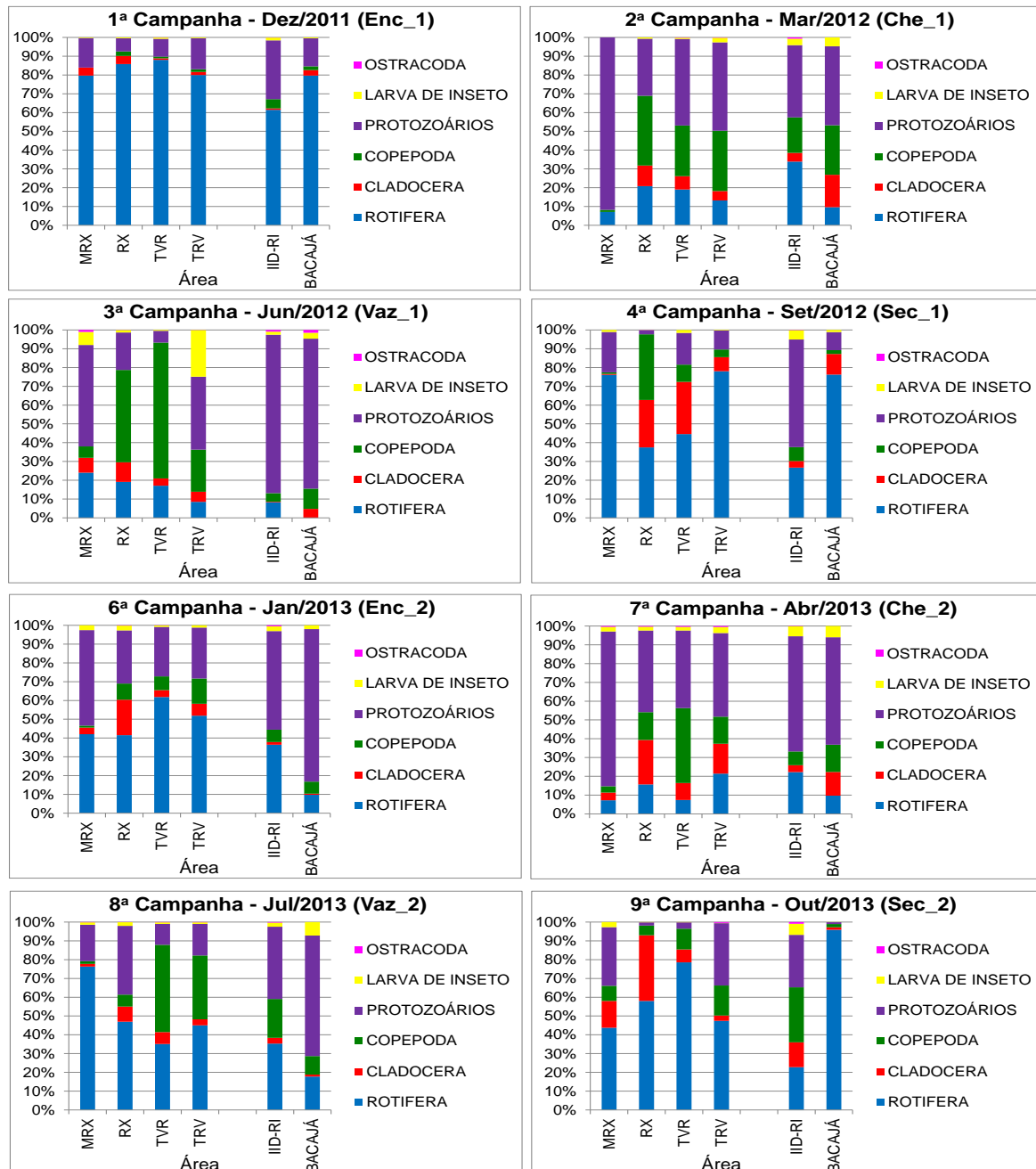


Figura 11.4.1 - 72 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 1º e 2º ciclos hidrológicos completos (dezembro de 2011 a outubro de 2013), durante a fase de pré-enchimento.

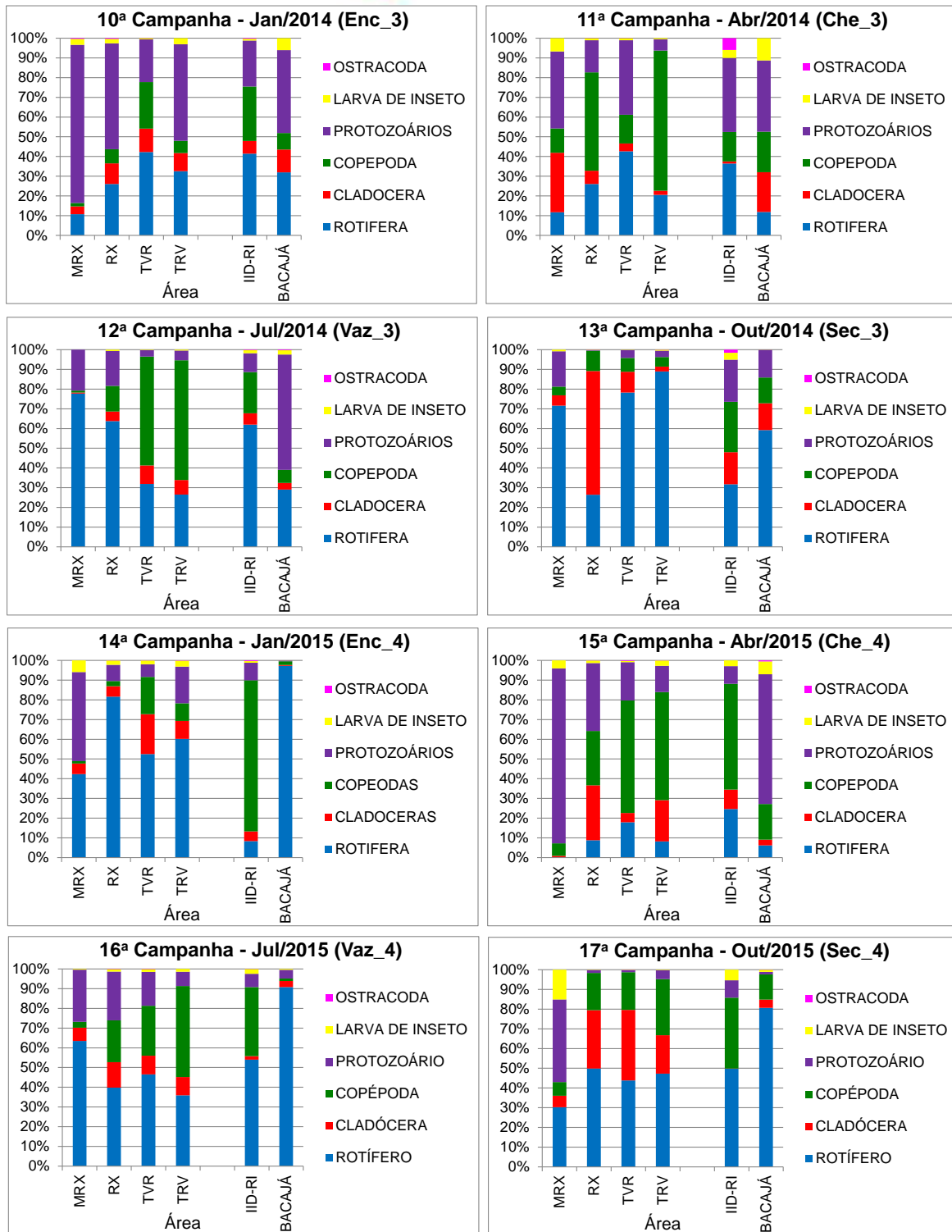


Figura 11.4.1 - 73 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 3º e 4º ciclos hidrológicos completos (janeiro de 2014 a outubro de 2015). *: fase de enchimento; **: fase de operação.

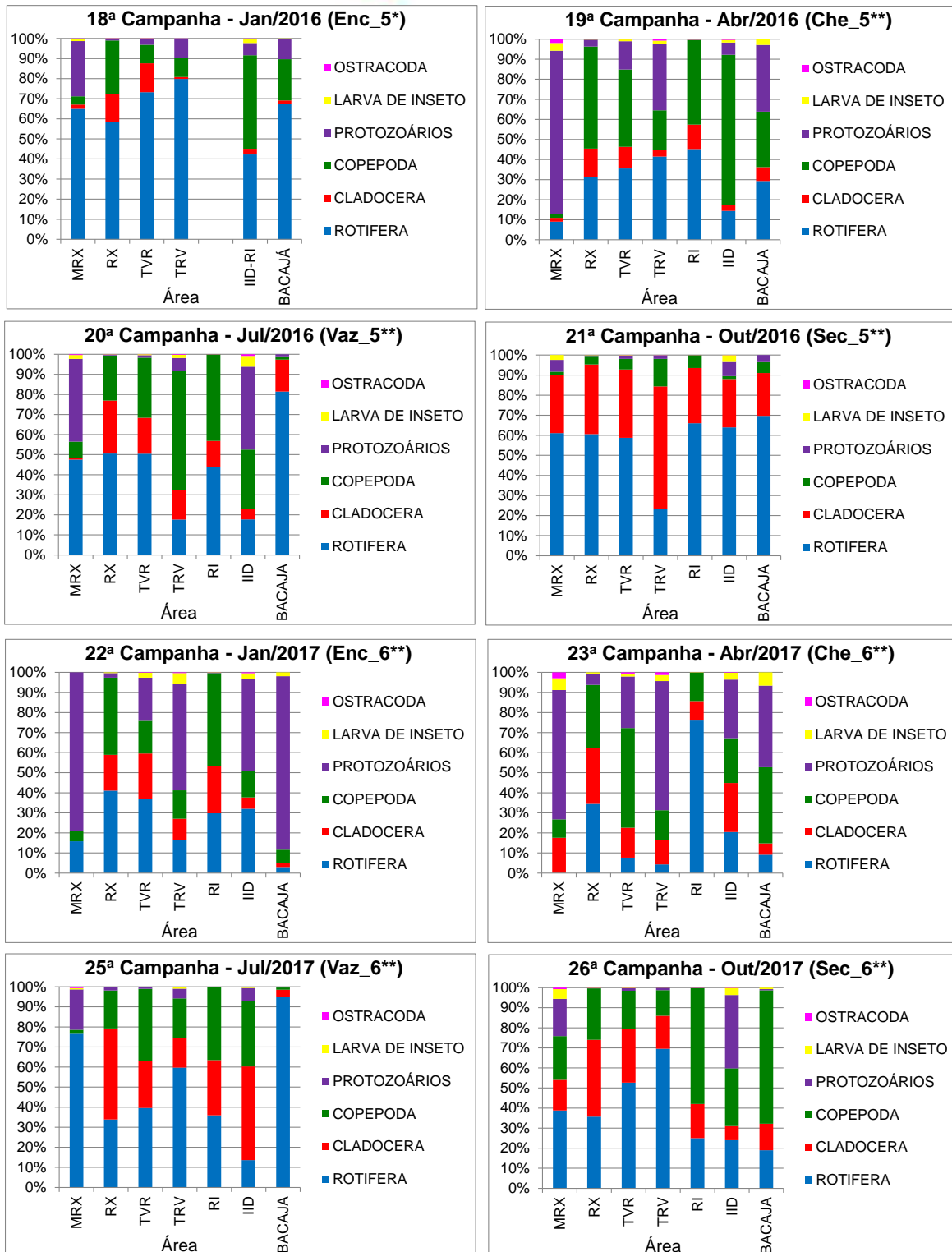


Figura 11.4.1 - 74 – Abundâncias relativas totais (%) das Classes de zooplâncton registradas nas áreas a Montante do Reservatório do Xingu (MRX), Reservatório do Xingu (RX), Trecho de Vazão Reduzida (TVR), Rio Bacajá (BACAJÁ), Trecho de Restituição de Vazão (TRV) e Igarapés Interceptados pelos Diques do Reservatório Intermediário (IID-RI) nas campanhas trimestrais do 5º e 6º ciclos hidrológicos completos (janeiro de 2016 a outubro de 2017). *: fase de enchimento; **: fase de operação.

Os gráficos de abundância total de organismos zooplânctônicos nas diferentes áreas de monitoramento estão apresentados nas **Figuras 11.4.1 - 75 a 11.4.1 - 81**. Os valores de abundância foram muito variáveis entre os diferentes ciclos hidrológicos, mas, de uma forma geral, nos períodos com elevada precipitação, tais como nas campanhas de cheia, bem como na campanha de enchente do 6º ciclo hidrológico, os valores foram menores. Valores inferiores foram também observados nos pontos localizados nos igarapés, quando comparados aos valores observados nos pontos localizados no rio Xingu. Tais padrões, semelhantes aos observados para riqueza total, são atribuídos aos fatores negativos ao desenvolvimento do zooplâncton, tais como elevadas turbulência e turbidez da água. Na área do RX (**Figura 11.4.1 - 76**), os elevados valores de abundância observados no 5º e 6º ciclos hidrológicos, conforme já mencionados no item 11.4.1.2.1.5.D.II referente à abundância de fitoplâncton, podem estar relacionados à formação do reservatório, cujo represamento das águas do rio Xingu favoreceu o crescimento dos organismos zooplânctônicos. Tal fato foi refletido na área do TVR no mesmo período (**Figura 11.4.1 - 77**), a jusante do barramento do RX. Porém, verifica-se um gradiente decrescente de abundância de montante (ponto RX 23) para a jusante (ponto RX 11), resultante das condições menos favoráveis ao zooplâncton ao longo do curso do rio Xingu nessa área. Além, disso, a maior abundância de zooplâncton no 6º ciclo hidrológico possivelmente resultou na maior atividade herbívora desses organismos sobre o fitoplâncton, que resultou em uma redução significativa na abundância do fitoplâncton tanto no RX e no RI, como nos demais sistemas localizados a jusante.

Nos pontos localizados no RI, os valores foram, em geral, semelhantes entre os pontos e entre os diferentes períodos monitorados, exceto nos pontos CN 01 e CN 03, nos quais foram verificadas maiores abundâncias no período de cheia, sem causa aparente. Valores elevados de abundância foram também observados no período de cheia do 4º ciclo hidrológico nos pontos IGCAJ e IGCO, localizados nos igarapés interceptados pelos Diques, bem como nos pontos localizados no rio Bacajá, também sem causa evidente.

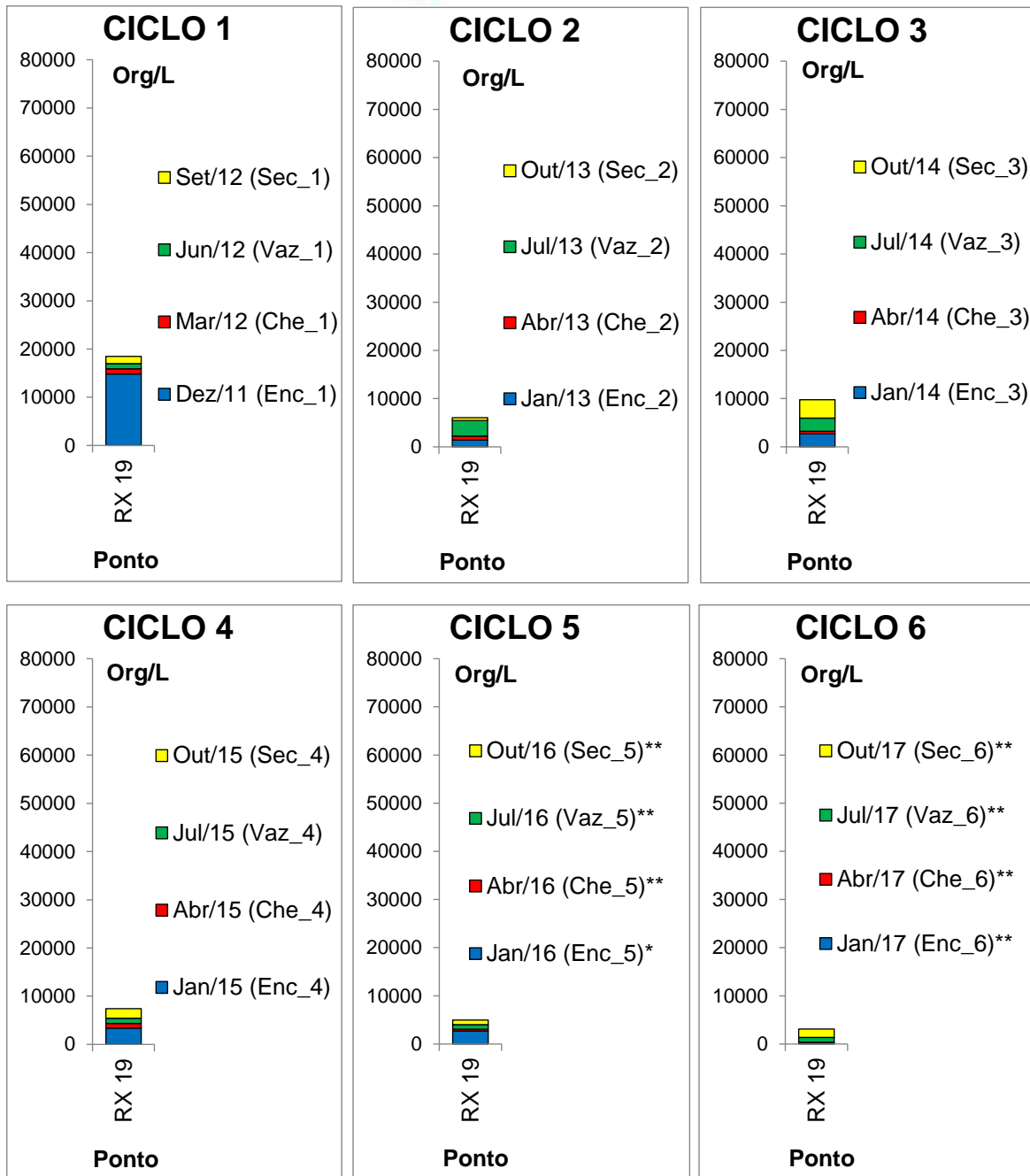


Figura 11.4.1 - 75 – Abundância de organismos zooplanctônicos no ponto RX 19, localizado na Área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.



Figura 11.4.1 - 76 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados na Área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

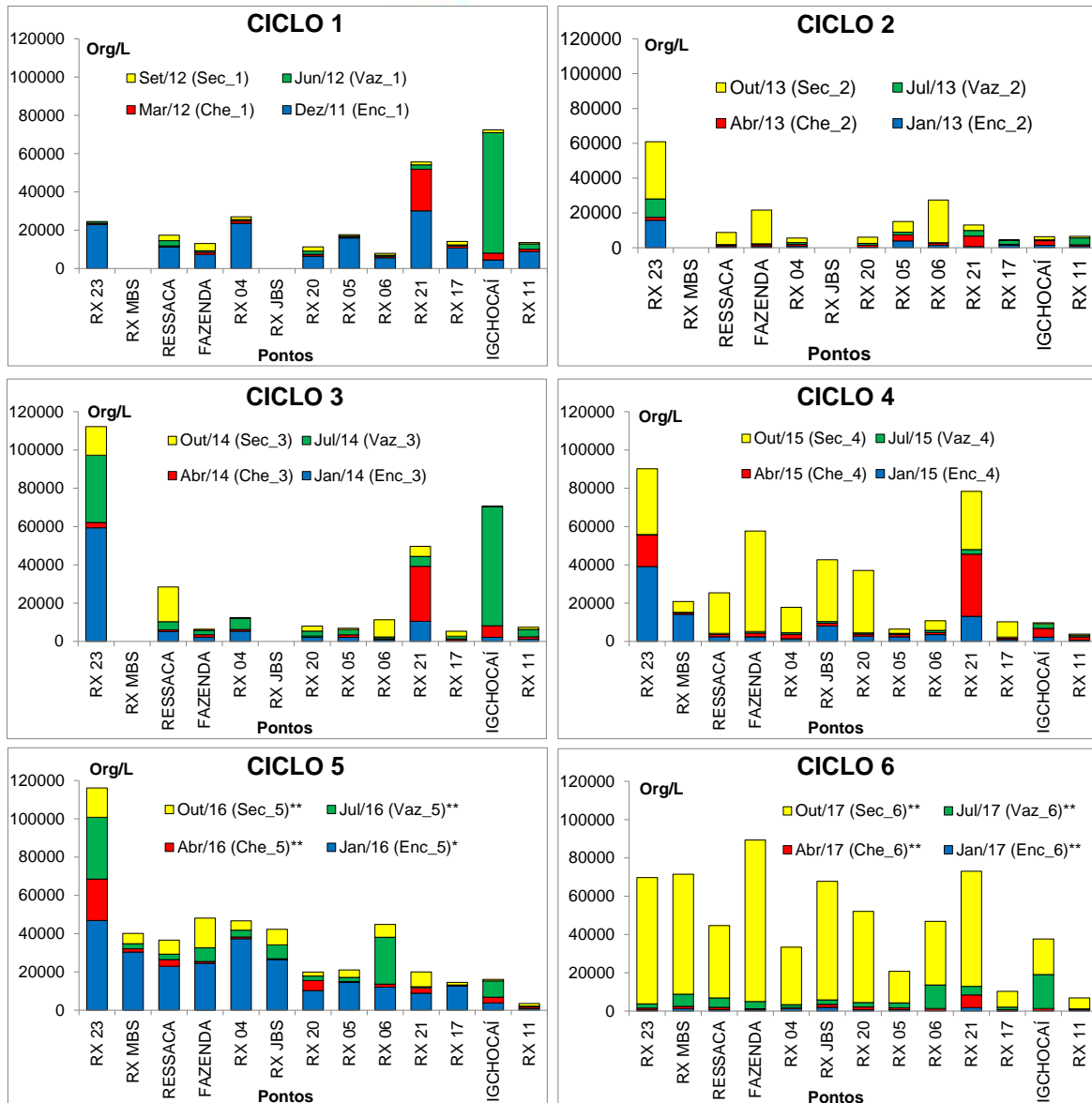


Figura 11.4.1 - 77 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

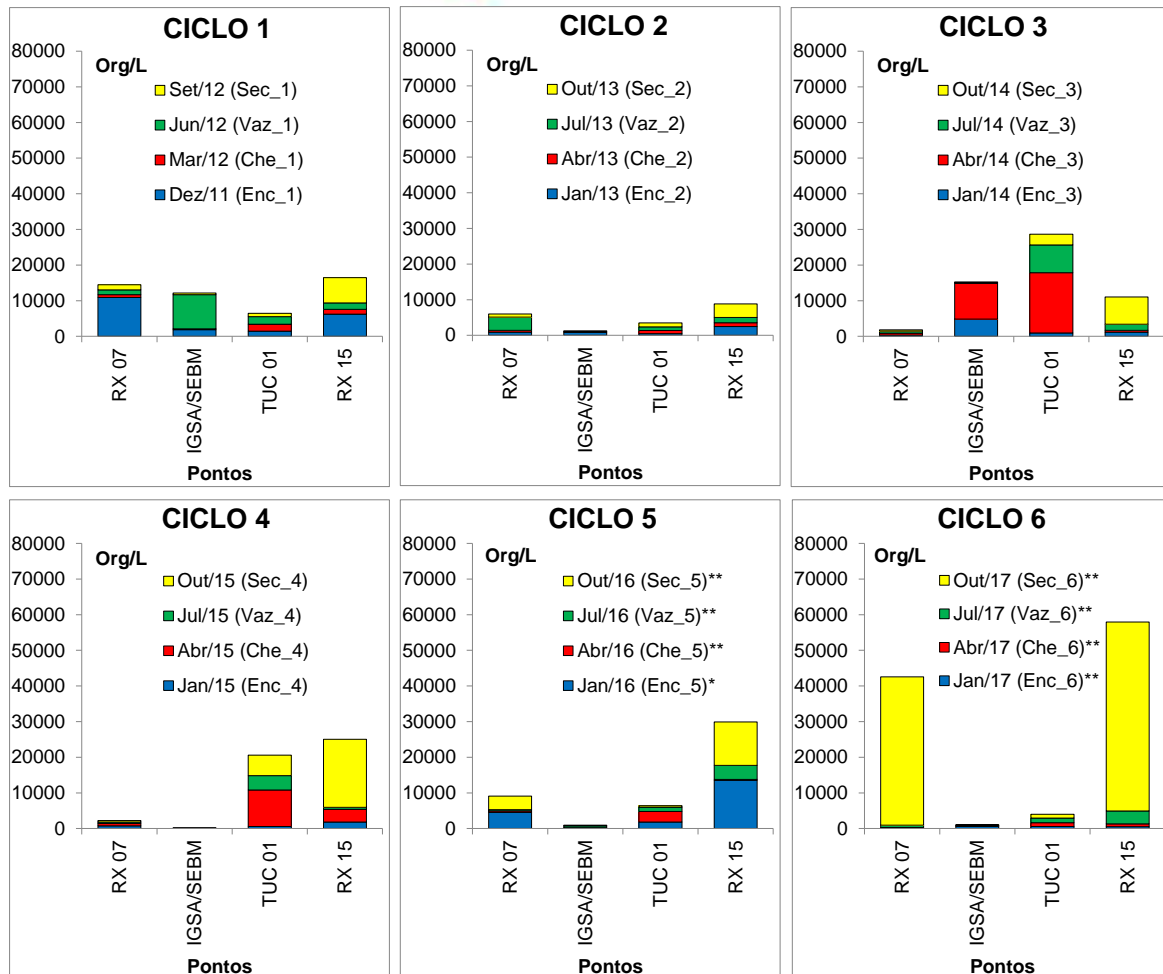


Figura 11.4.1 - 78 – Abundância de organismos zooplanctônicos nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

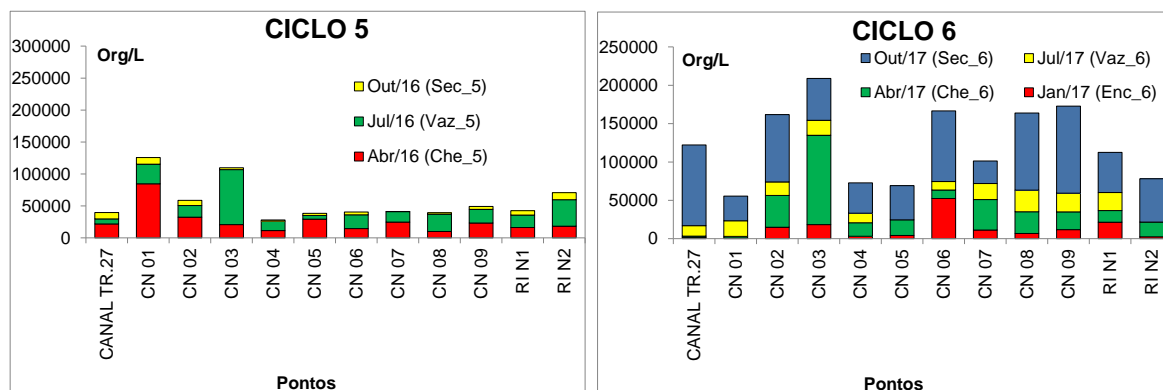


Figura 11.4.1 - 79 – Abundância de organismos zooplanctônicos nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º e 6º ciclos hidrológicos durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

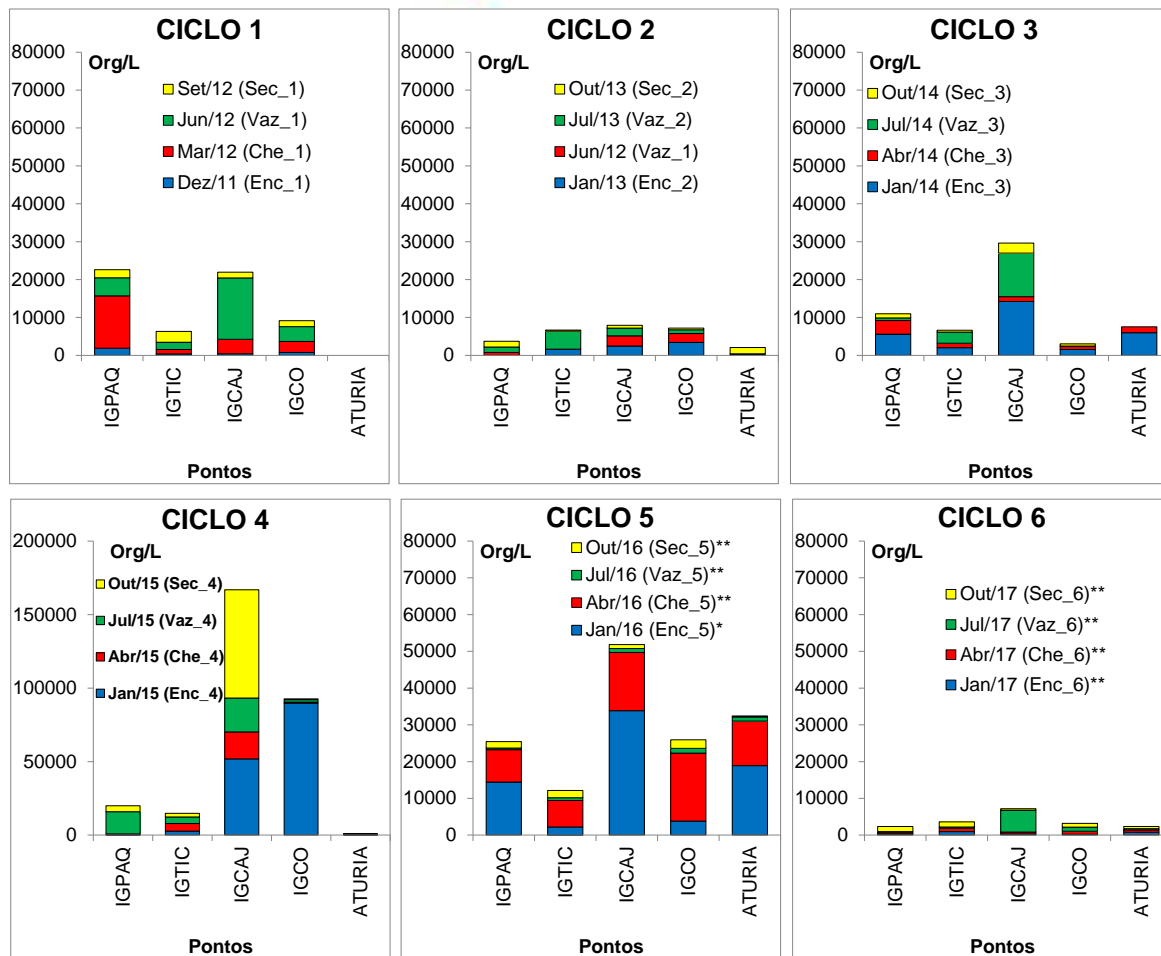


Figura 11.4.1 - 80 – Abundância de organismos zooplânctônicos nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

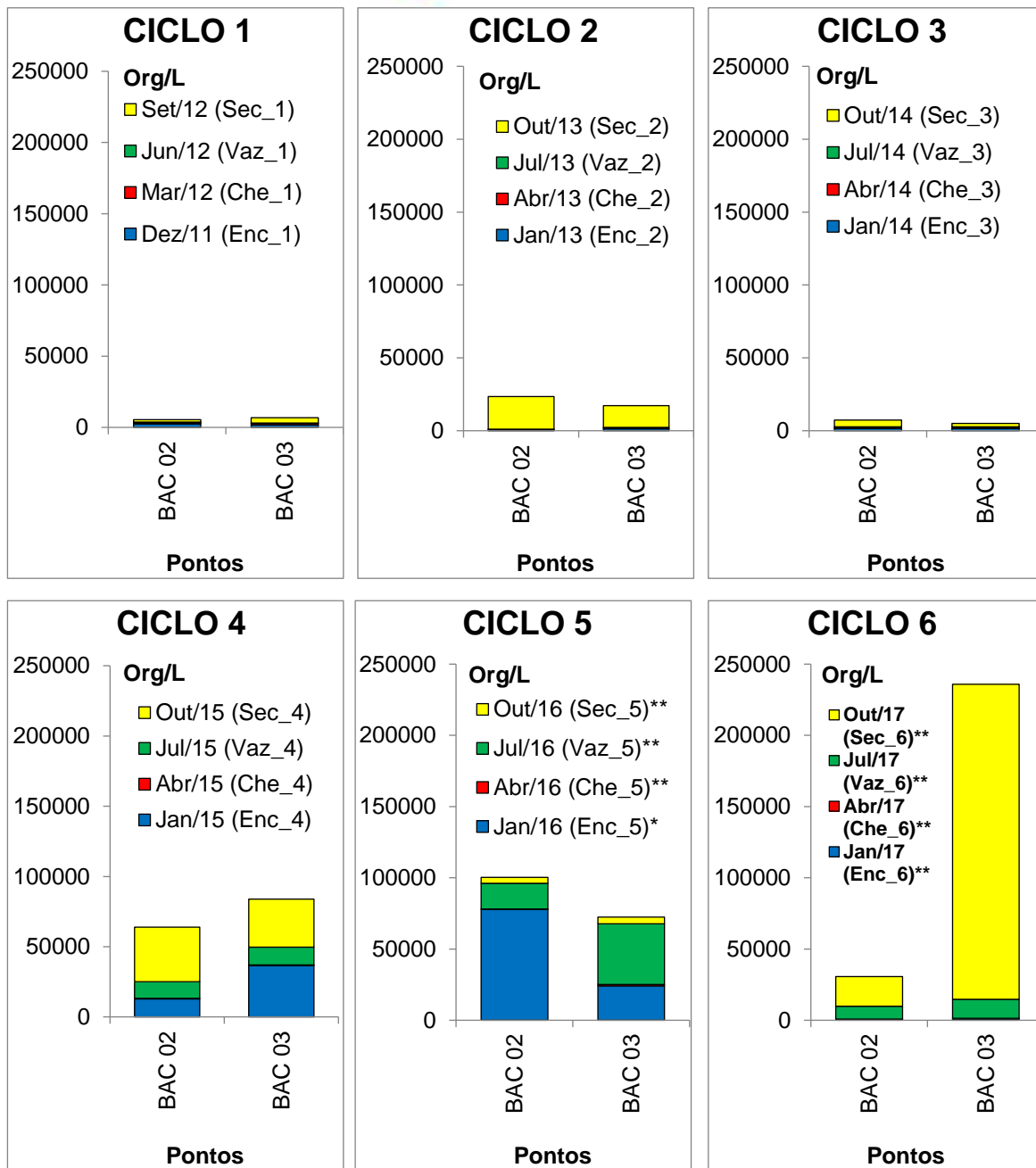


Figura 11.4.1 - 81 – Abundância de organismos zooplanctônicos nos pontos localizados na Área do rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.4.3 DIVERSIDADE

A diversidade específica da comunidade zooplanctônica, estimada pelo índice de Shannon-Wiener, é apresentada para as diferentes áreas de monitoramento nas **Figuras 11.4.1 - 82 a 11.4.1 - 88**. De uma forma geral, não se verificou grandes diferenças entre os diferentes períodos e entre os diversos ciclos hidrológicos em todas as áreas

monitoradas, incluindo os valores observados durante os 5º e 6º ciclos hidrológicos, correspondentes às fases de enchimento e de operação do RX e do RI. Tais resultados demonstram que a formação do RX e do RI não resultou em perda de diversidade do zooplâncton nas áreas de monitoramento.

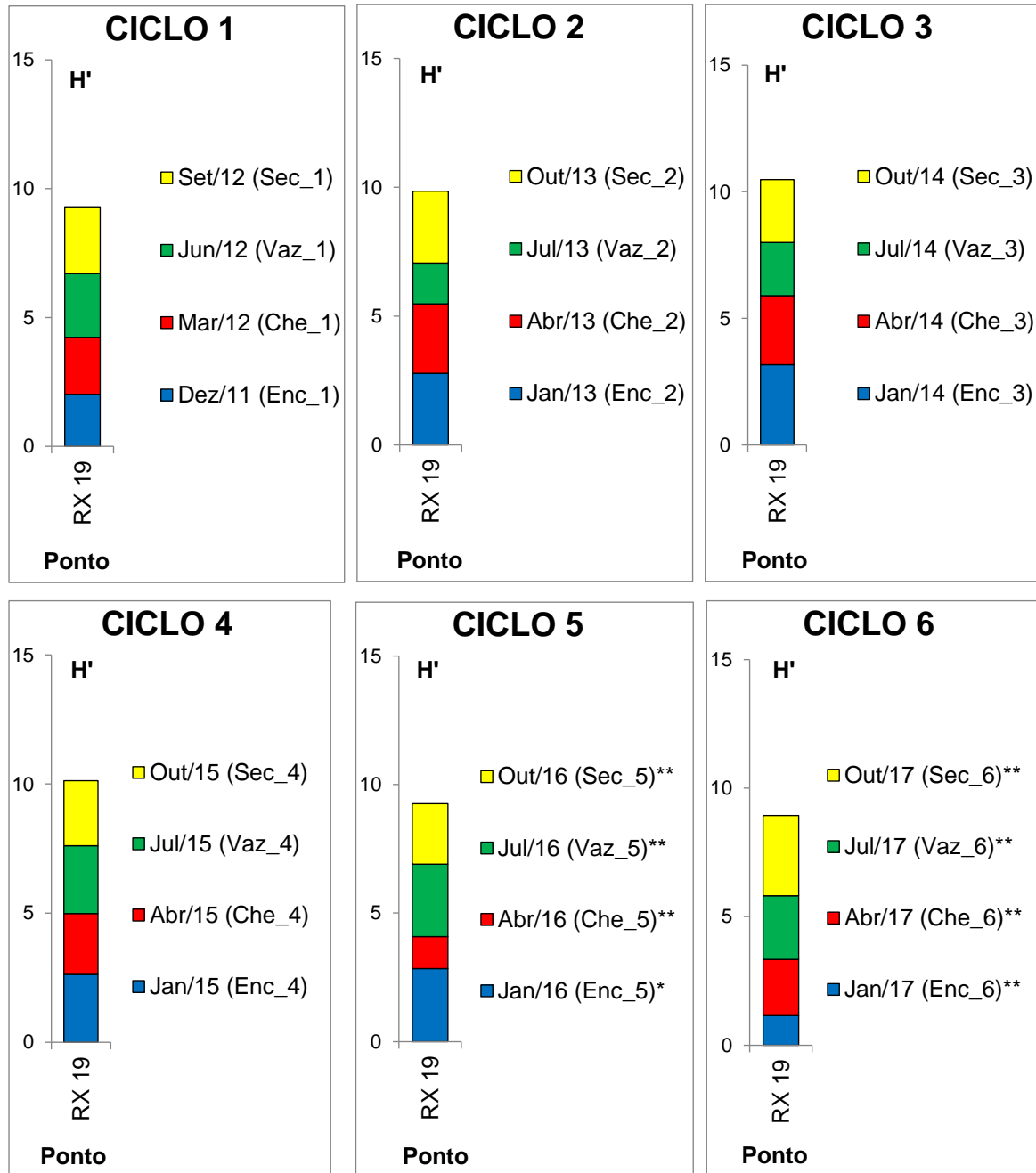


Figura 11.4.1 - 82 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplânctônica acumulada nos pontos localizados na Área a Montante do Reservatório Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

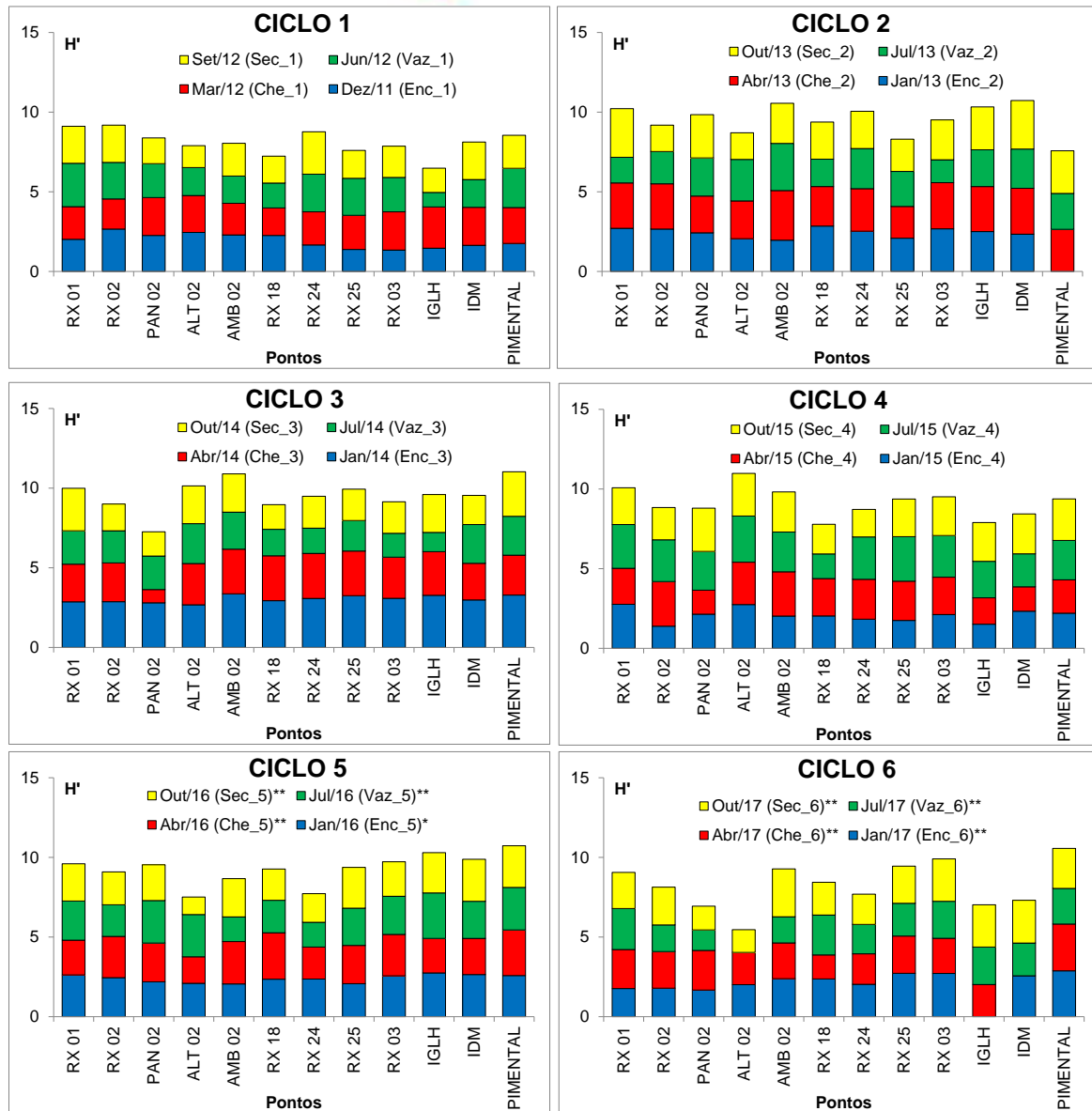


Figura 11.4.1 - 83 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na área do Reservatório Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

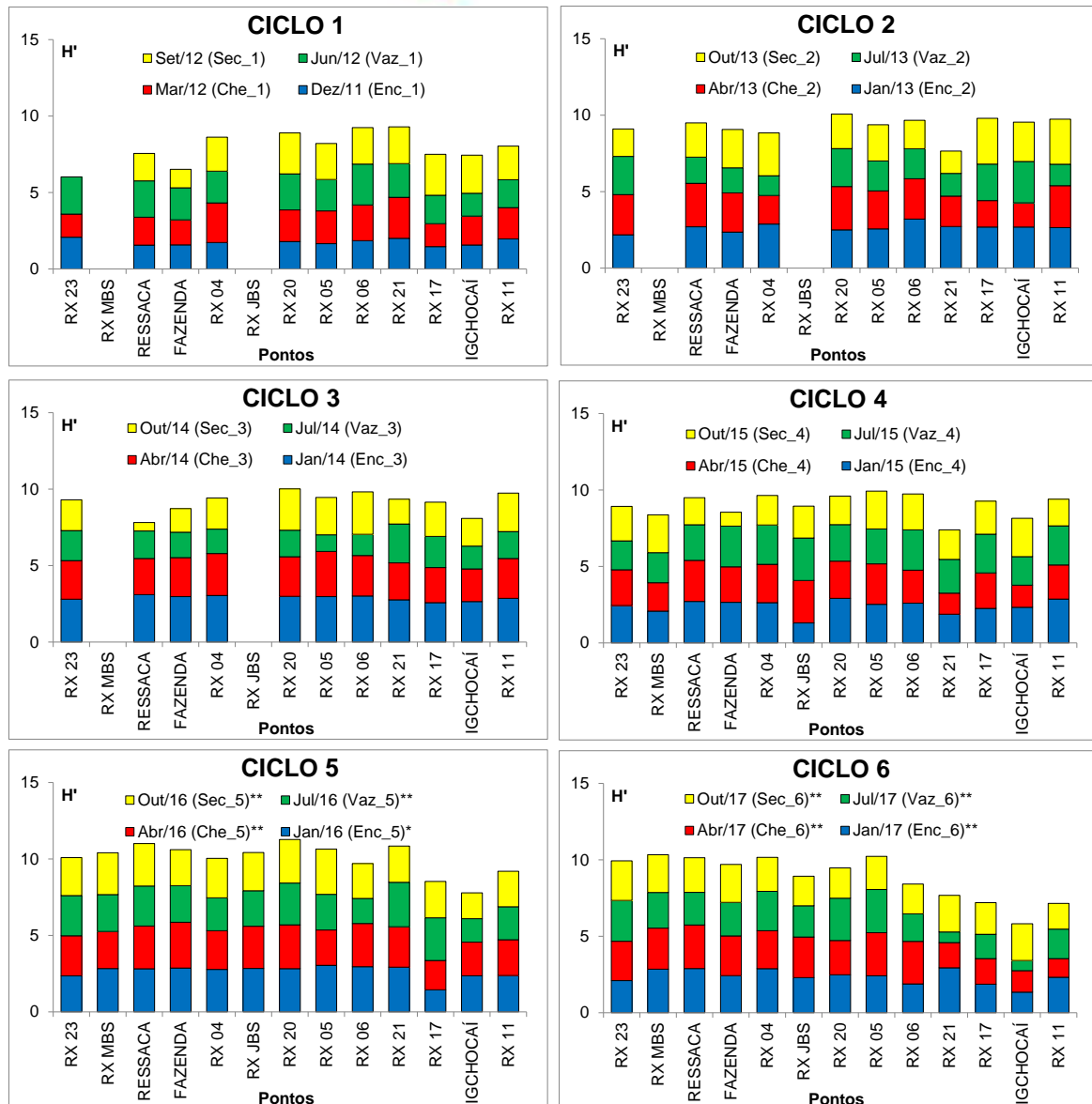


Figura 11.4.1 - 84 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

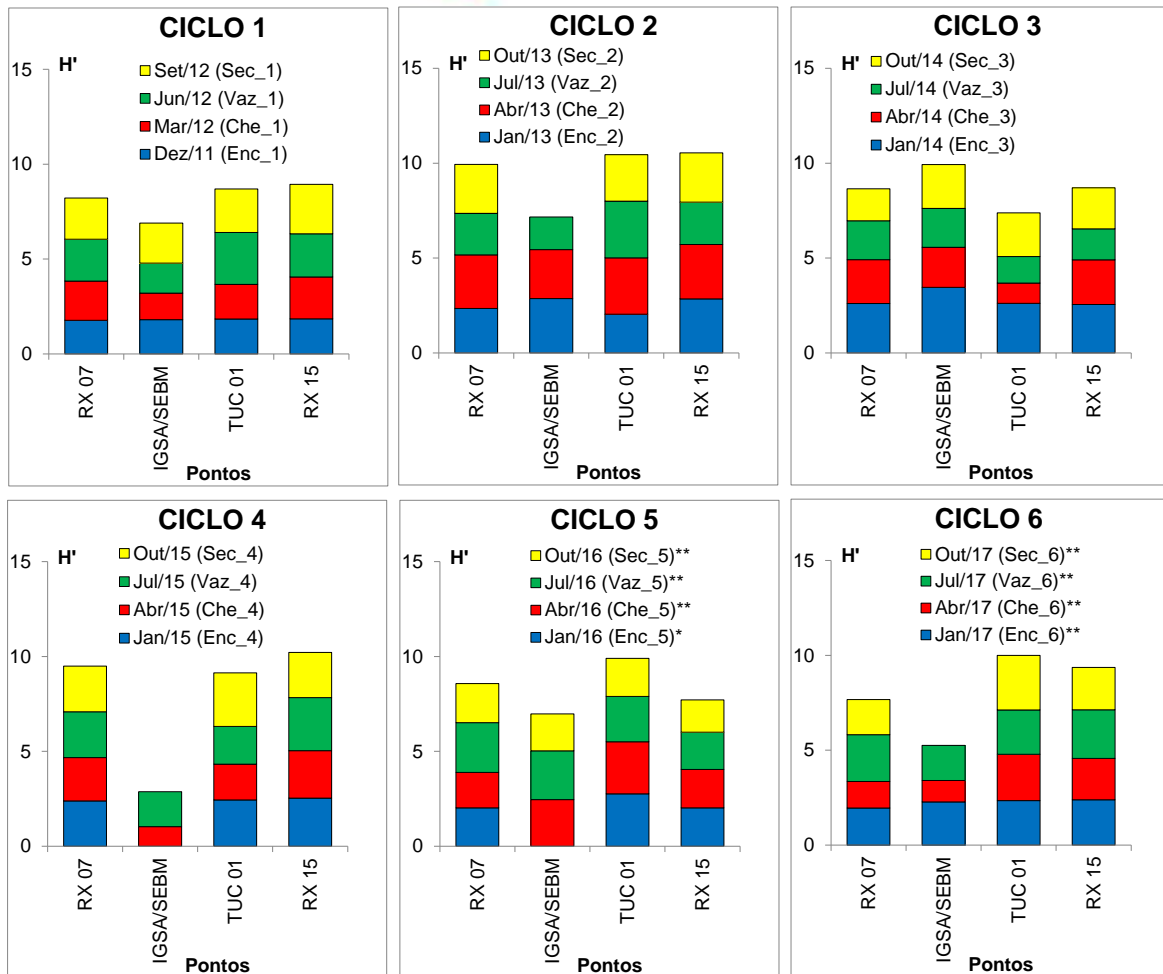


Figura 11.4.1 - 85 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados na Área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

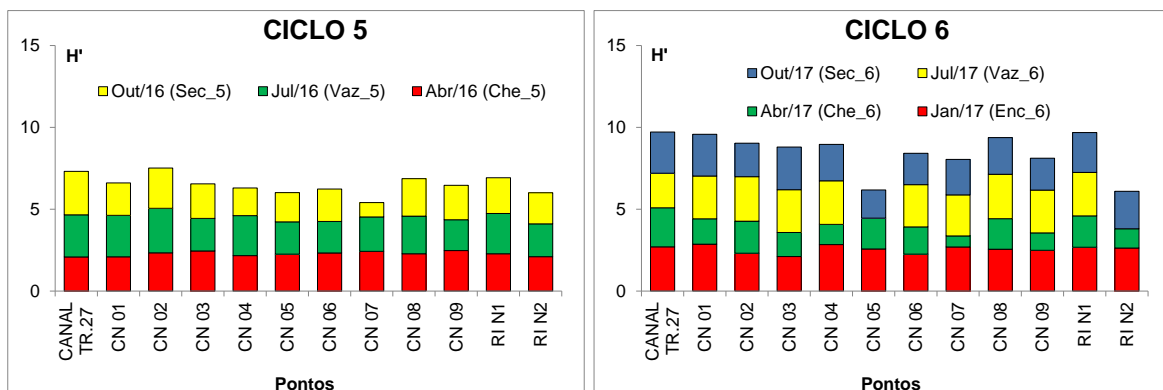


Figura 11.4.1 - 86 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º e 6º ciclos hidrológicos durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

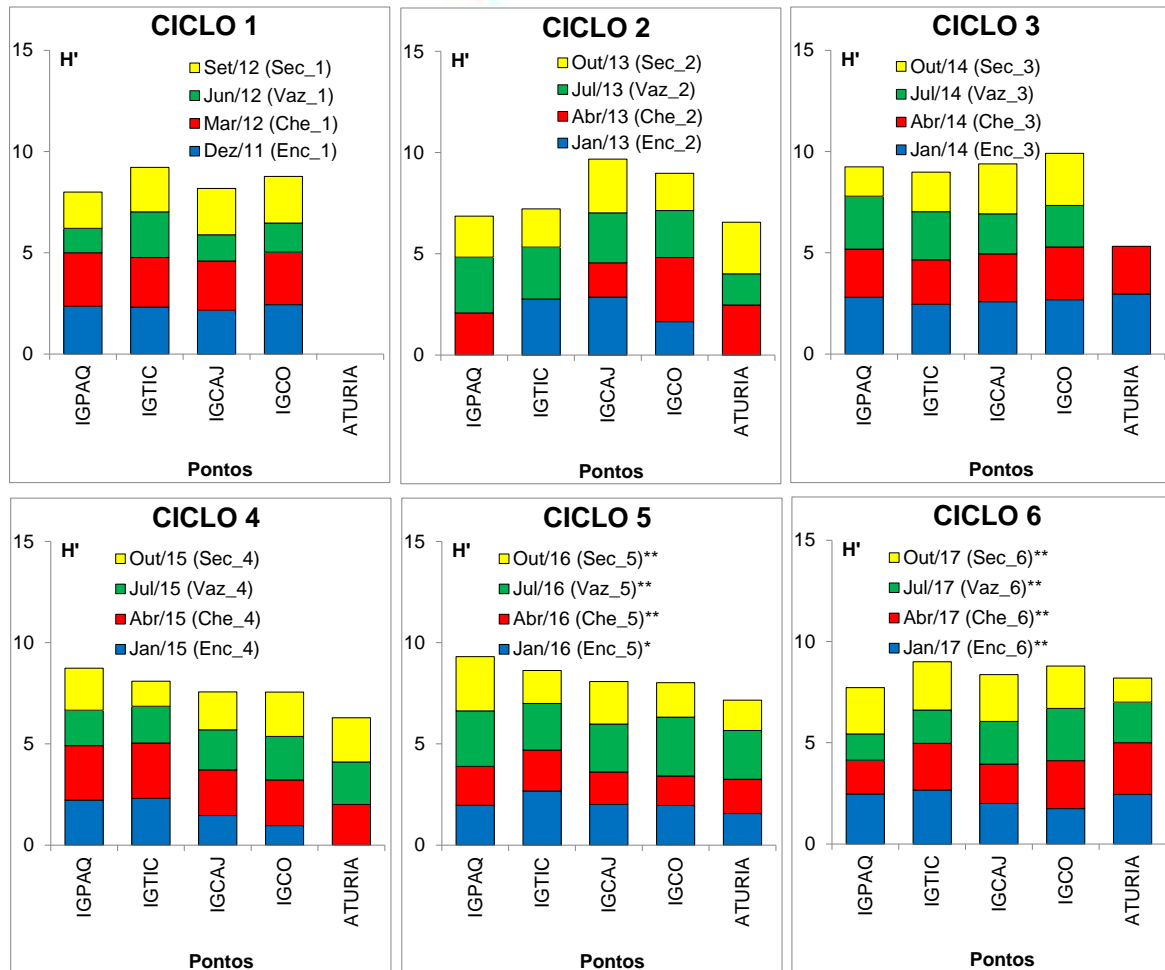


Figura 11.4.1 - 87 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplancônica acumulada nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017 *: fase de enchimento; **: fase de operação.

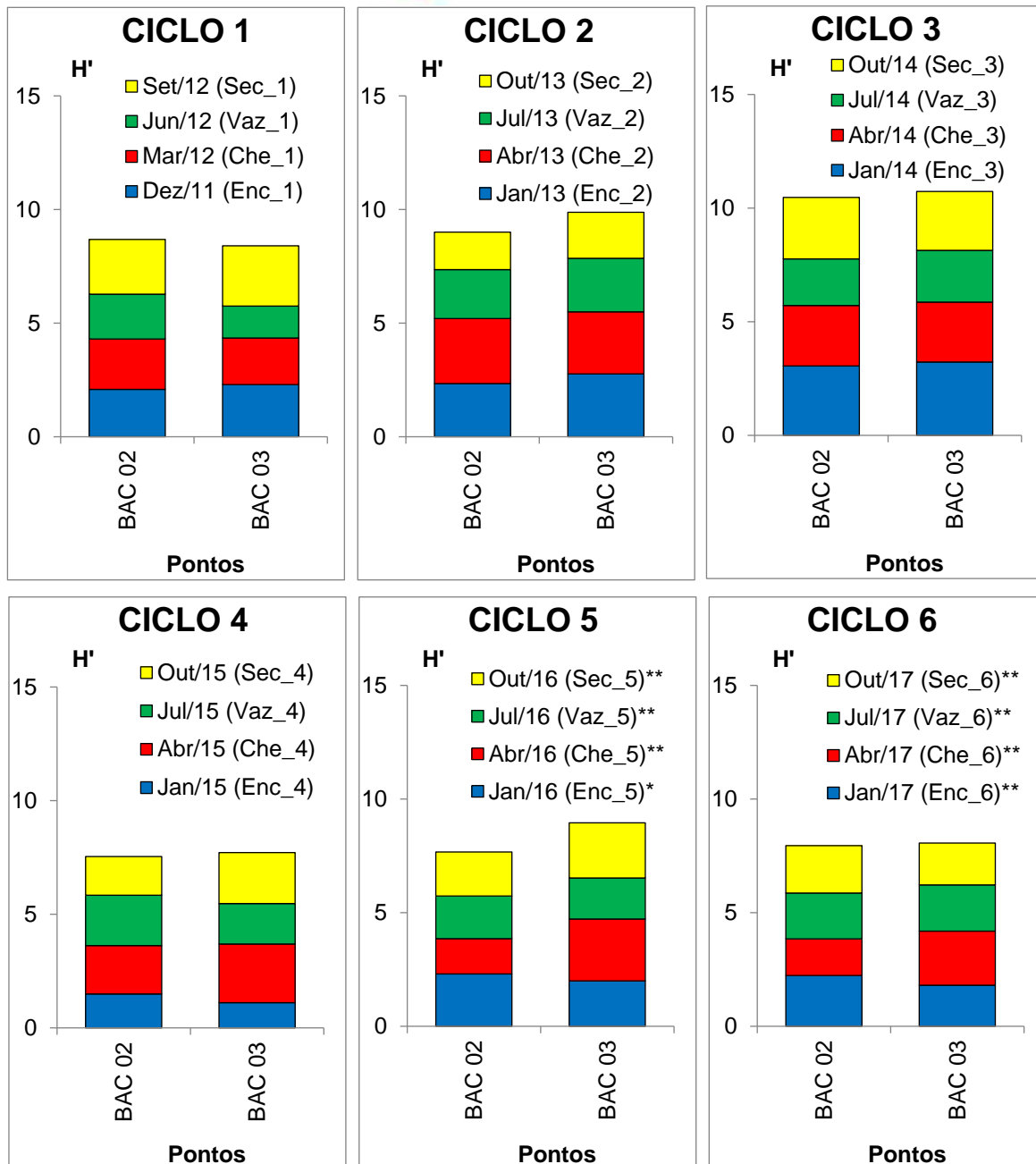


Figura 11.4.1 - 88 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade zooplânctônica acumulada nos pontos localizados na área do Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.5 COMUNIDADE BENTÔNICA

O detalhamento dos diferentes táxons da comunidade bentônica referente aos seis ciclos hidrológicos completos, entre dezembro de 2011 a outubro de 2017, é apresentado no **Anexo 11.4.1 – 8/2017**, referente aos resultados da biota aquática.

As oscilações temporais e espaciais da riqueza de táxons, da abundância total e da diversidade de táxons da macrofauna bentônica entre campanhas realizadas nos seis ciclos hidrológicos completos do monitoramento limnológico trimestral, nas diferentes áreas de monitoramento, são apresentadas nas **Figuras 11.4.1 - 89 a 11.4.1 - 95, 11.4.1 - 96 a 11.4.1 - 102 e 11.4.1 - 103 a 11.4.1 - 109**, respectivamente.

De uma forma geral, não foi possível identificar um padrão temporal de variação. Elevadas riquezas e abundâncias de organismos foram observadas em alguns pontos em determinados períodos, porém não se repetiram nas campanhas subsequentes, o que demonstra que são ocorrências esporádicas, possivelmente favorecidas pelas condições específicas ao desenvolvimento dos organismos por um determinado período. Tais variações são, também, resultantes da grande heterogeneidade do leito do rio Xingu e de seus tributários, composto por deposições arenosas, siltosas, pedregosas, ricas ou não em matéria orgânica, condicionada pela hidrodinâmica desses cursos de água nos diferentes ciclos hidrológicos.

Mesmo após a formação do RX e do RI, nos 5º e 6º ciclos hidrológicos, as variações dos valores de riqueza, abundância e diversidade se mantiveram, não evidenciando, portanto, alterações importantes na comunidade bentônica nas áreas monitoradas. Da mesma forma, os pontos localizados no RI apresentaram grande variação dos descritores da comunidade bentônica, atribuída, também, à grande heterogeneidade do leito do RI recém-formado.

Na lista de abundâncias de táxons de organismos bentônicos, apresentada no **Anexo 1.4.1 - 8** deste Relatório, referente aos resultados da biota aquática nas campanhas trimestrais realizadas entre 2011 e 2017, foram verificadas larvas de insetos Chironomidae que foram dominantes na grande maioria das campanhas, sendo que Oligochaeta foi dominante nas campanhas de cheia de 2013, enchente e cheia de 2014, enchente de 2015 e em parte dos pontos na cheia de 2017. Outros grupos bentônicos importantes, considerados como abundantes, foram larvas de insetos Baetidae, larvas de inseto Ceratopogonidae, Cladocera e larvas de insetos Corixidae, porém, todos observados isoladamente em poucos pontos da malha amostral.

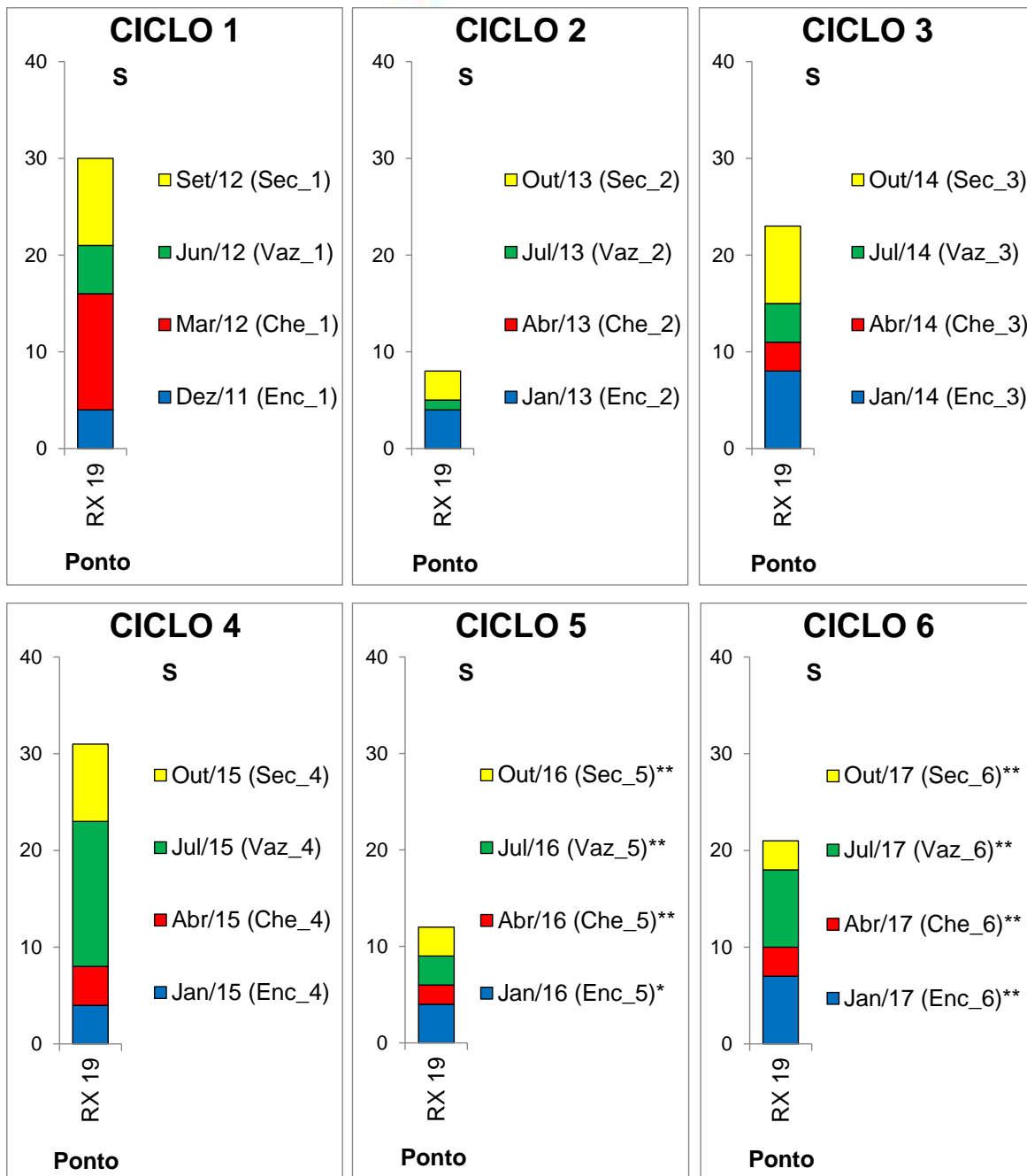


Figura 11.4.1 - 89 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

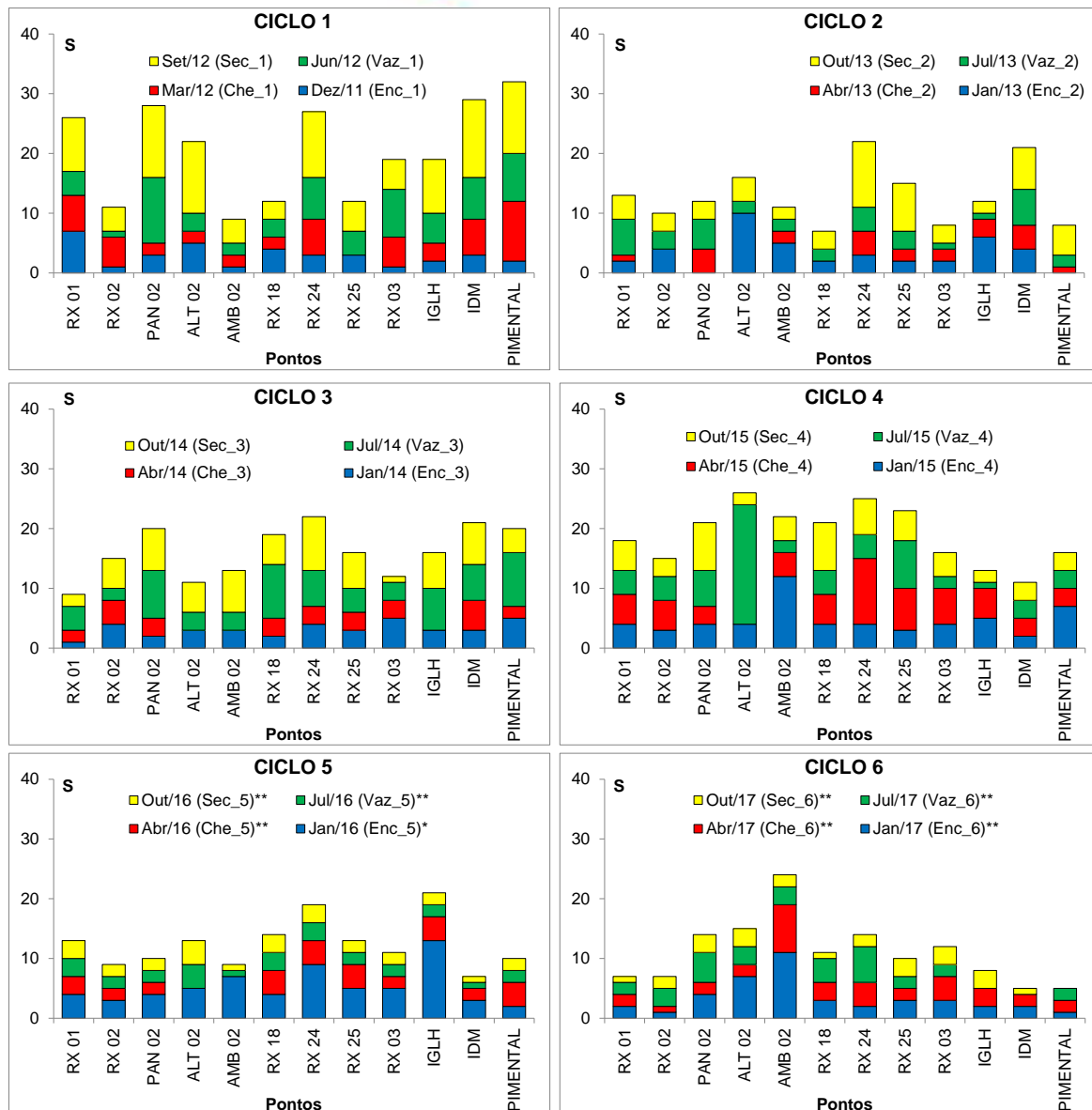


Figura 11.4.1 - 90 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

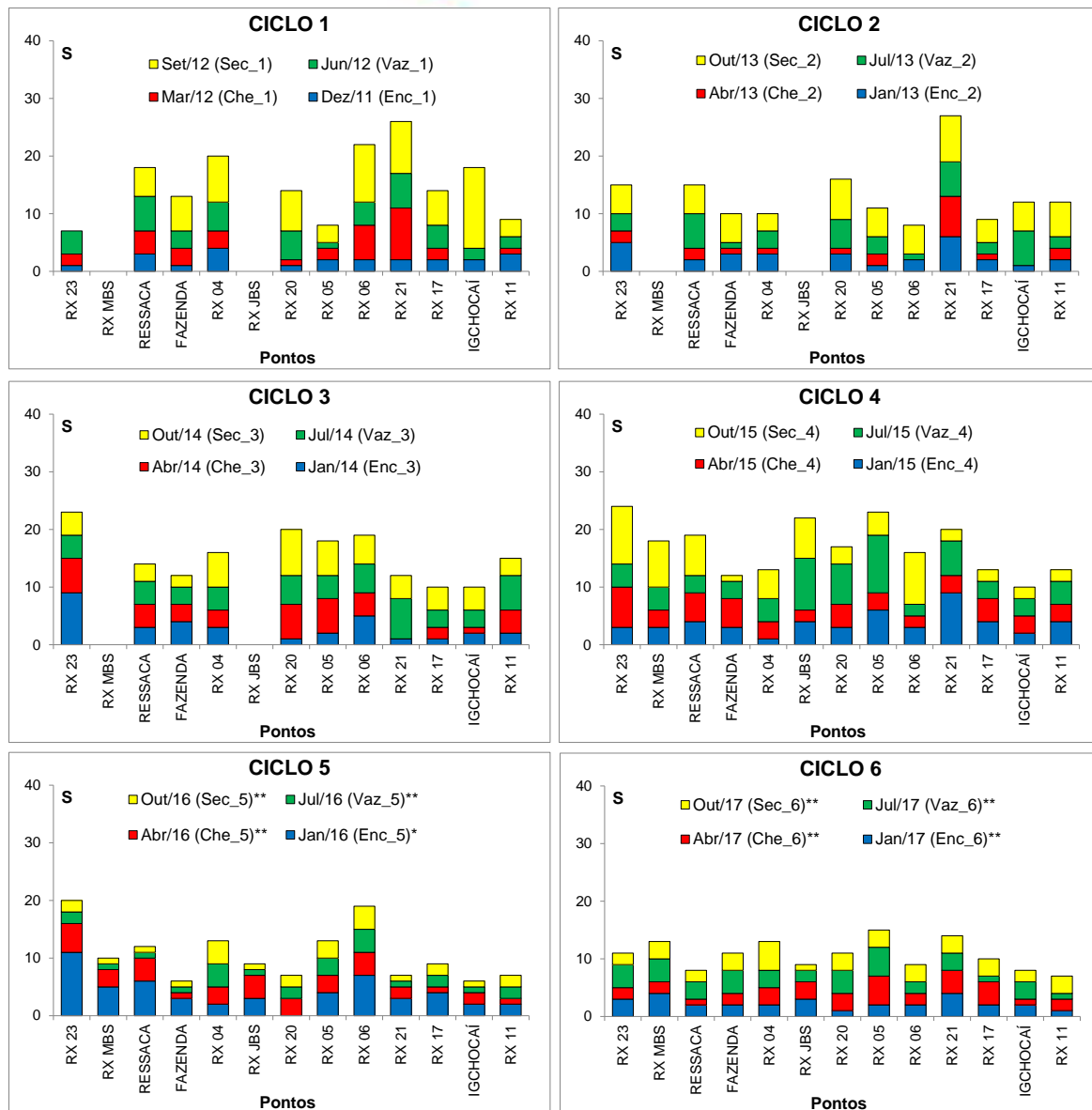


Figura 11.4.1 - 91 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

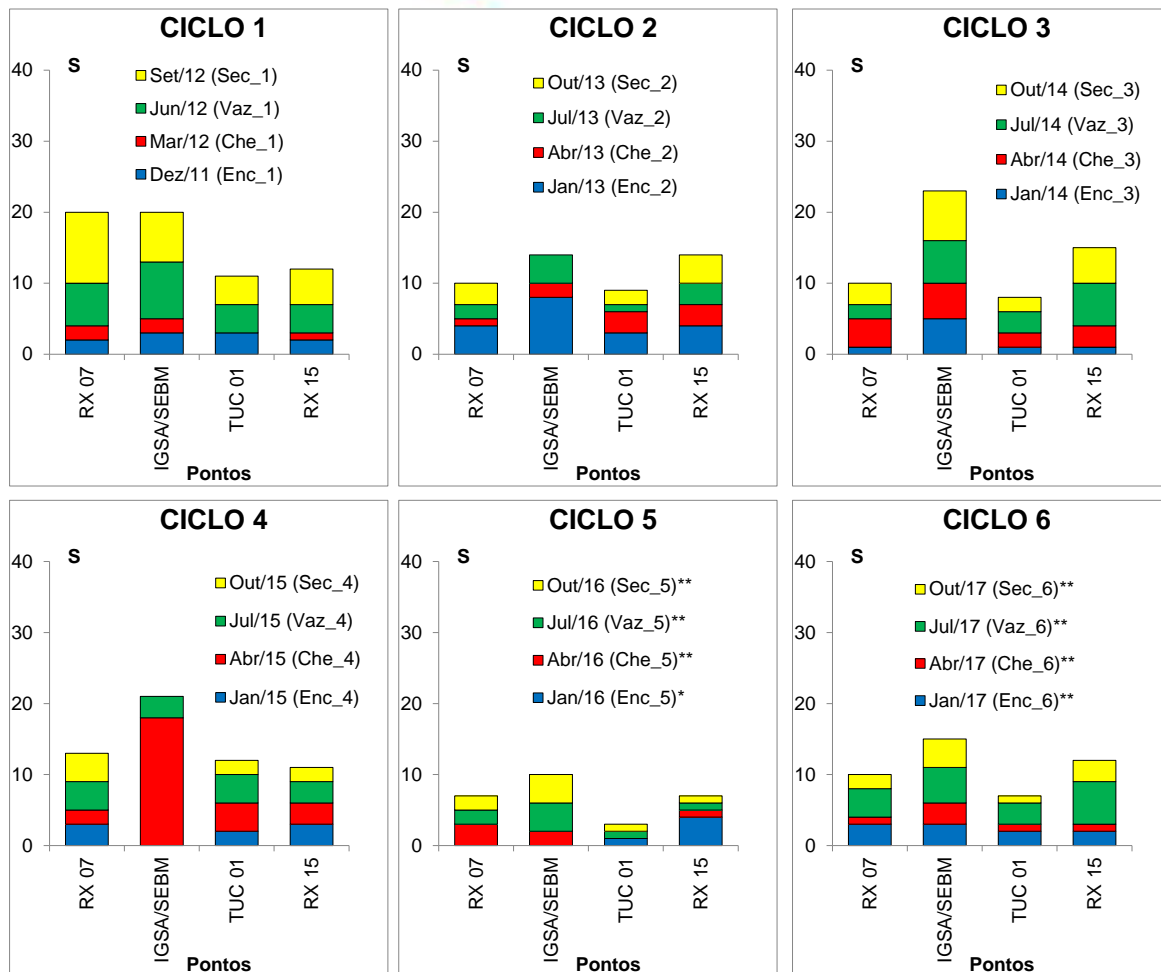


Figura 11.4.1 - 92 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

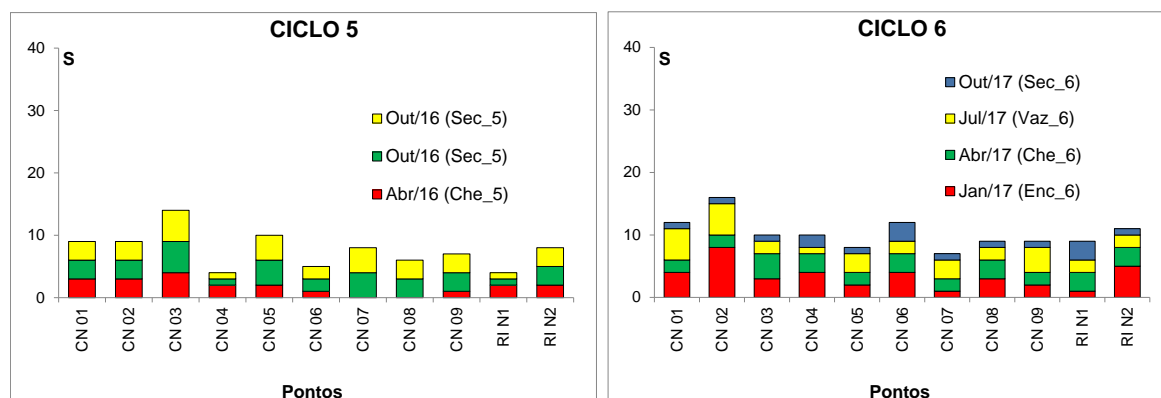


Figura 11.4.1 - 93 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos no Reservatório Intermediário (RI) no 5º e 6º ciclos hidrológicos, durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

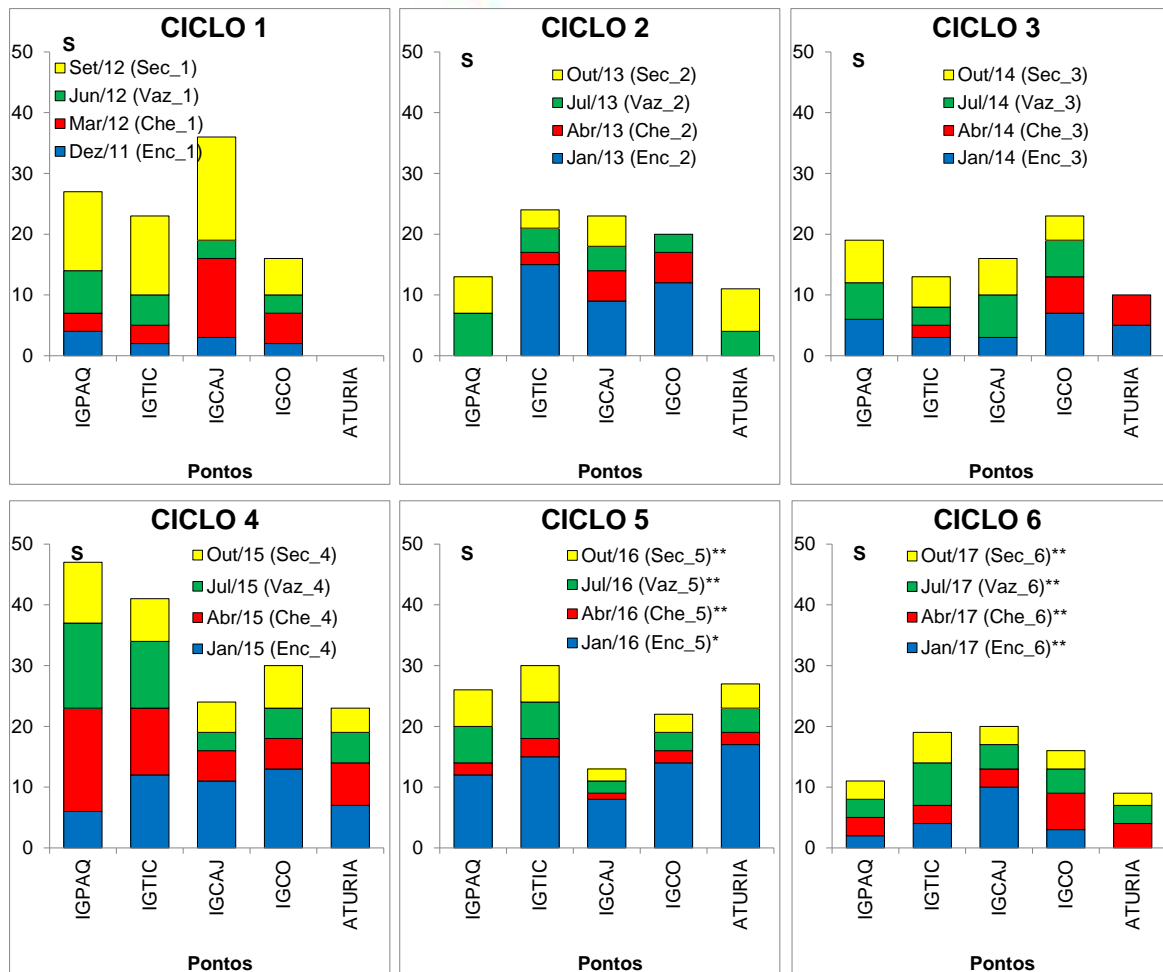


Figura 11.4.1 - 94 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

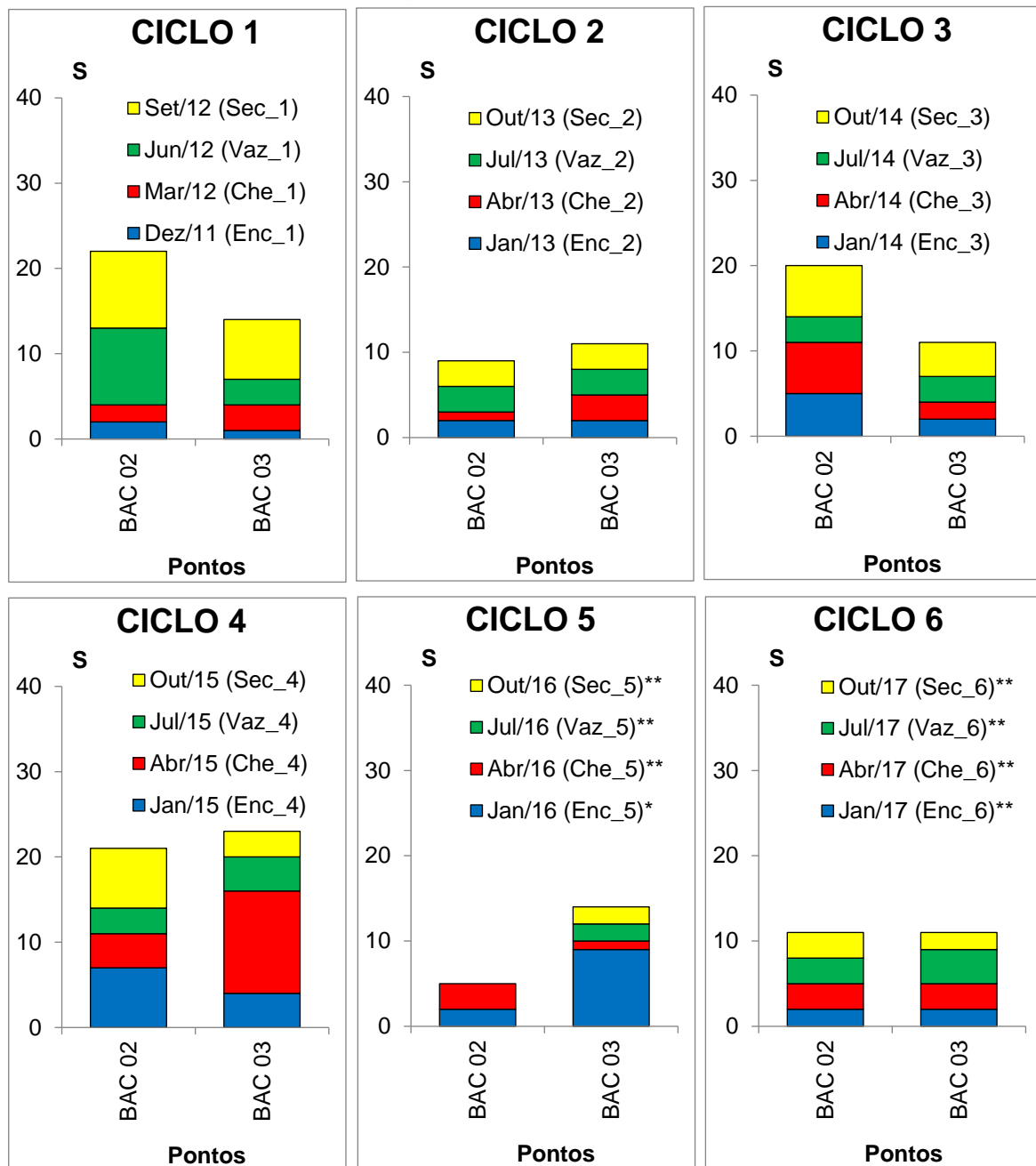


Figura 11.4.1 - 95 – Riqueza total (S) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

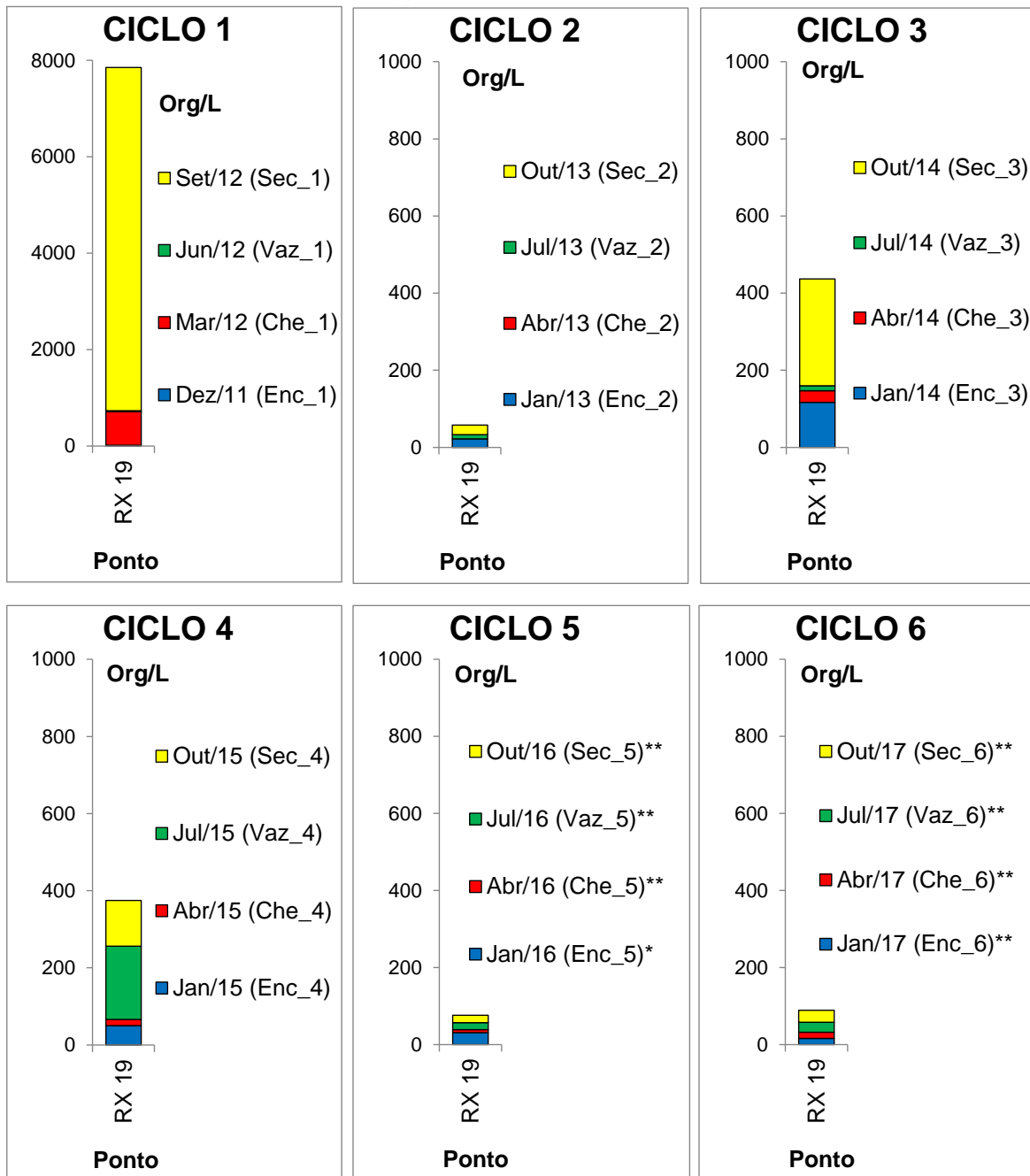


Figura 11.4.1 - 96 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

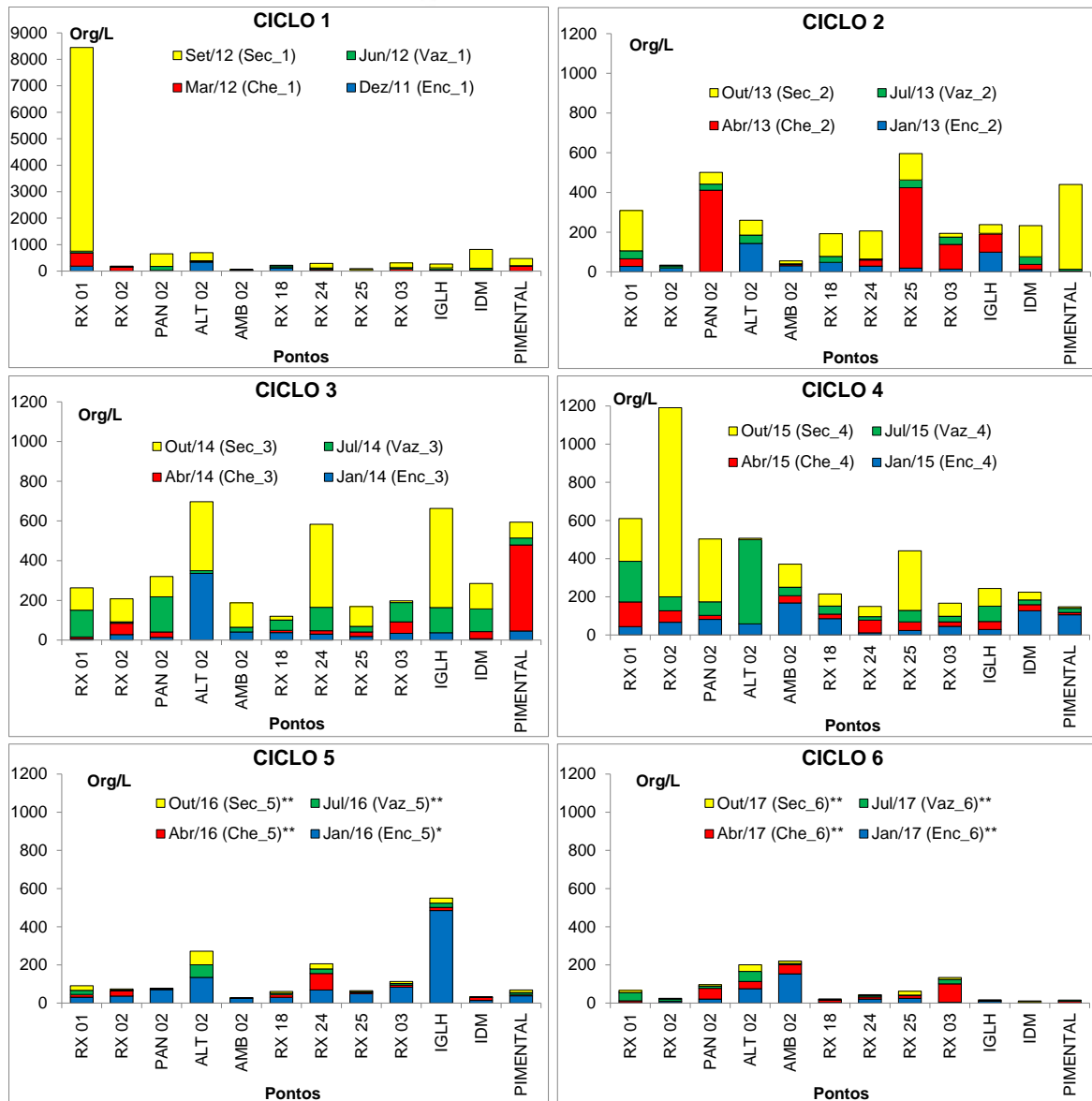


Figura 11.4.1 - 97 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

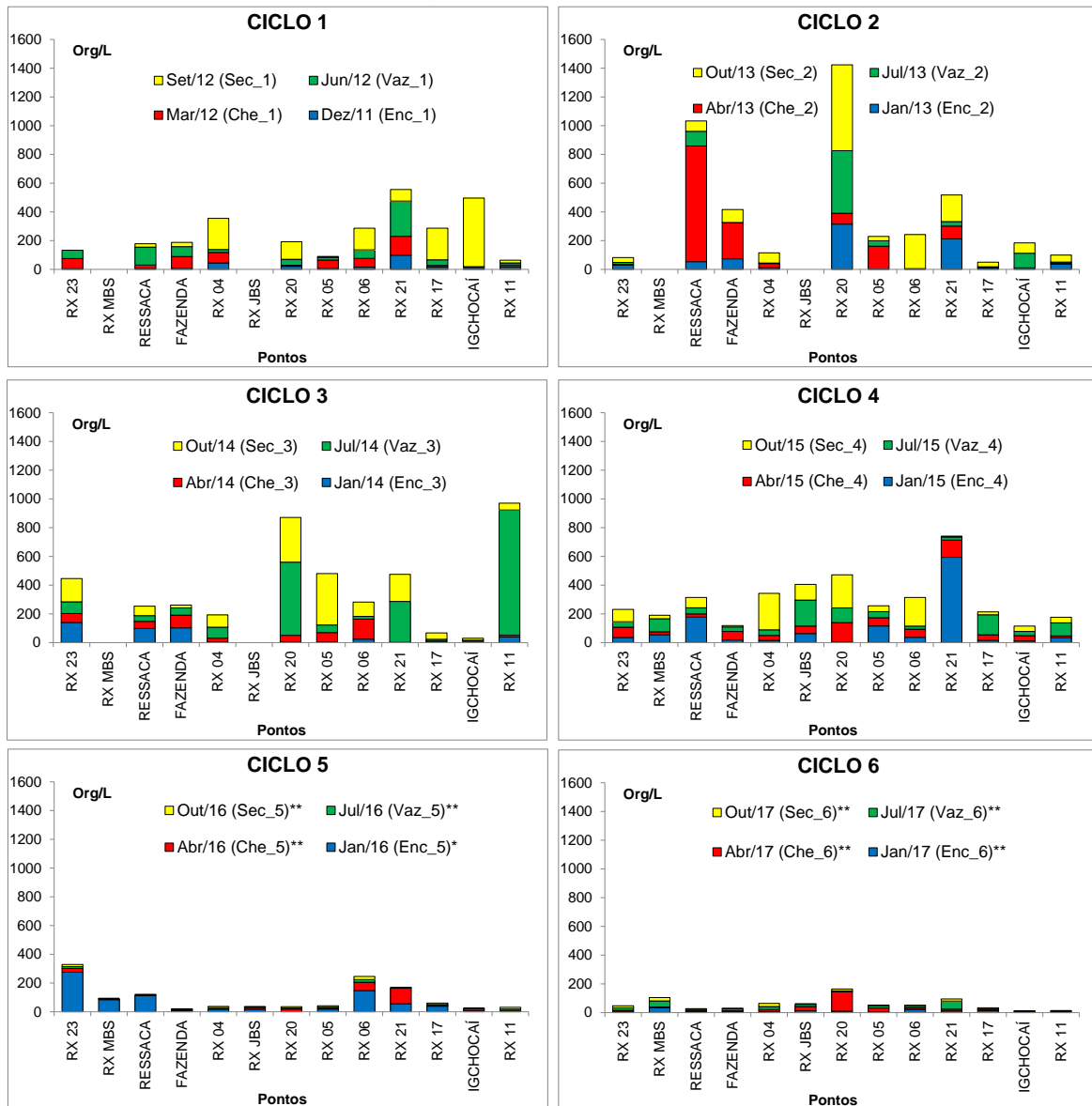


Figura 11.4.1 - 98 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

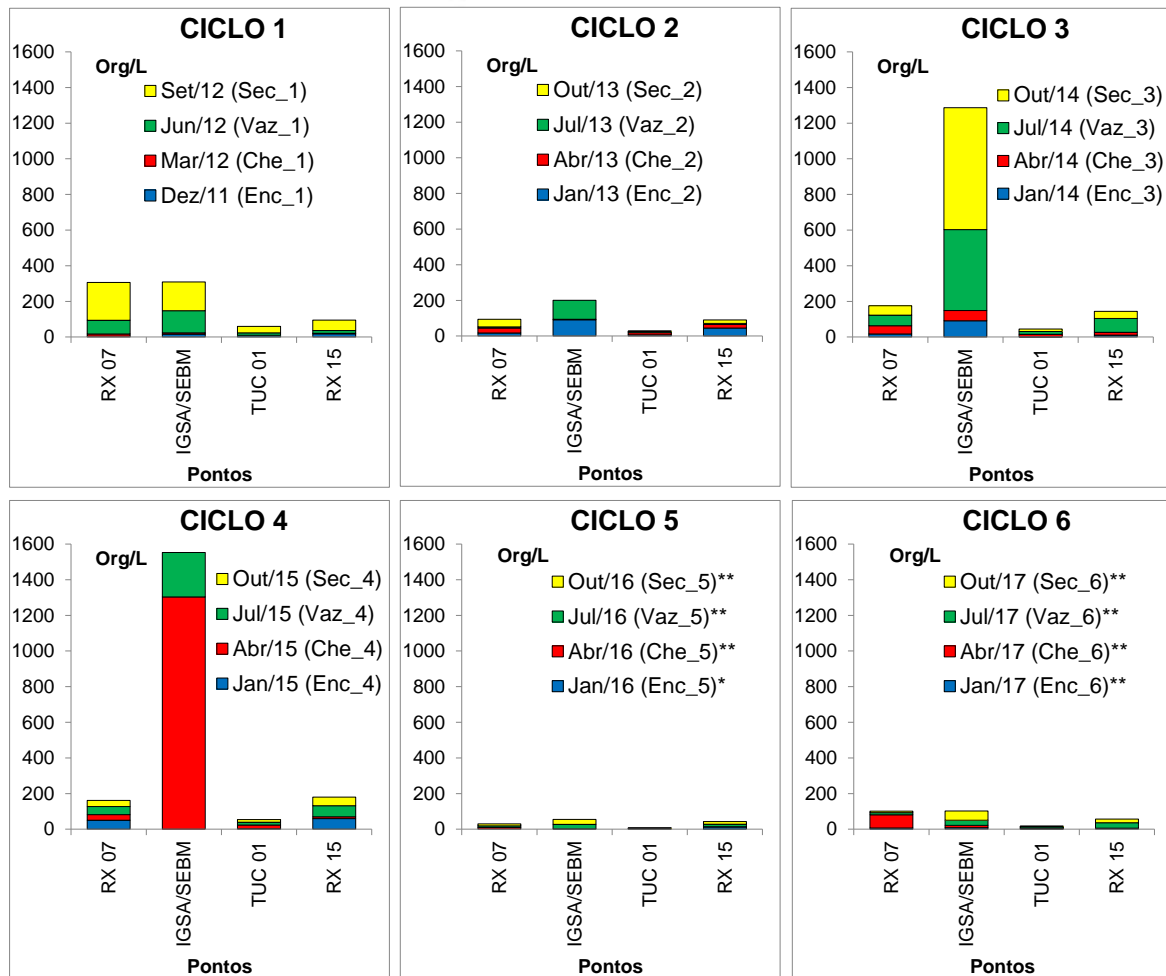


Figura 11.4.1 - 99 – Abundância (org/m^2) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

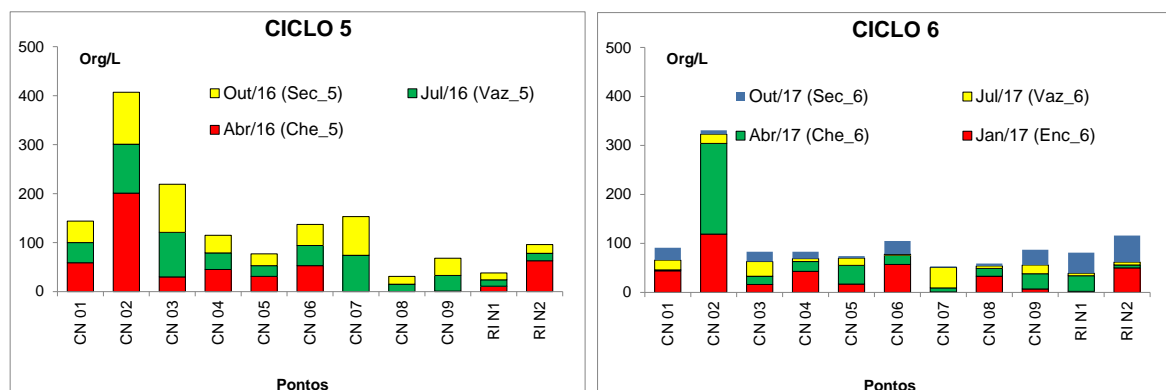


Figura 11.4.1 - 100 – Abundância (org/m^2) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º e 6º ciclos hidrológicos, durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

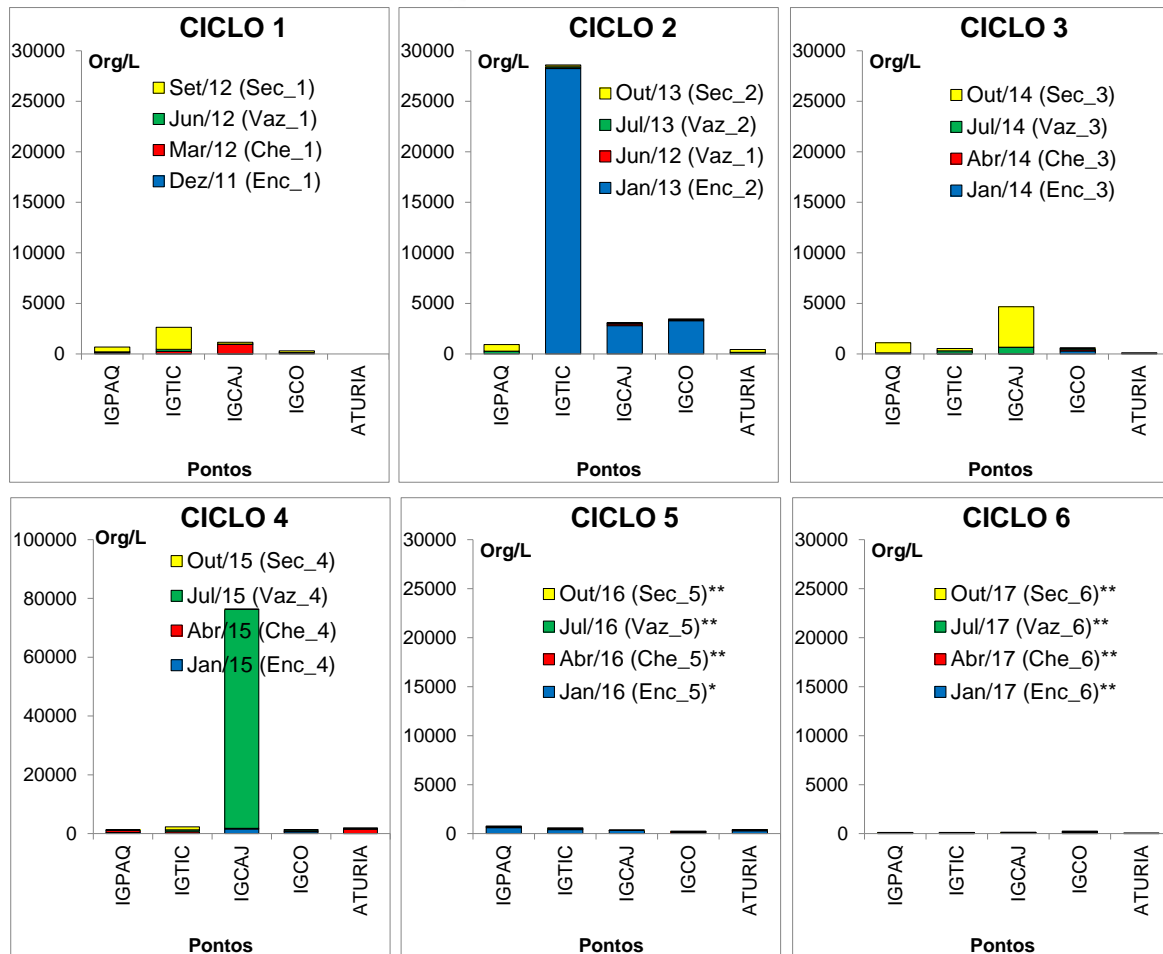


Figura 11.4.1 - 101 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

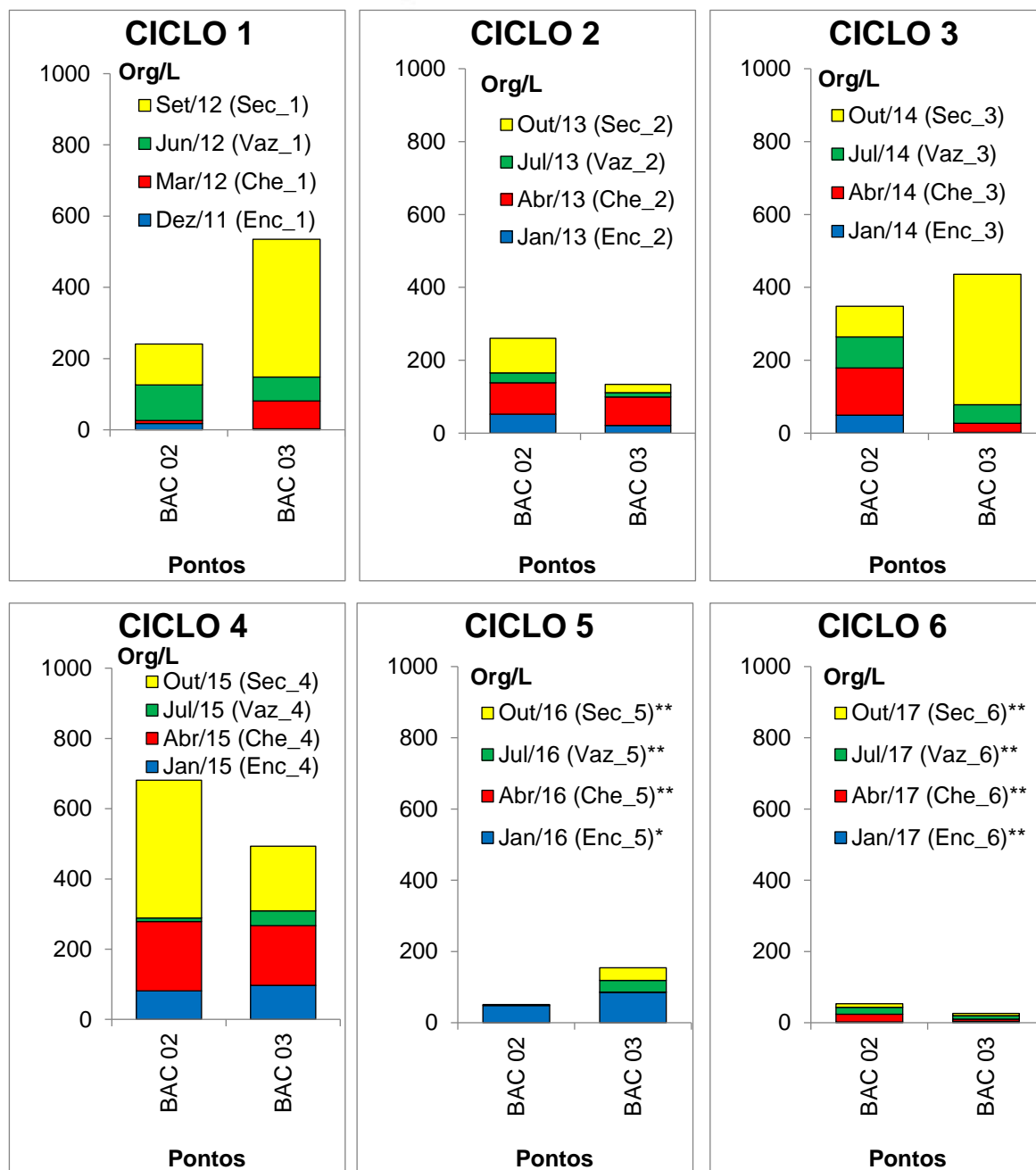


Figura 11.4.1 - 102 – Abundância (org/m²) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

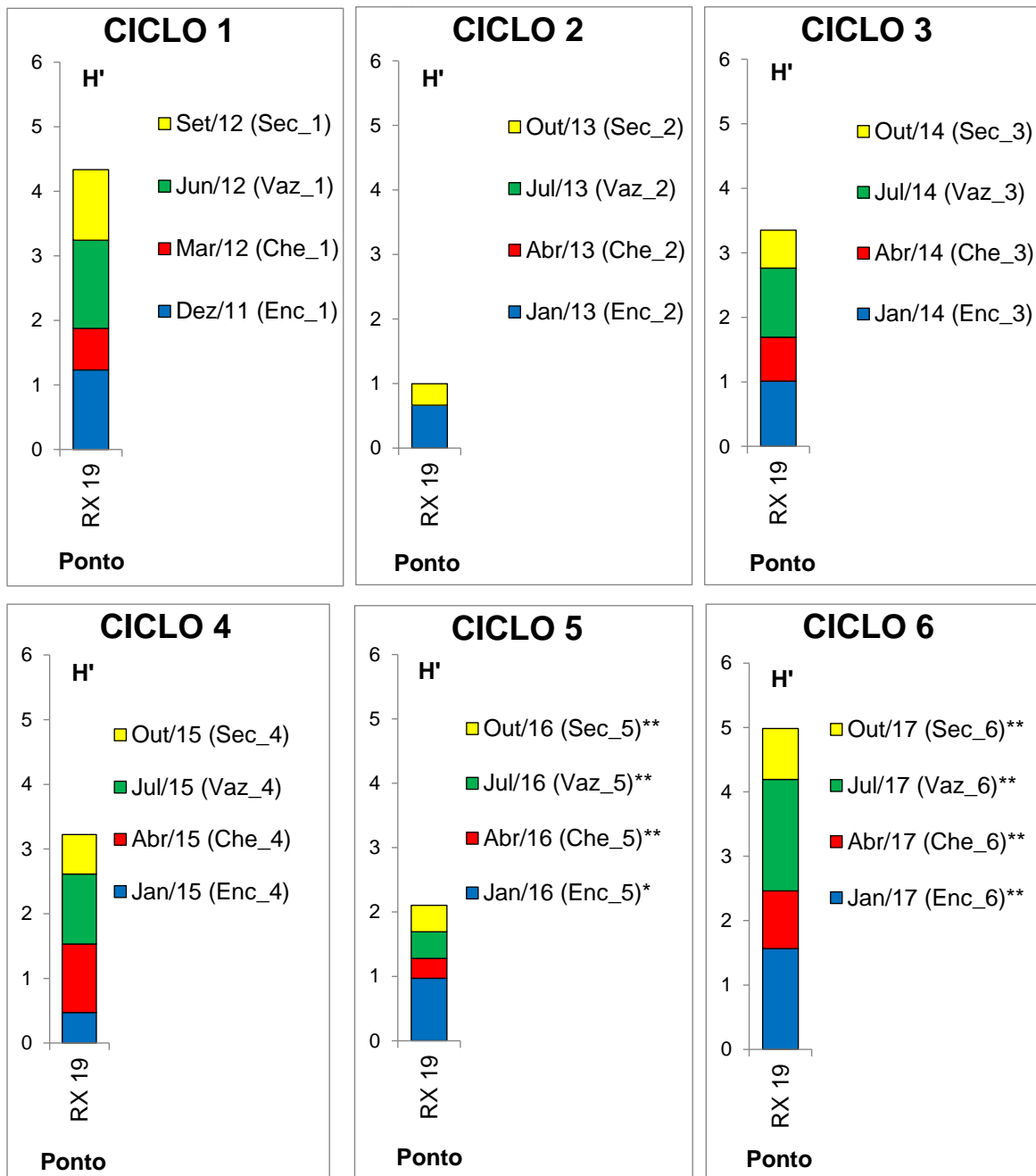


Figura 11.4.1 - 103 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica no ponto RX 19, localizado na área a Montante do Reservatório do Xingu (MRX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

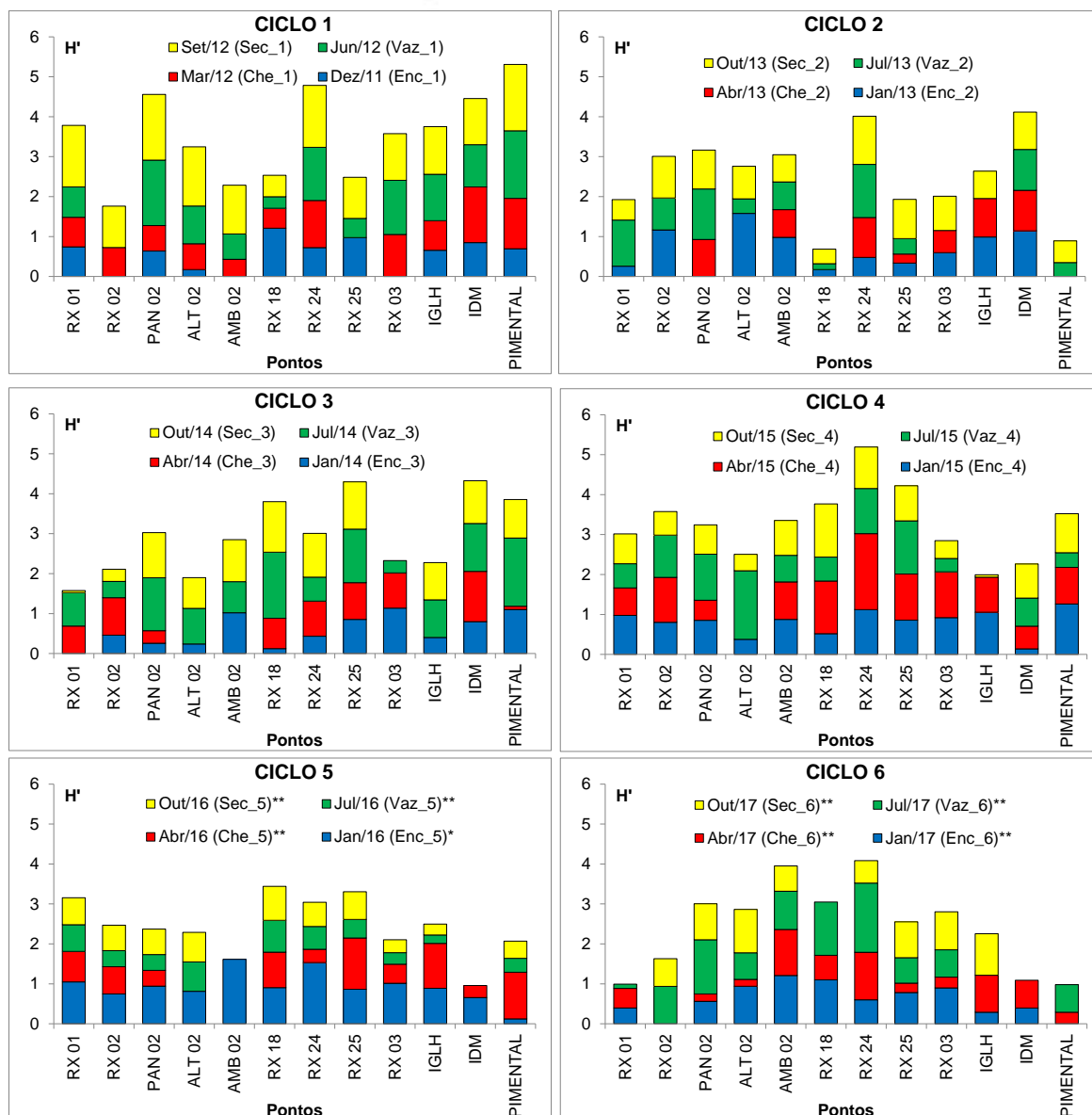


Figura 11.4.1 - 104 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Reservatório do Xingu (RX) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

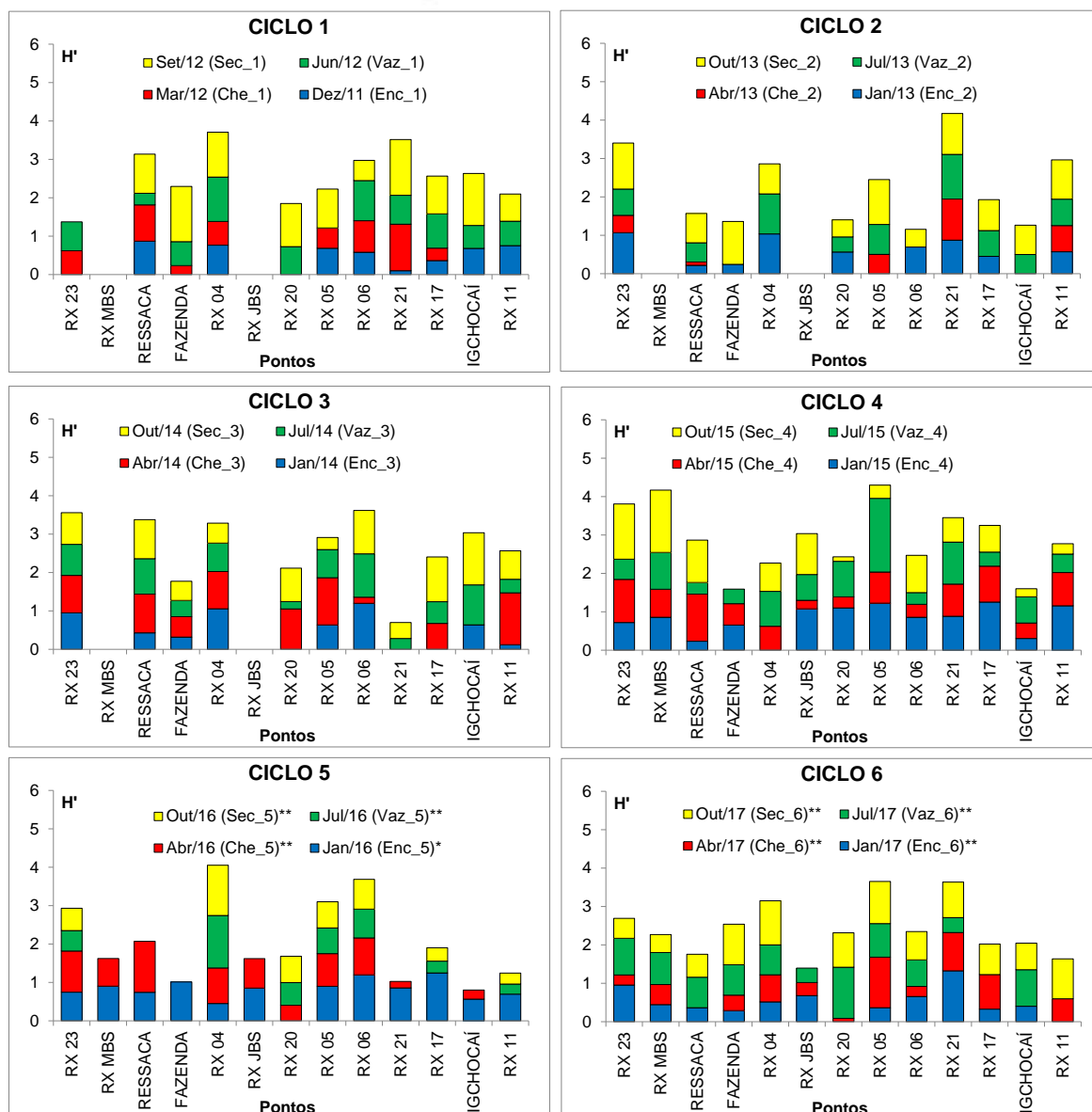


Figura 11.4.1 - 105 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Vazão Reduzida (TVR) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

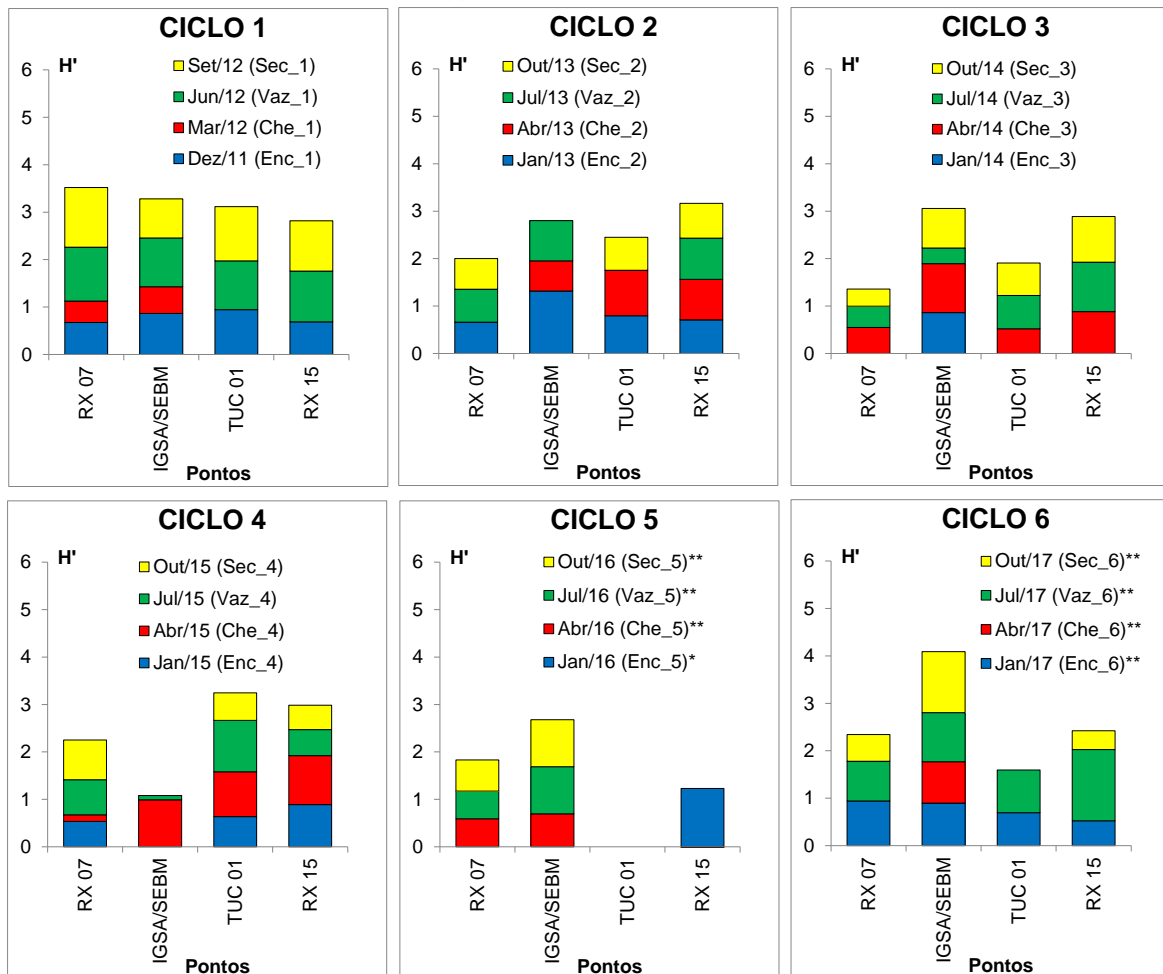


Figura 11.4.1 - 106 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados na área do Trecho de Restituição de Vazão (TRV) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

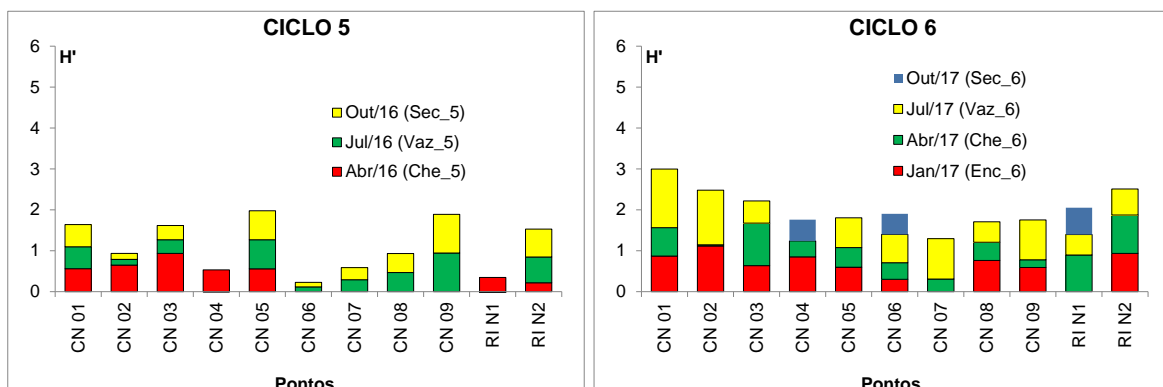


Figura 11.4.1 - 107 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Reservatório Intermediário no 5º e 6º ciclos hidrológicos, durante a fase de operação (abril de 2016 a outubro de 2017).

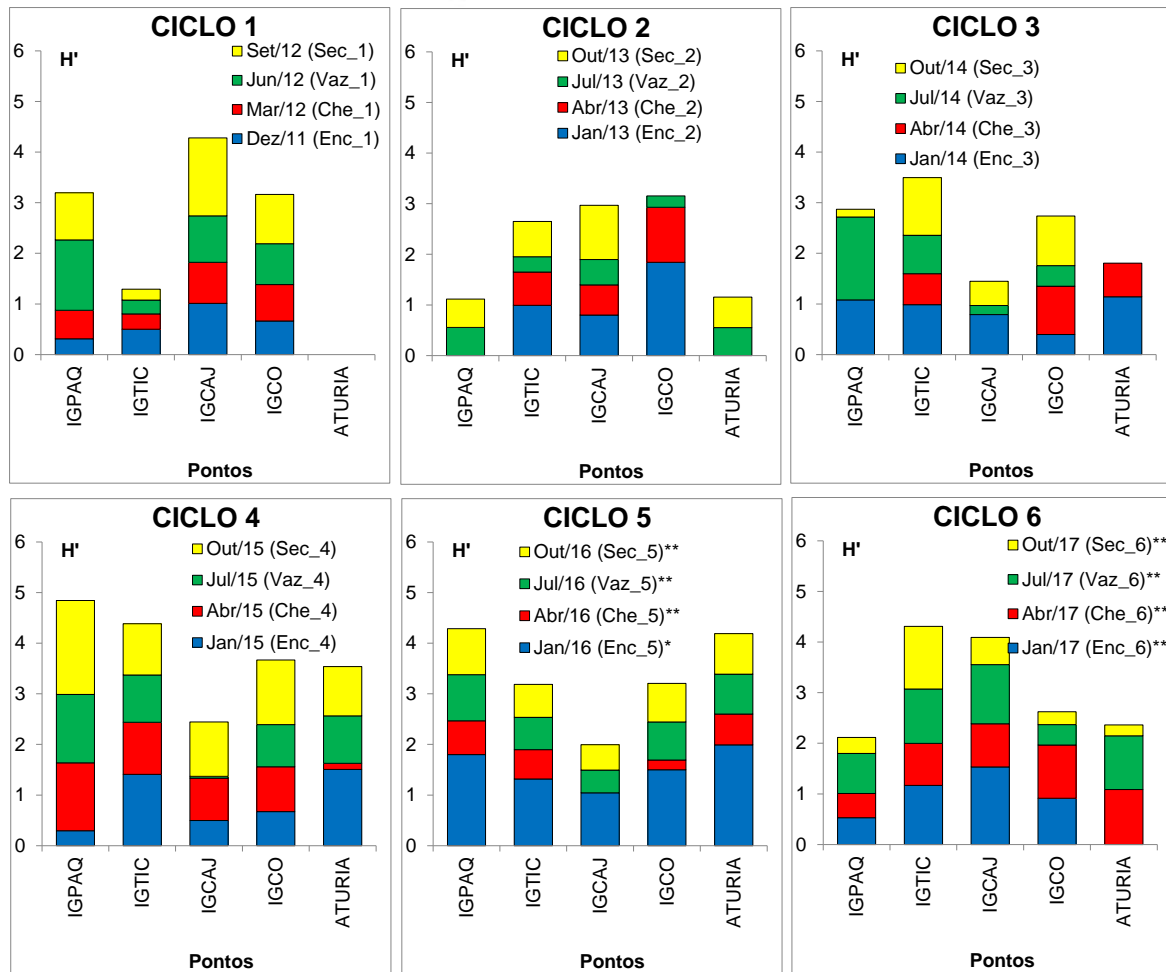


Figura 11.4.1 - 108 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados nos Igarapés Interceptados pelos Diques do RI (IID-RI) nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

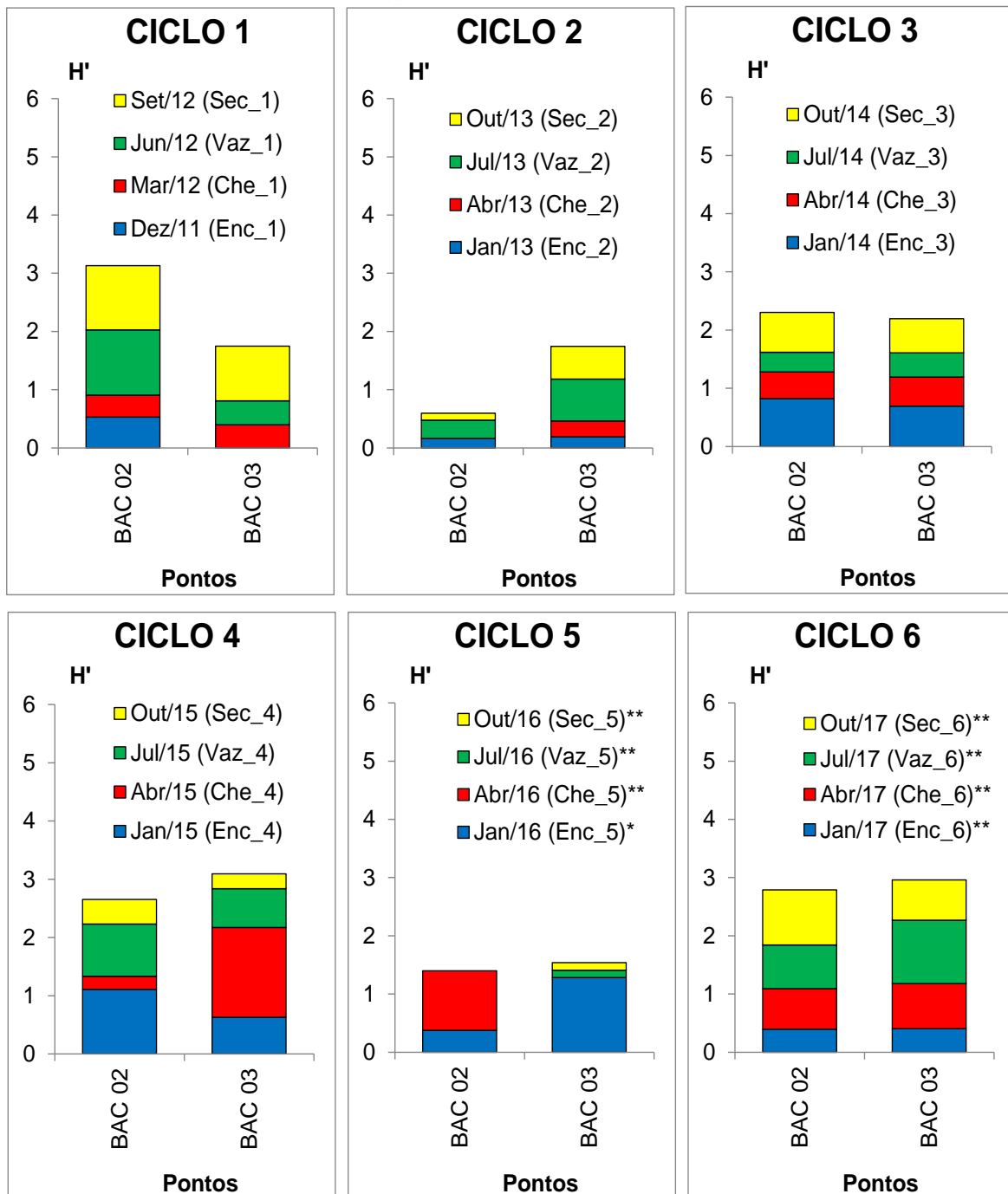


Figura 11.4.1 - 109 – Diversidade de Shannon-Wiener (H' , bits/indivíduo) da comunidade bentônica nos pontos localizados no Rio Bacajá nos seis ciclos hidrológicos completos (dezembro 2011 a outubro de 2017). Ciclo 1: 2011/2012; Ciclo 2: 2013; Ciclo 3: 2014; Ciclo 4: 2015; Ciclo 5: 2016; Ciclo 6: 2017. *: fase de enchimento; **: fase de operação.

11.4.1.2.1.5.6 GRUPOS FUNCIONAIS DA MACROFAUNA BENTÔNICA

O **Quadro 11.4.1 - 18** apresenta os grupos funcionais dos organismos da macrofauna bentônica identificados nas campanhas dos seis ciclos hidrológicos completos monitorados.

Vale ressaltar que a bibliografia utilizada para identificação dos organismos foi a seguinte: CALLISTO & ESTEVES (1998)⁶ e CUMMINS *et al.* (2005)⁷.

Os táxons que dominaram as amostragens foram Chironomidae (fragmentador) e Oligochaeta (fragmentador/raspador), que se alimentam de grandes partículas orgânicas provenientes de ambientes alóctones (fragmentadores) ou de material perifítico aderido às rochas e outros substratos, como caules e folhas (raspadores), e tipificam ecossistemas com baixa perturbação ambiental.

⁶CALLISTO, M.;ESTEVES, F.A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central. In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO, A.L. (eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 1998. p. 223-234.

⁷CUMMINS, K.W.; MERRIT, R.W.; ANDRADE, C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 40: 71-90. 2005.

Quadro 11.4.1 - 18 – Lista de organismos bentônicos e seus respectivos grupos funcionais registrados nos pontos de coleta no rio Xingu e tributários nas campanhas de enchente e cheia na área de influência da UHE Belo Monte (2011 a 2017)

Táxon	Grupo Funcional
Ordem Diptera	
Familia Chironomidae	Fragmentador
Familia Ceratopogonidae	Predador
Familia Culicidae	Filtrador
Familia Tipulidae	Predador
Ordem Ephemeroptera	
Familia Baetidae	Catador
Familia Ephemeridae	Raspador
Familia Leptophlebiidae	Catador
Ordem Hemiptera	
Familia Belostomatidae	Predador
Familia Hebridae	Predador
Familia Notonectidae	Predador
Ordem Odonata	
Familia Corduliidae	Predador
Subclasse Polychaeta	
Familia Nereididae	Predador
Subclasse Oligochaeta	
Oligochaeta (não identificado)	Fragmentado/Raspador
Subclasse Hirudinea	
Familia Glossiphoniidae	Parasita
Filo Nematoda	
Nematoda (não identificado)	Parasita
Filo Mollusca	
Mollusca (não identificado)	Não identificado
Filo Mollusca/Classe Gastrópoda	
Familia Ampularidae	Raspador
Familia Thiaridae	Raspador
Subfilo Turbellaria	
Turbellaria (não identificado)	Predador
Subfilo Crustacea	
Classe Copépoda	
Ordem Calanoida	
Calanoida (não identificado)	Não identificado
Ordem Cyclopoida	
Cyclopoida (não identificado)	Não identificado
Familia Hyocryptidae	
Hyocryptidae (não identificado)	Não identificado
Familia Chirodoridae	
Chirodoridea (não identificado)	Não identificado
Filo Tartigrada	
Tartigrada (não identificado)	Não identificado

Os resultados expostos em relação à comunidade bentônica na área de influência da UHE Belo Monte (dados da comunidade em geral e dos grupos funcionais) apresentaram grande variabilidade entre os pontos de coleta, portanto, entre as áreas monitoradas. Da mesma forma, verificou-se uma grande variabilidade temporal, tanto em termos de riqueza e abundância totais, como de diversidade, considerando-se os seis ciclos hidrológicos completos monitorados, conforme apresentado no **Anexo 11.4.1 – 8 (Figura 3)**.

11.4.1.2.1.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A BIOTA AQUÁTICA

De uma forma geral, a comunidade fitoplanctônica nos pontos localizados na área de influência da UHE Belo Monte esteve condicionada, principalmente, às condições climatológicas, tais como regime de precipitações e, como consequência, nos níveis de vazão dos corpos de água. Condições desfavoráveis foram observadas, por exemplo, nos períodos de cheia de todos os ciclos hidrológicos, os quais apresentaram, em geral, as menores abundâncias de organismos em relação aos demais períodos em função da maior turbulência e turbidez da água, além do fator de diluição das densidades de organismos devido à elevada vazão nesses períodos. Da mesma forma, os ciclos hidrológicos atípicos, tais como o 3º (2014) e o 6º (2017) com elevadas precipitações, apresentaram menores abundâncias de organismos em relação aos demais ciclos menos chuvosos. Além disso, existe a hipótese de que, com a alteração do ambiente de lótico para semilêntico após a formação do RX, alguns grupos da comunidade zooplânctônica, tais como copépodos e cladóceras, tenham sido beneficiados, atuando como herbívoros do fitoplâncton e reduzindo a sua abundância. Não obstante, tal hipótese, bem como a influência de outros fatores envolvidos no processo, só poderão ser verificados com a continuidade do monitoramento. Já os valores de riqueza e diversidade de organismos do fitoplâncton não apresentaram grandes alterações ao longo dos diferentes ciclos hidrológicos, nem mesmo após a formação dos reservatórios. Tais resultados demonstram que a formação dos reservatórios não resultou em perda significativa de riqueza e diversidade fitoplanctônica do sistema.

Quanto à importância relativa das cianobactérias, densidades elevadas foram verificadas apenas no RI e nos igarapés interceptados pelos Diques (IID-RI) na campanha de abril de 2017, atribuída a fatores ambientais favoráveis ao seu crescimento, tais como maior estabilidade da coluna de água e maior incidência de radiação solar, além da sua capacidade em fixar nitrogênio (N_2), os quais, nessas condições, as tornam mais adaptadas em relação às algas pertencentes a outras classes fitoplanctônicas. Tal ocorrência aparentemente não está relacionada à eutrofização do RI, haja vista que a concentração de fósforo total nesse período não esteve tão elevada. Portanto, é possível que sua ocorrência no RI esteja relacionada às suas características adaptativas intrínsecas, por serem formas oportunistas que apresentam rápido crescimento em um curto espaço de tempo em condições favoráveis. Quanto às ocorrências de cianobactérias no RI, houve intensificação no monitoramento visual, principalmente quanto à proliferação, proximidade com a tomada de água e preparação para ações emergenciais, caso seja notada interferência com a biota aquática, tais como: colocação de aeradores e coleta manual com filtros específicos. Medidas preventivas serão adotadas pela Norte Energia, caso ocorra infestação crítica de cianobactérias, no sentido de se evitar impactos na saúde de usuários das águas do RI, mesmo que sejam de pequena monta, bem como, em caso de infestação nos igarapés que foram interceptados pelos diques, os quais recebem água diretamente do RI. Vale ressaltar que no RI não há previsão de ocupações ribeirinhas, bem como, não é previsto ponto de captação de água para consumo humano. As medidas preventivas que podem ser adotadas incluem: interrupção de atividades, mesmo que não autorizadas (mas que sejam detectadas), tais como pesca, banho, e até dessedentação de animais, entre

outras, até que as densidades de cianobactérias voltem aos níveis normais estabelecidos pela legislação. No entanto, essas ações não foram necessárias, pois ao final do período chuvoso as ocorrências diminuíram sensivelmente. Então a única ocorrência se refere a abril de 2017, quando o monitoramento visual passou a ser bastante intensificado.

O epilítton analisado nas amostras coletadas nas seis campanhas de seca foi, em geral, dominado por diatomáceas (Bacillariophyceae), possivelmente decorrente de o grupo ser considerado como um colonizador rápido e eficiente, possuindo condições de ocupar os substratos em um curto espaço de tempo.

A comunidade zooplânctônica variou entre as campanhas realizadas, sendo os rotíferos, em geral, mais dominantes nos períodos de enchente, sendo que os protozoários e os copépodos foram mais abundantes nos períodos de cheia. No RI, os rotíferos e os copépodos foram os grupos dominantes durante os períodos de enchente e cheia. Destacam-se as alterações observadas durante o 5º e 6º ciclos hidrológicos no RX, nos quais os copépodos e cladóceras passaram a apresentar maiores proporções relativas, haja vista que esses organismos são melhores adaptados à condição lântica do sistema e, como descrito anteriormente, podem ter influenciado na redução da abundância fitoplanctônica nesses ciclos hidrológicos ação herbívora, uma vez que muitos gêneros desses grupos têm como dieta principal o fitoplâncton. Quanto aos descritores da comunidade, verifica-se um nítido padrão de aumento da abundância total de zooplâncton ao longo do 6º ciclo hidrológico, da enchente para a seca, o que corrobora a hipótese de que a redução da abundância fitoplanctônica teve como um dos fatores a atividade herbívora do zooplâncton, conforme demonstrado no **Anexo 11.4.1 – 8/2018 (Figura - 2)**. Por outro lado, não se verifica um padrão muito evidente de riqueza total e diversidade do zooplâncton entre os diferentes ciclos hidrológicos e entre as campanhas de enchente e cheia.

Em relação à comunidade bentônica, não foi possível identificar um padrão temporal de variação, cujas maiores ou menores ocorrências foram, em geral, aleatórias, possivelmente favorecidas pelas condições específicas ao desenvolvimento dos organismos por um determinado período e também resultantes da grande heterogeneidade do leito do rio Xingu e de seus tributários condicionada pela hidrodinâmica desses cursos de água nos diferentes ciclos hidrológicos.

11.4.1.2.2 MONITORAMENTO MENSAL – PONTO DE COLETA RX 03

O ponto de coleta RX 03 está localizado próximo à margem direita do Reservatório Xingu, a montante da Barragem Principal em Pimental, sendo monitorado, em atendimento ao Ofício 510/2011⁸ do IBAMA, com frequência mensal os perfis de temperatura e oxigênio dissolvido (metro a metro) para disponibilização dos dados no

⁸Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2011. *Ofício Nº 510/2011/DILIC/IBAMA*. UHE Belo Monte Licença de Instalação Nº 795/2011 e adequações ao PBA, 01 de junho de 2011. 15 p.

âmbito do Estudo Complementar de Modelagem Matemática da Qualidade da Água. Ainda, atendendo ao Ofício, amostragens das frações inorgânica e orgânica de fósforo na superfície e no fundo da coluna de água são realizadas.

A **Figura 11.4.1 - 110** apresenta os gráficos de isolinhas de temperatura ao longo da coluna de água no ponto de coleta RX 03, de novembro de 2012 a novembro de 2017. Como era de se esperar, as maiores temperaturas foram observadas nos períodos entre vazante e seca, sendo que as temperaturas mais baixas ocorreram nos períodos de cheia, denominados na região como inverno amazônico. As temperaturas mínimas foram observadas em março de 2014, período este que se caracterizou pela cheia intensa observada no rio Xingu (**Figura 11.4.1 - 1**).

Verificou-se estratificação térmica vertical durante as fases de enchimento e operação do RX, porém, muito tênue, sem a formação de termoclina. As variações de temperatura da água neste ponto estiveram, portanto, condicionadas predominantemente às variações de temperatura atmosférica e ao regime hidrológico do rio Xingu.

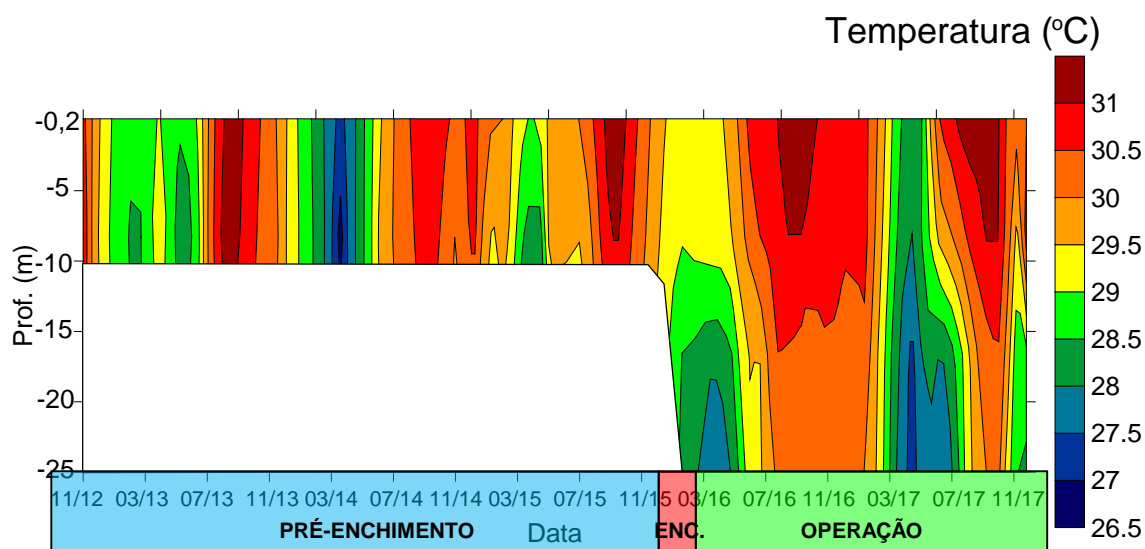


Figura 11.4.1 - 110 – Gráficos de isolinhas de temperatura registrada no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e novembro de 2017, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

A **Figura 11.4.1 - 111** apresenta os gráficos de isolinhas de concentrações de oxigênio dissolvido ao longo da coluna de água registradas no ponto de coleta RX03, de novembro de 2012 a novembro de 2017. Verificou-se novamente uma nítida relação entre o ciclo hidrológico do rio Xingu e as concentrações de oxigênio dissolvido na coluna de água, com valores mais elevados nos períodos de seca, assim como uma nítida relação entre as variações de temperatura e de concentrações de oxigênio dissolvido durante a fase de pré-enchimento do reservatório. Já na fase de operação, observa-se a formação de uma oxiclina, com ocorrência de hipolímnio deficiente em oxigênio entre agosto e novembro de 2016, bem como entre abril a junho de 2017 e entre agosto a novembro de 2017, muito em função da estratificação térmica ocorrida nesse período que, mesmo sendo tênue, dificultou a circulação vertical e a reoxigenação

da água mais profunda do reservatório. Assim, valores de oxigênio dissolvido em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 foram observados nesse período somente no hipolímnio. Não obstante, não se verificou anoxia nessa camada, condição essa que favorece a solubilização de fósforo particulado contido no sedimento e disponibilização à coluna de água.

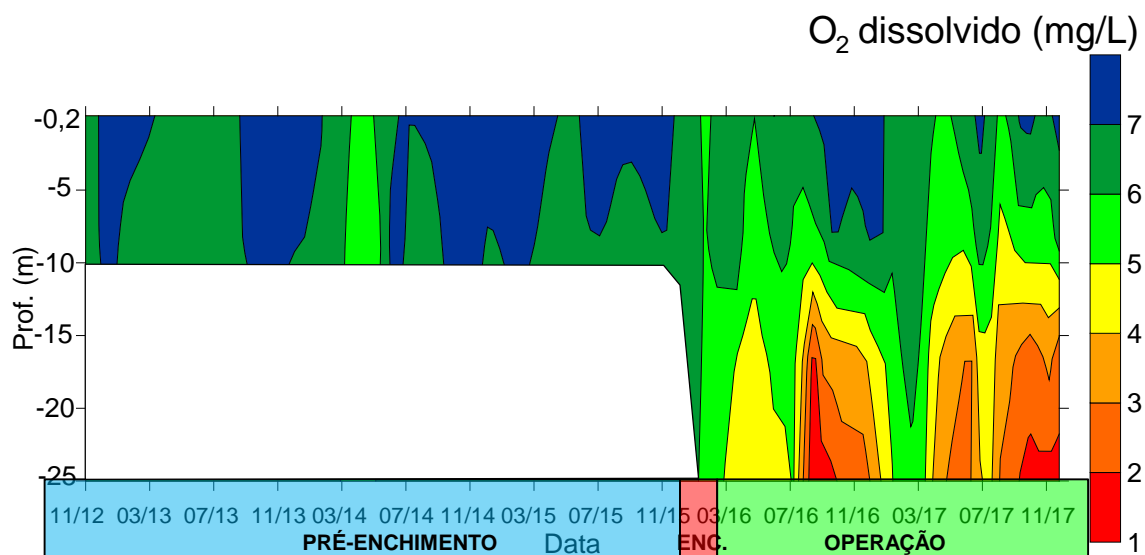


Figura 11.4.1 - 111 – Gráfico de isolinhas de concentração de oxigênio dissolvido registrado no rio Xingu, no ponto de coleta RX 03, entre novembro de 2012 e novembro de 2017, no âmbito do monitoramento limnológico do PBA da UHE Belo Monte.

A **Figura 11.4.1 - 112** apresenta os resultados das frações orgânicas e inorgânicas de fósforo amostradas na superfície e no fundo do ponto de coleta RX 03 no período entre novembro de 2012 e novembro de 2017.

De maneira geral, baixas concentrações de ambas as frações foram registradas no ponto de coleta, mesmo com a formação do Reservatório Xingu, com baixa diferença entre os valores de superfície e de fundo. A baixa diferença entre os estratos superiores e inferiores da água em relação às frações de fósforo, mesmo após a formação do Reservatório Xingu, pode estar relacionada à não ocorrência de anoxia no hipolímnio (**Figura 11.4.1 - 111**), condição essa que impede a disponibilização de fósforo presente no sedimento para a coluna de água.

Outro padrão evidenciado foi o ligeiro aumento relativo do teor de fósforo nos meses de períodos chuvosos (dezembro a maio), possivelmente relacionado a um maior aporte de material alóctone aos corpos hídricos, contribuindo para o aumento da trofia dos ambientes. Uma exceção foi observada na campanha de outubro de 2014, na qual verificou-se um pico tanto de fosfato orgânico, como de fosfato inorgânico na superfície. Porém, no mês seguinte as concentrações voltaram aos níveis baixos observados nos períodos anteriores, o que demonstra que esse aumento foi um evento esporádico.

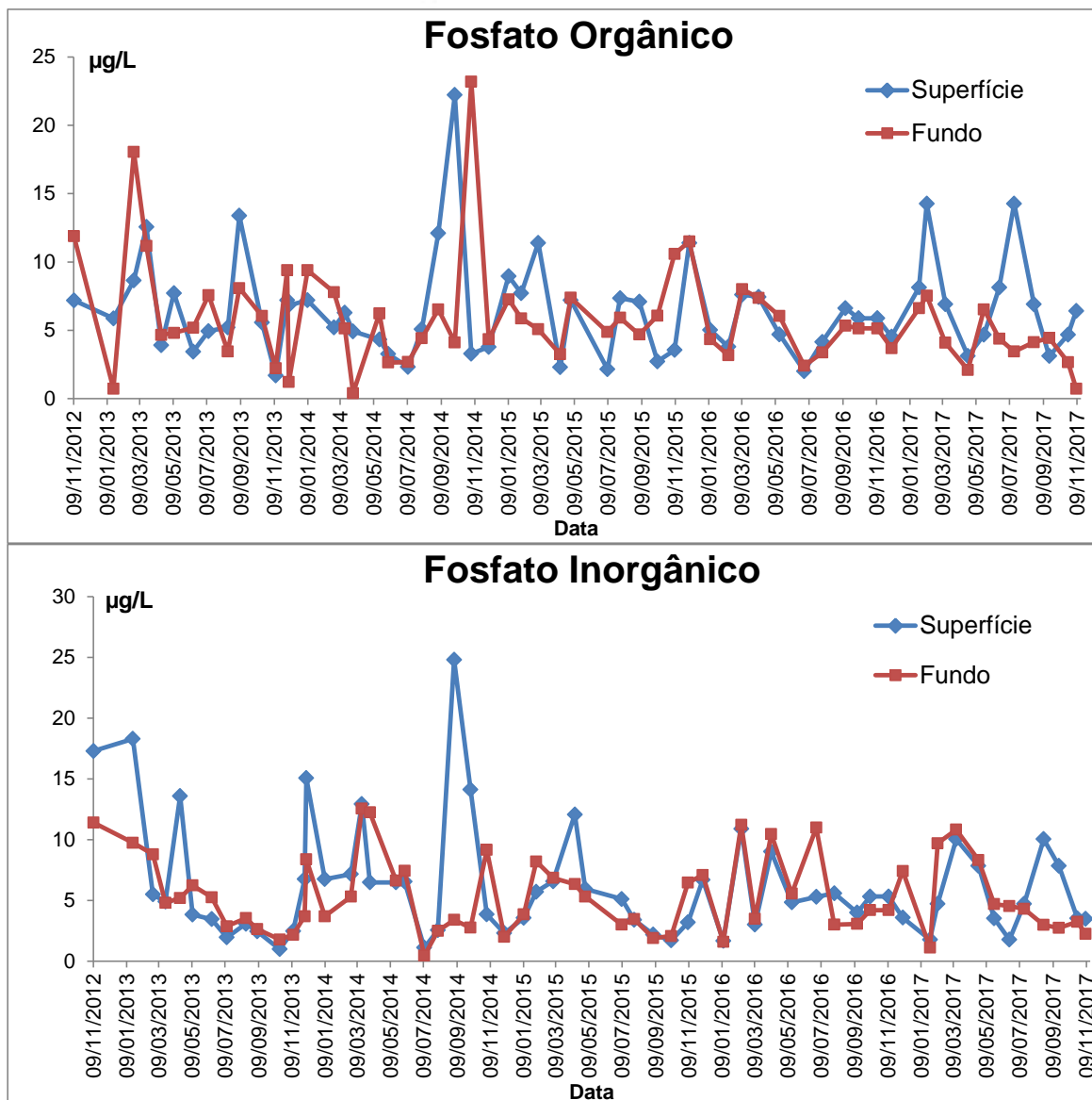


Figura 11.4.1 - 112 – Resultados das frações de fósforo amostradas no ponto de coleta RX 03, na superfície e fundo do rio Xingu, área de influência da UHE Belo Monte, durante monitoramento de novembro de 2012 a novembro de 2017.

11.4.1.2.3 MONITORAMENTO MENSAL – ENTORNO DOS CANTEIROS

Os resultados do monitoramento mensal da qualidade da água, obtidos nas campanhas entre janeiro de 2012 e novembro de 2017, são apresentados e contextualizados em cada um dos pontos no **Anexo 11.4.1 - 9**, que sintetiza os esforços da Norte Energia para adequação dos sistemas de controle ambiental das obras nas proximidades dos pontos monitorados, bem como explicita contribuições difusas em cada ponto, quando existirem, e que podem causar resultados em não conformidade com a legislação específica (Resolução CONAMA 357/2005), independentemente das atividades inerentes à obra.

Os resultados da qualidade de água no Entorno dos Canteiros demonstram condições satisfatórias na maioria dos pontos de coleta e períodos amostrados, quando intercorrências de apenas algumas variáveis estiveram em não conformidade com os limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005.

Exceções ocorreram no ponto ETE PIM, a jusante da ETE do canteiro Pimental, onde baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água foram registradas e a variável fósforo apresentou aumento significativo antes da formação do Reservatório Xingu, quando as concentrações foram diluídas pelo aumento da vazão no local no período, mantendo em conformidade posteriormente. Situações em que a turbidez foi crítica estiveram associadas a períodos de chuvas intensas (fevereiro, março e abril), quando ocorre o aumento do escoamento superficial na região.

As concentrações de *E. coli* foram consideravelmente oscilantes e não indicaram criticidade quanto a esta variável, predominando na malha amostral pontos com uma ou duas intercorrências em não conformidade. Por outro lado, amostras dos pontos PACBM-M e PACBM-J, ambos no igarapé Santa Helena, bem como do ponto IGPAQ-M1, localizado no igarapé Paquiçamba a montante do canteiro Canais e Diques, estiveram em não conformidade em maior número de amostragens, o que pode estar relacionado com o uso da bacia em questão pela atividade agropecuária na região como um todo e, portanto, sem relação com as obras.

O fósforo total foi baixo na maioria dos pontos analisados. Contudo, concentrações elevadas também foram registradas, pontualmente. Estas não conformidades foram transitórias e, aparentemente, as causas do aumento de cargas orgânicas foram distintas na malha amostral. O ponto PACBM-M, por exemplo, possui elevada declividade e, como citado anteriormente, elevado contingente de gado em seu entorno, o que o torna suscetível a aumentos de cargas orgânicas em períodos de chuva. O IGSA/SEBM sofreu intervenções para construção de via de acesso em período próximo à amostragem de março de 2013, o que pode ter ocasionado a elevação das cargas de fósforo num pico temporário, pois foi registrada posterior redução.

Os resultados da qualidade de água no entorno dos Canteiros demonstram, portanto, que as microbacias são influenciadas por contribuições difusas em toda a área, resultante de vários tipos de uso e ocupação nas suas adjacências.

De uma forma geral, os pontos de coleta do monitoramento limnológico trimestral em toda a área de influência da UHE Belo Monte apresentaram boa qualidade ambiental. No entanto, não conformidades foram frequentemente associadas aos períodos de chuvas pelo conseqüente transporte de material lixiviado e particulado, pelo aumento do escoamento superficial para os cursos d'água. Desta forma, alguns pontos de coleta apresentaram, sazonalmente, variações temporárias (com melhoras subsequentes) e naturais na qualidade da água, resultantes, principalmente, dos períodos de chuvas e do pulso de inundação do rio Xingu.

Não conformidades mais frequentes foram registradas em igarapés urbanos de Altamira (igarapés Panelas, Altamira e Ambé) e de Vitória do Xingu-PA (igarapé Tucuruí),

resultantes do uso e ocupação históricos das margens desses igarapés e da influência direta da área de suas bacias, ou seja, dos impactos de origem antrópica ali existentes, independentemente das obras do empreendimento. Deve-se ressaltar, porém, que as não conformidades observadas nos igarapés de Altamira não interferiram na qualidade da água do rio Xingu a jusante da foz desses igarapés. Além disso, várias intervenções positivas executadas pela Norte Energia, tais como remoção das palafitas, dragagem do leito, supressão da vegetação e interceptação e tratamento de esgotos lançados nos igarapés contribuíram para a melhoria da qualidade da água nesses sistemas.

A partir de abril de 2016, o monitoramento no Reservatório Intermediário passou a ser realizado na fase de pós-enchimento e operação. Neste período foi observado o déficit de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas das massas de água do corpo central do reservatório e próximo à Casa de Força Principal em Belo Monte. A condição de déficit de oxigênio no fundo da coluna de água se manteve na maioria dos pontos de monitoramento na campanha de julho de 2016, como consequência da intensa estiagem que ocorreu na região. Em outubro de 2016, devido à baixa vazão do rio Xingu e, como consequência, à menor vazão da água derivada ao RI, a coluna de água do reservatório Intermediário apresentou menores profundidades, permitindo que, pela ação do vento, houvesse mistura e reoxigenação da coluna de água. Porém, em abril de 2017, a maioria dos locais amostrados voltou a apresentar estratificação térmica e química, com déficit de oxigênio nas camadas mais profundas e florações de cianobactérias foram observadas na superfície em algumas porções do reservatório, atribuídas às condições mais estáveis do sistema, às características intrínsecas das algas, e ao aporte intensificado de nutrientes promovido pela elevada precipitação pluviométrica.

No Reservatório Xingu também se observou uma diminuição do oxigênio dissolvido com a profundidade das massas de água nas fases de enchimento e início da fase de pós-enchimento, porém, sem ocorrência de déficit de oxigênio no fundo do reservatório. Este decréscimo de oxigênio com a profundidade tem a mesma origem em ambos os reservatórios, ou seja, a decomposição da matéria orgânica previamente existente no solo em alguns pontos do RX e que foi inundada, bem como, aporte de nutrientes da bacia. Já nos monitoramentos entre julho de 2016 e abril de 2017, a coluna de água se manteve homogênea na maioria dos pontos monitorados, o que indica que o reservatório já se encontra em processo de estabilização.

O **Anexo 11.4.1 - 9** atende às recomendações do IBAMA apresentadas no Parecer 291/2013⁹, encaminhado em fevereiro de 2013; no Parecer 4933/2013¹⁰, encaminhado

⁹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 291/2013*. Análise do 2º Relatório Semestral de Andamento do Projeto Básico Ambiental, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 168/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, 31 de janeiro de 2013. 9 p.

¹⁰Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013 *Parecer Nº 4933/2013*. Análise do 3º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental e das Condicionantes da Licença de Instalação Nº 795/2011, da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, 31 de maio de 2013. 132 p.

em julho de 2013; no Parecer 7802/2013¹¹, encaminhado em janeiro de 2014; no Parecer 2586/2014¹², encaminhado em julho de 2014; e no Parecer 286/2015¹³, disponibilizado em março de 2015.

O registro fotográfico dos pontos no entorno dos canteiros é apresentado no mesmo anexo (**Anexo 11.4.1 - 9**).

11.4.1.2.4 MONITORAMENTO MENSAL – PONTOS PRÓXIMOS ÀS VIAS DE ACESSO E LINHAS DE TRANSMISSÃO

Os resultados do monitoramento mensal da qualidade da água obtidos nas campanhas entre janeiro de 2012 e maio de 2017 são apresentados e contextualizados, para cada uma das vias, no **Anexo 11.4.1 - 10**.

Os resultados obtidos nos pontos próximos às vias de acesso e linhas de transmissão mostram que a qualidade da água nos igarapés analisados sofre interferências de contribuições difusas em cada ponto e resultados em não conformidade com a legislação específica podem ser causados por fatores independentes às atividades inerentes à obra.

11.4.1.2.5 MONITORAMENTO MENSAL – INTERIOR DOS CANTEIROS

Como registrado em RCs anteriores, a gestão das águas no interior dos canteiros e no seu entorno continua envolvendo uma complexa atuação e constante integração entre Norte Energia, Consórcio Construtor Belo Monte (CCBM) e demais empresas executoras (entre o presente Projeto PBA 11.4.1 e o PBA 3.1: Programa de Controle Ambiental Intrínseco – PCAI). Os resultados do monitoramento mensal dos pontos de captação, bebedouros, em pontos de lançamento de efluentes sanitários e em pontos na saída das caixas separadoras de óleos e graxas serão apresentados integralmente somente no âmbito do Programa de Controle Ambiental Intrínseco, item 3.1 do presente Relatório Consolidado.

¹¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 7802/2013*. Análise do 4º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 7244/2013 COHID/IBAMA, 23 de janeiro de 2014. 26 p.

¹²Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2014. *Parecer Nº 2586/2014*. Análise do 5º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 1533/2014 COHID/IBAMA, 01 de julho de 2014. 12 p.

¹³Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2013. *Parecer Nº 7802/2013*. Análise do 6º Relatório Consolidado de Andamento do Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, processo Nº 02001.001848/2006-75, em complementação ao Parecer Nº 5236/2014 COHID/IBAMA, 27 de janeiro de 2015. 18 p.

11.4.1.2.6 CAMPANHAS ADICIONAIS NA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO

A seguir apresenta-se um resumo dos resultados obtidos durante o monitoramento da qualidade da água na fase de pós-enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, realizado entre os meses de março de 2016 a novembro de 2017 (data de corte para o presente RC). Tais informações oferecem um diagnóstico da evolução da qualidade da água dos reservatórios e dos igarapés inundados após a formação dos reservatórios. No **Anexo 11.4.1 - 11** do presente relatório são apresentadas, de forma detalhada, as informações sobre as campanhas adicionais pós-enchimento dos reservatórios.

As informações obtidas durante a fase de enchimento estão apresentadas no Relatório Técnico (RT_DS_Nº12_RC-Enchimento-Reservatórios_290416), referente ao Plano de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água para o Plano de Enchimento dos Reservatórios (PER), encaminhado ao IBAMA por meio da CE 0216/2016 - DS.

11.4.1.2.6.1 METODOS PARA AS CAMPANHAS ADICIONAIS PÓS ENCHIMENTO

No **Quadro – 11.4.1-20** estão apresentadas as informações referentes aos pontos monitorados nas campanhas adicionais pós-enchimento, sendo que os mapas com a localização dos pontos correspondentes estão apresentados nas **Figuras 11.4.1 - 113 a 11.4.1 - 116**.

Em campo, foram determinadas as seguintes variáveis: profundidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos totais, clorofila-a e temperatura da água, com o auxílio de Sondas Multiparamétricas. A transparência da água foi medida com o auxílio do Disco de Secchi. Para os pontos com demandas para atendimento específicos do Plano de Enchimento dos Reservatórios (PER), tais como aqueles localizados nos igarapés de Altamira, foram também determinados em laboratório os Coliformes Totais e *E. coli* pela técnica do substrato definido Colilert®, bem como Nitrogênio total e Fósforo total, baseados nos protocolos descritos em APHA (1998).¹⁴

Em relação aos igarapés de Altamira (Panelas, Altamira e Ambé), o prefixo “M” na nomenclatura dos pontos corresponde àqueles localizados na porção a montante da área urbana, sendo que o prefixo “02” corresponde aos pontos localizados na área urbana de maior interferência, e o prefixo “J” corresponde aos pontos localizados junto à foz dos igarapés.

O monitoramento adicional na fase de pós-enchimento foi realizado com frequência semanal nos pontos localizados no reservatório do Xingu, nos igarapés de Altamira e no Trecho de Restituição de Vazão, e com frequência de dias alternados (segundas,

¹⁴APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington. 1998.

quartas e sextas nos pontos localizados no reservatório Intermediário e no Canal de Fuga.

As informações dos pontos monitorados na fase de pós-enchimento se encontram mais detalhadas no **Anexo 11.4.1 - 11**.

Quadro 11.4.1 - 20 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de pós-enchimento nas áreas de influência dos Reservatórios da UHE Belo Monte no período entre março de 2016 e maio de 2017

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					M E	M S
RX02	RX	Rio Xingu	Próximo à foz do Igarapé Panelas	PERFIL	364825	9642028
PAN M	RX	Igarapé Panelas	Montante do Igarapé Panelas	SUPERFÍCIE	361607	9642323
PAN02	RX	Igarapé Panelas	Próximo à ponte da Av. Tancredo Neves, na cidade de Altamira	SUPERFÍCIE	362526	9642194
PAN J	RX	Igarapé Panelas	Na foz do Igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	364178	9642202
ALT M	RX	Igarapé Altamira	Montante do Igarapé Altamira	SUPERFÍCIE	362585	9646214
ALT02	RX	Igarapé Altamira	Na área urbana de Altamira	SUPERFÍCIE	364936	9646183
ALT J	RX	Igarapé Altamira	Na foz do Igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	366309	9646092
AMB M	RX	Igarapé Ambé	Montante do Igarapé, na ponte da Rodovia Transamazônica	SUPERFÍCIE	366774	9647763
AMB02	RX	Igarapé Ambé	Na área urbana de Altamira	SUPERFÍCIE	367145	9646750
AMB J	RX	Igarapé Ambé	Na foz do Igarapé no rio Xingu	SUPERFÍCIE	367250	9646174
RX18	RX	Rio Xingu	A jusante 1 km da cidade de Altamira	PERFIL	369015	9645307
RX24	RX	Rio Xingu	A jusante 7 km da cidade de Altamira	PERFIL	380375	9643752
PALHAL (RXN5)	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita do RX, distante cerca de 13 Km a montante do barramento do Pimental	PERFIL	383111	9627961
PALHAL 02	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita do RX, distante cerca de 15,5 Km a montante do barramento do Pimental.	PERFIL	380755	9628659
BASTIÃO	RX	Rio Xingu	Localizado em braço na margem direita	PERFIL	389521	9224322

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					M E	M S
			do RX, no igarapé Bastião, distante cerca de 10,0 km a montante do barramento do Pimental.			
IDM	RX	Rio Xingu	Ponto localizado em braço formado na Margem Esquerda do RX, área do antigo Igarapé Di Maria, distante cerca de 4,3 km a montante do barramento do Pimental.	PERFIL	397174	9624564
RX03	RX	Rio Xingu	Próximo ao eixo da Barragem Principal	PERFIL	393609	9621881
ENTRADA DO CANAL DE DERIVAÇÃO	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na entrada do Canal de Derivação	PERFIL	394285	9627386
CANAL (TRAV.27)	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado no canal de derivação do RI, em baixo da ponte do travessão 27.	PERFIL	400568	9635447
CN01	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Paquiçamba a cerca de 20 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	407520	9634361
CN 02	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca a cerca de 18 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	405444	9639323
CN 03	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Paquiçamba, a cerca de 24 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	409457	9630746
CN 04	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca, a cerca de 16,3 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	415044	9637589
CN 05	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cajueiro, a	PERFIL	418153	9639199

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					M E	M S
			cerca de 15,3 km a montante do barramento de Belo Monte			
CN 06	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cobal a cerca de 7,3 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	415737	9645370
CN 07	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Aturiá a cerca de 5,0 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	413266	9648500
CN 08	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Aturiá, a cerca de 8,5 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	410077	9647884
RI N1	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Cobal a cerca de 11 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	413230	9643317
RI N2	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado na Bacia do Ticaruca, a cerca de 15,5 km a montante do barramento de Belo Monte	PERFIL	411702	9639175
CN09	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção central da barragem do RI	PERFIL	413776	9653380
CN09-B	RI	Reservatório Intermediário	Próximo à tomada d'água, na porção a esquerda da barragem do RI	PERFIL	413586	9653963
CN09-C	RI	Reservatório Intermediário	Ponto localizado a 1,6 km a montante do barramento de Belo Monte, na Bacia do Santo Antonio	PERFIL	413202	9652558
CANAL DE FUGA-M	CF	Canal de Fuga	Junto à barragem do RI	PERFIL	455804	9654391
CANAL DE FUGA-J	CF	Canal de Fuga	Próximo à foz no rio Xingu	PERFIL	413628	9655290
RX 07	TRV	Rio Xingu	A jusante 2 km do Canal de Fuga	PERFIL	412421	9657260
PTRV01	TRV	Rio Xingu	A jusante 4 km do	PERFIL	410747	9658329

PONTO	ÁREA	CORPO D'ÁGUA	LOCALIZAÇÃO	COLETA DE AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO (UTM)	
					M E	M S
			Canal de Fuga			
PTRV02	TRV	Rio Xingu	A jusante 5 km do Canal de Fuga	PERFIL	410070	9658886
PTRV03	TRV	Rio Xingu	A jusante 9 km do Canal de Fuga	PERFIL	408843	9662656

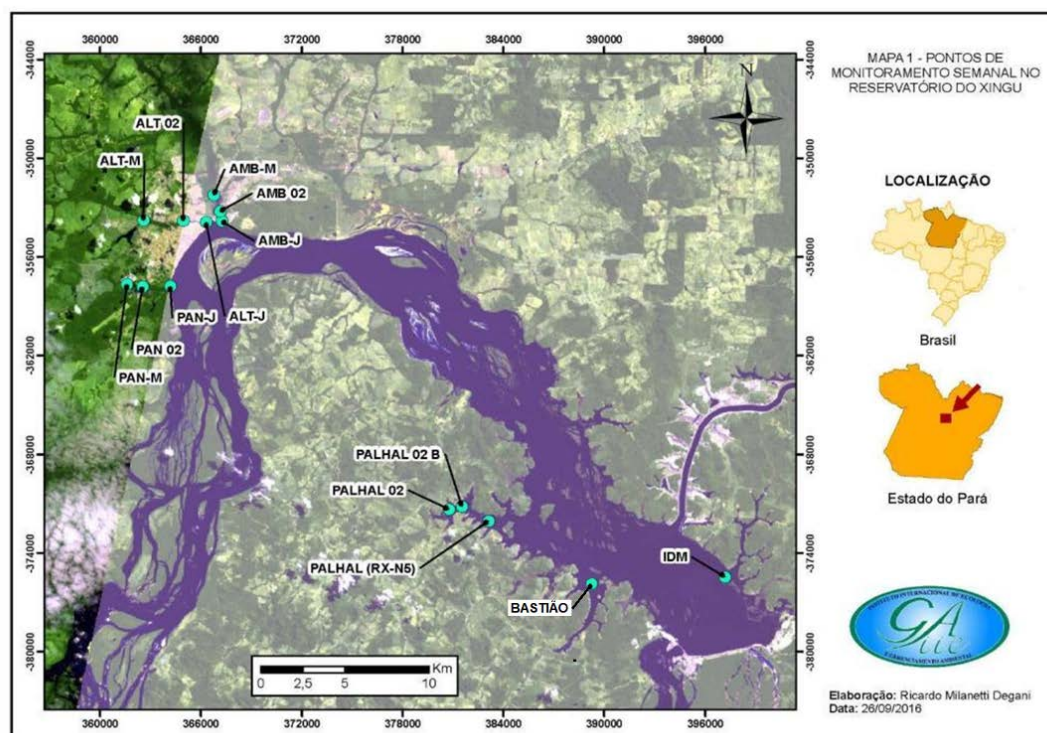


Figura 11.4.1 - 113 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de operação na área do Reservatório do Xingu no período entre março de 2016 e novembro de 2017.

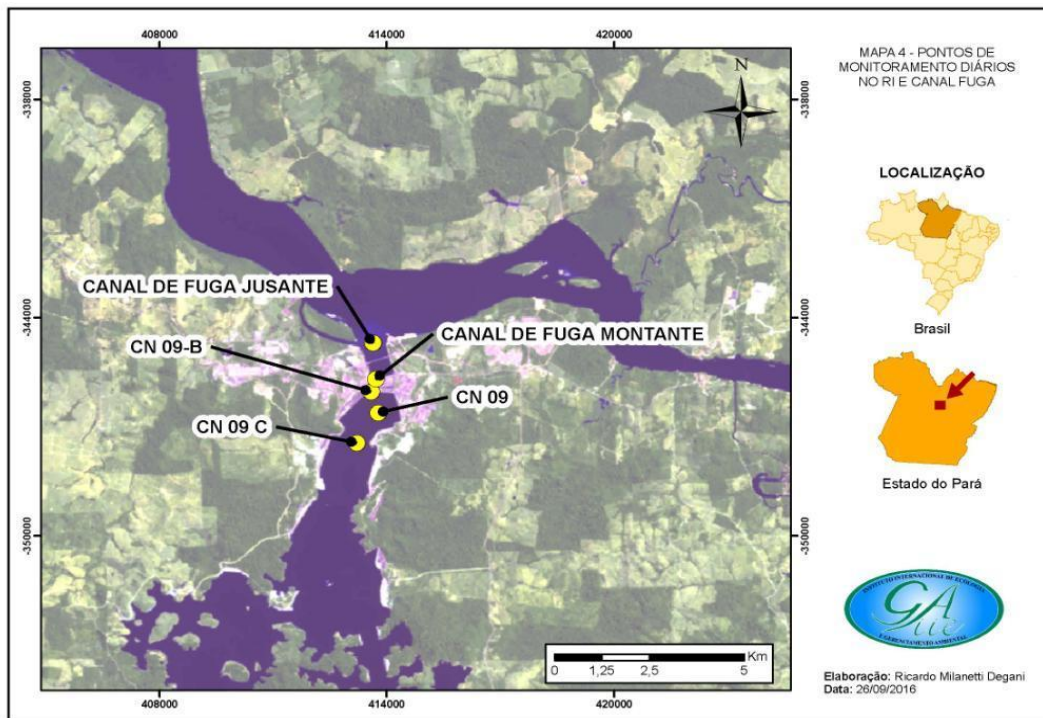


Figura 11.4.1 - 114 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de operação na área do Reservatório Intermediário próxima ao barramento e no Canal de Fuga no período entre março de 2016 e novembro de 2017.

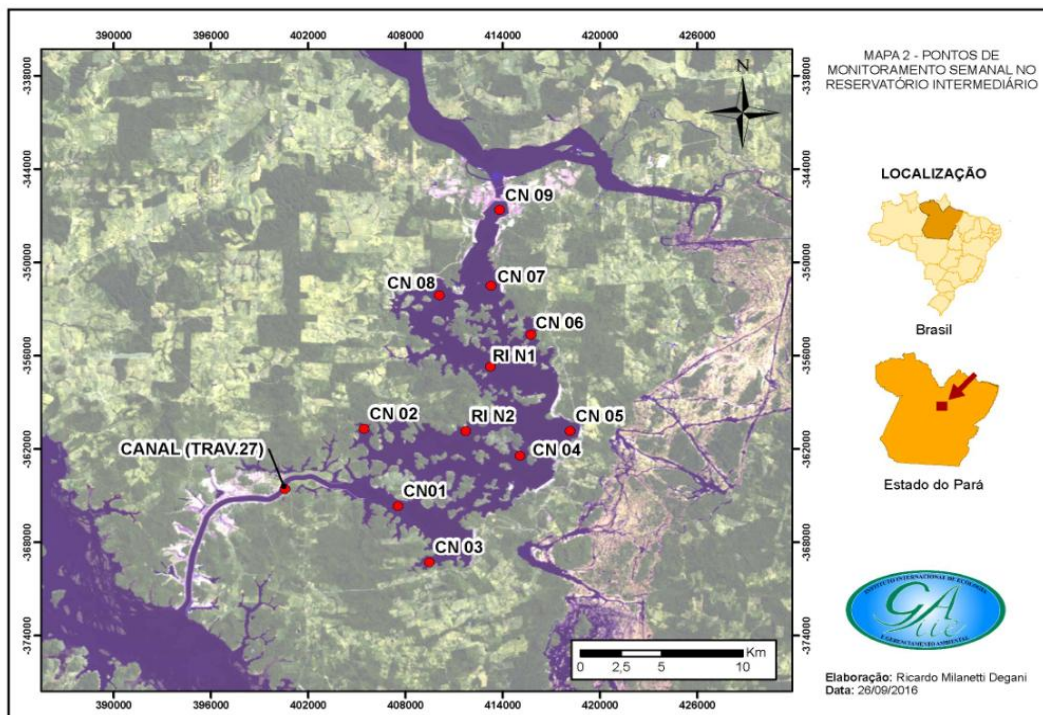


Figura 11.4.1 - 115 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de operação na área do Reservatório Intermediário no período entre março de 2016 e novembro de 2017.

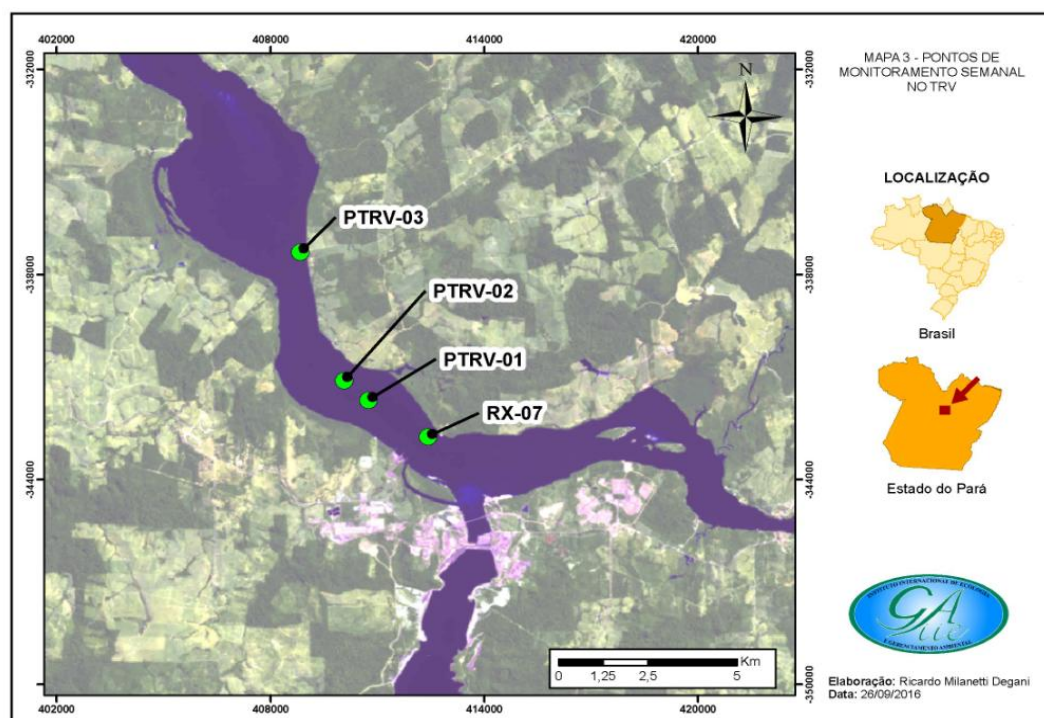


Figura 11.4.1 - 116 – Pontos de amostragem monitorados durante a fase de operação na área do Trecho de Restituição de Vazão no período entre março de 2016 e novembro de 2017.

11.4.1.2.6.2 RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS ADICIONAIS NA FASE PÓS ENCHIMENTO

11.4.1.2.6.2.1 RESERVATÓRIO XINGU

Nos pontos localizados no Reservatório Xingu, na fase de pós-enchimento, não conformidades em relação aos valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 foram observadas apenas para concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas da coluna de água nos pontos PALHAL, PALHAL 2, BASTIÃO e IDM, todos localizados em braços (formados em alguns igarapés) do Reservatório Xingu. Tais ocorrências podem ser melhor observadas nos gráficos de isolinhas apresentadas nas **Figuras 11.4.1 - 117 a 11.4.1 - 120**. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas nas camadas mais profundas nesses braços (igarapés inundados) era um fato previsto durante e após os primeiros meses da formação do reservatório, resultante da decomposição da matéria orgânica lábil existente no solo inundado, bem como da matéria orgânica lixiviada da área inundada e transportada para o leito do reservatório.

No caso dos pontos PALHAL e PALHAL 2, as camadas deficientes em oxigênio dissolvido no hipolímnio foram observadas no período entre março e setembro de 2016 e

de 2017, possivelmente resultante do maior represamento e da menor circulação da água nesses braços nos períodos de enchente, cheia e início da vazante, promovidos pelo nível do Reservatório Xingu. No caso dos pontos BASTIÃO e IDM, as não conformidades ocorreram em períodos mais curtos.

As demais variáveis de qualidade da água nos pontos localizados no corpo principal do Reservatório Xingu e nos seus principais braços estiveram sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação, o que demonstra que, apesar da recente formação do Reservatório Xingu, a qualidade da água se encontra em bom estado, com tendência progressiva à melhora com a estabilização do sistema, o que já é evidente. O baixo tempo de retenção do Reservatório Xingu e a boa qualidade da água proveniente do rio Xingu certamente contribuíram para o cenário observado.

Os demais pontos monitorados no corpo principal do Reservatório Xingu, tais como RX 02, RX 18, RX 24 e RX 03, apresentaram concentrações das variáveis de qualidade da água sempre em conformidade com os valores limites estabelecidos pela legislação.

Ponto Palhal (RX)

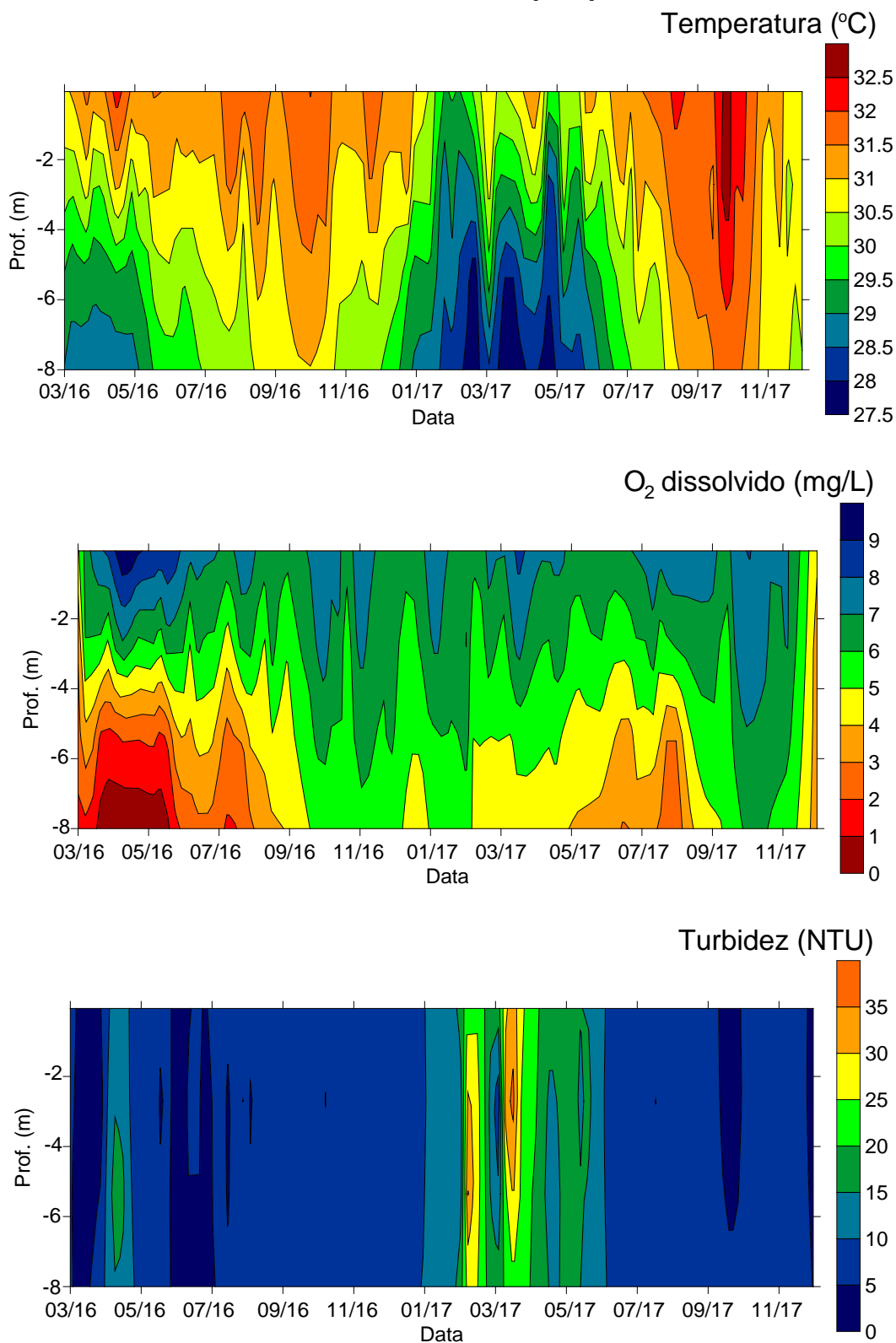


Figura 11.4.1 - 117 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Palhal, localizado no braço formado pelo igarapé Palhal na área do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto Palhal 2 (RX)

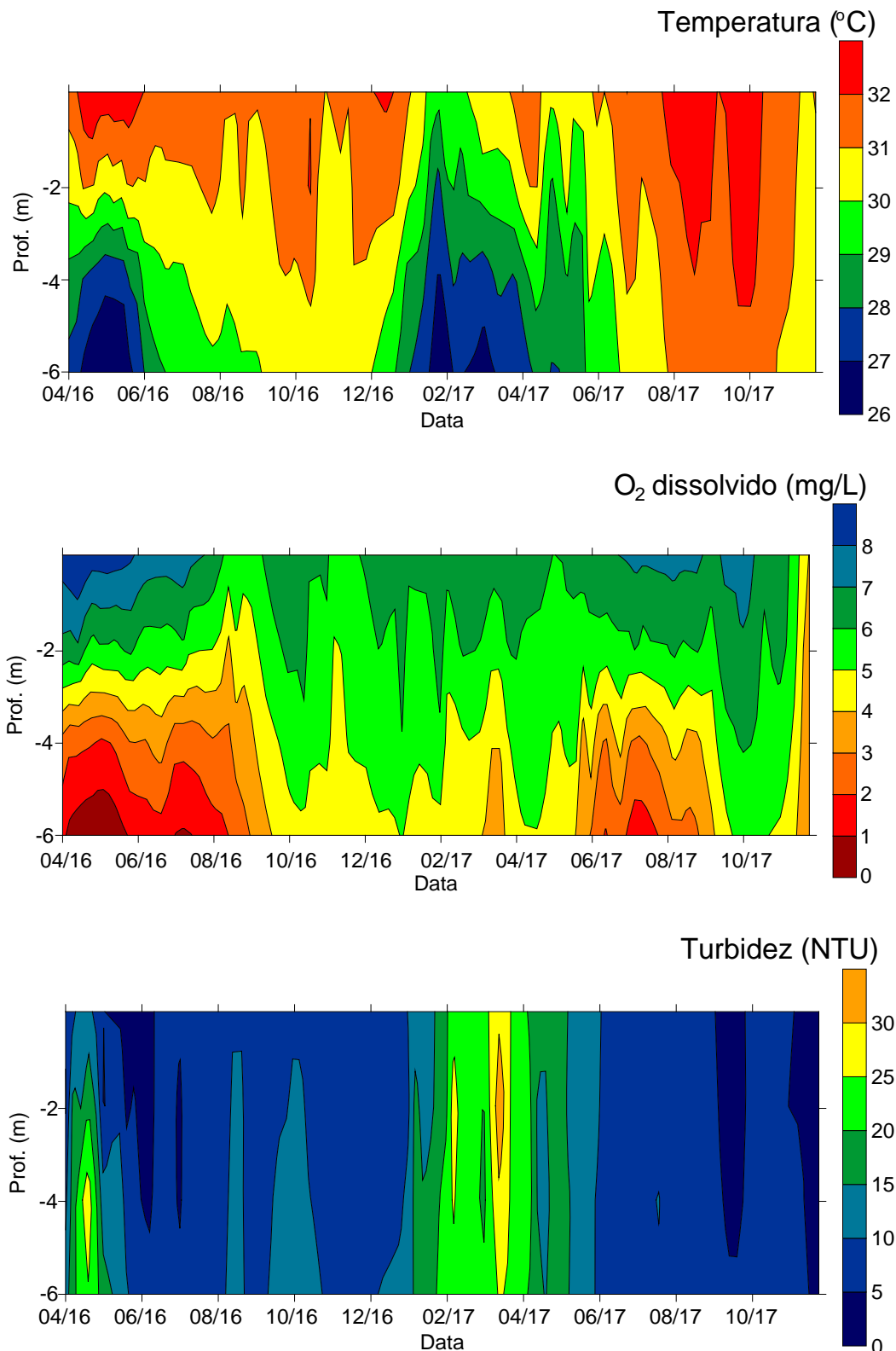


Figura 11.4.1 - 118 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Palhal 2, localizado no braço formado pelo igarapé Palhal na área do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto Bastião (RX)

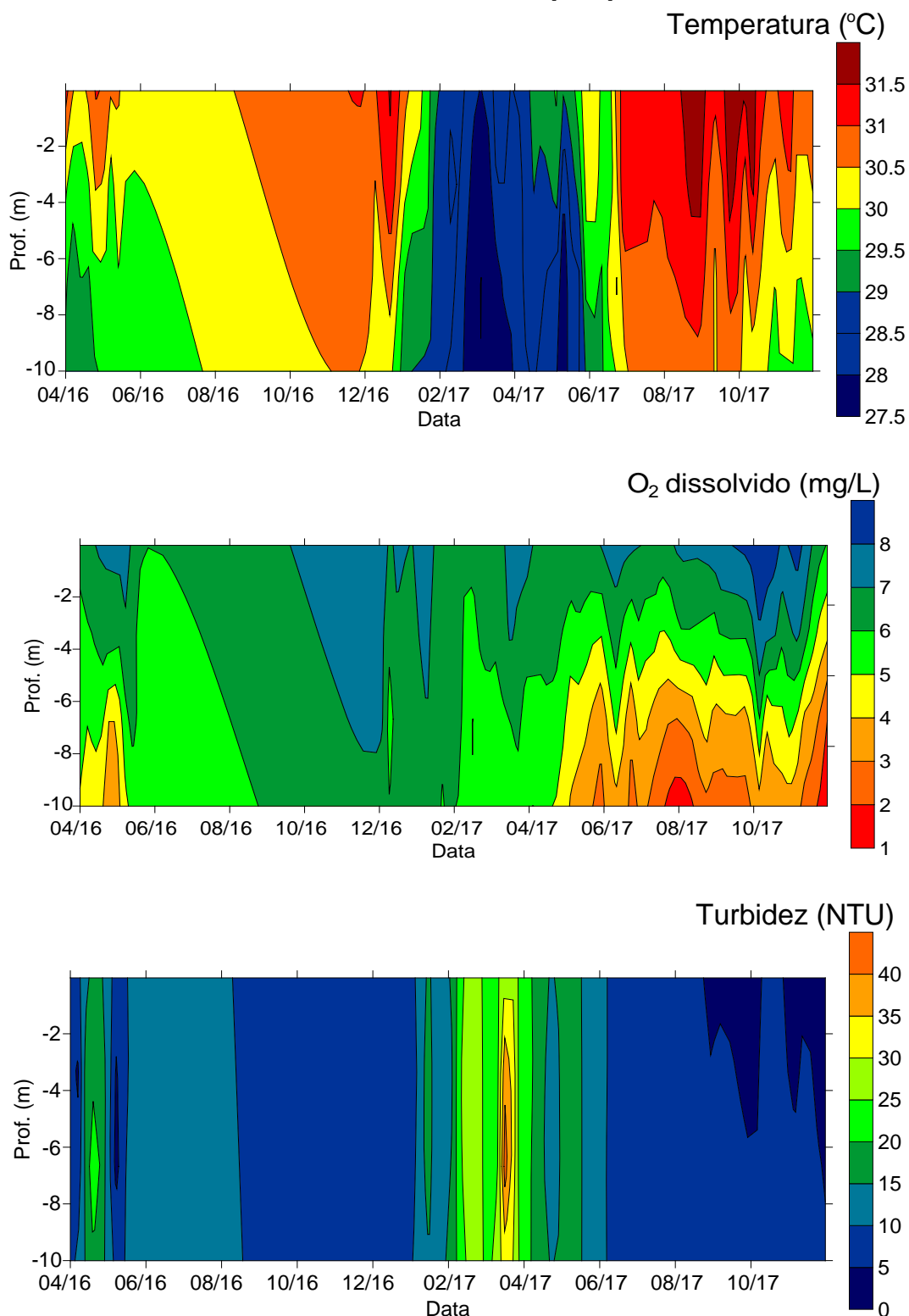


Figura 11.4.1 - 119 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Bastião, localizado no braço formado pelo igarapé Bastião na área do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto IDM (RX)

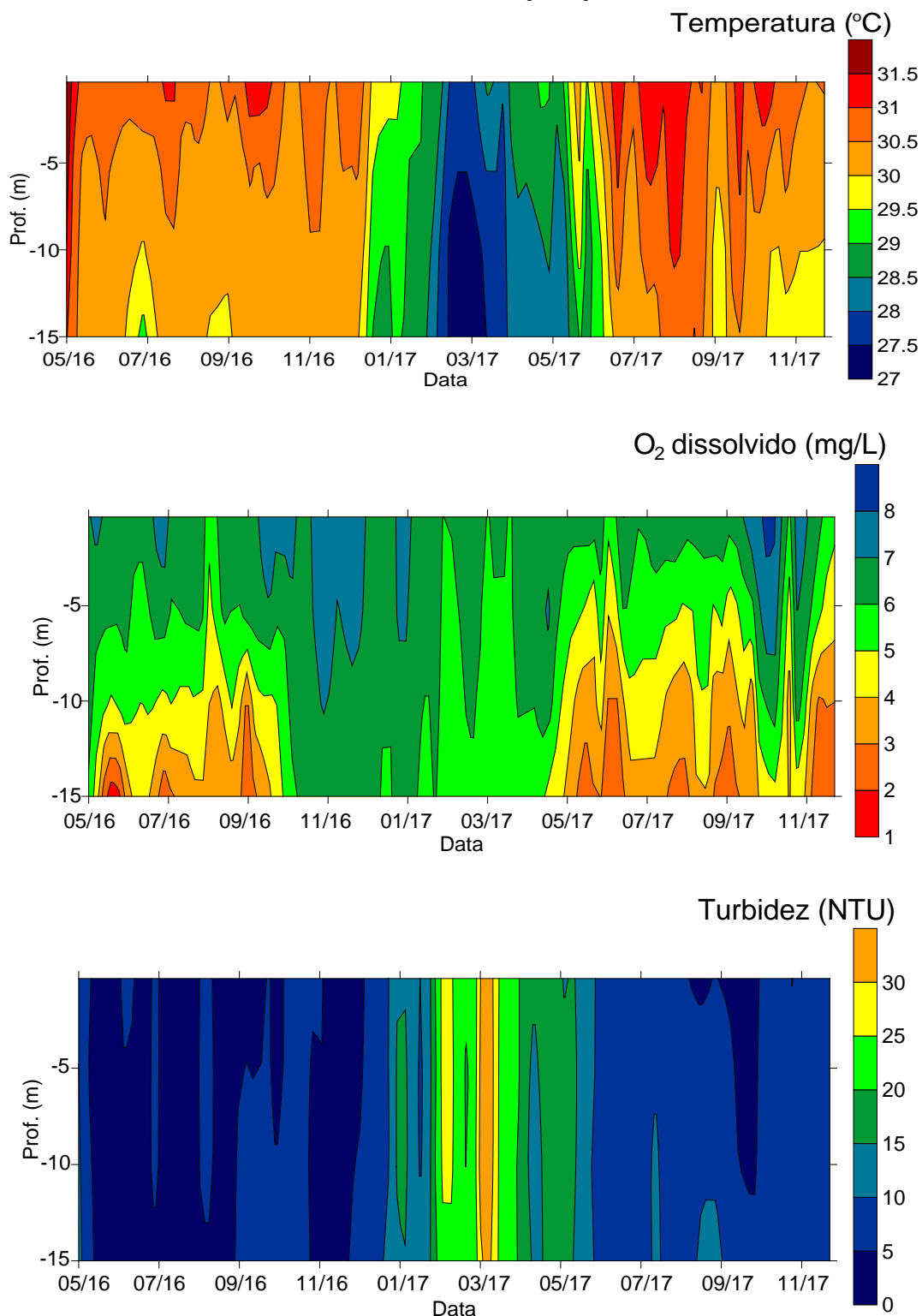


Figura 11.4.1 - 120 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Di Maria, localizado no braço formado pelo igarapé Di Maria na área do RX (maio de 2016 a novembro de 2017).

11.4.1.2.6.2.2 IGARAPÉS DE ALTAMIRA

IGARAPÉ PANELAS

Nos pontos localizados no igarapé Panelas, verifica-se que não conformidades em relação aos valores norteadores da legislação foram observadas para a concentração de oxigênio dissolvido, pH e turbidez, principalmente no ponto PAN-M, localizado na porção a montante da área urbanizada e sem influência do reservatório, e eventualmente no ponto PAN-02 (**Figura 11.4.1 - 121**). Nos meses entre abril e outubro de 2017, correspondentes aos períodos de cheia, vazante e seca, concentrações de oxigênio dissolvido em não conformidade foram observadas nos pontos PAN-M e PAN 02. No caso do ponto PAN 02, as não conformidades são possivelmente resultantes do represamento do igarapé causado pelo elevado nível do RX, o qual limitou a circulação e a reoxigenação da água e/ou característica da bacia, considerando que o ponto de montante também apresentou não conformidade. Já as não conformidades observadas em relação à concentração de oxigênio dissolvido e turbidez no ponto PAN-M podem ser resultantes da característica do igarapé naquela porção, com vazão reduzida e condições naturais de estagnação.

Os valores de pH em não conformidade com a legislação são resultantes das características naturais da bacia, a qual apresenta águas predominantemente ácidas influenciadas tanto pela litologia, como pela presença de substâncias húmicas provenientes da decomposição da matéria orgânica da mata ciliar.

Por outro lado, no ponto PAN-J, localizado na foz do igarapé no rio Xingu, não conformidades, em relação à concentração de oxigênio dissolvido, foram observadas apenas esporadicamente nos meses de abril de 2016 e agosto de 2017, correspondentes aos períodos de cheia e vazante, respectivamente, sendo que, nos demais meses, as concentrações se mantiveram sempre em conformidade. Da mesma forma, valores de turbidez no ponto PAN-J estiveram sempre em conformidade com os valores limites da legislação.

Nos meses de janeiro março e agosto de 2017, valores de *E. coli* em não conformidade foram observados no ponto PAN-M (**Figura 11.4.1 - 122**), localizado na porção de montante deste igarapé, possivelmente influenciados pela elevada precipitação que ocorreu nesses meses, a qual resultou no transporte de material fecal existente na bacia ao igarapé por escoamento superficial. Porém, nos outros dois pontos do igarapé Panelas, com exceção do ponto PAN 02 em julho de 2017, não se observou não conformidade em relação à *E. coli*. Valores em não conformidade em relação à fósforo total foram observados no ponto PAN M em janeiro de 2017 e no ponto PAN 02 em novembro de 2017, possivelmente resultantes do aporte de fósforo do entorno promovido pelas elevadas precipitações nesses períodos. Já os valores de DBO se mantiveram em conformidade com a legislação nos três pontos monitorados no igarapé Panelas, não evidenciando, portanto, impactos resultantes, por exemplo, de aportes de esgoto doméstico no igarapé.

Esses resultados demonstram que o igarapé Panelas não interfere negativamente na qualidade da água do Reservatório Xingu, dada a qualidade satisfatória da água na sua foz.

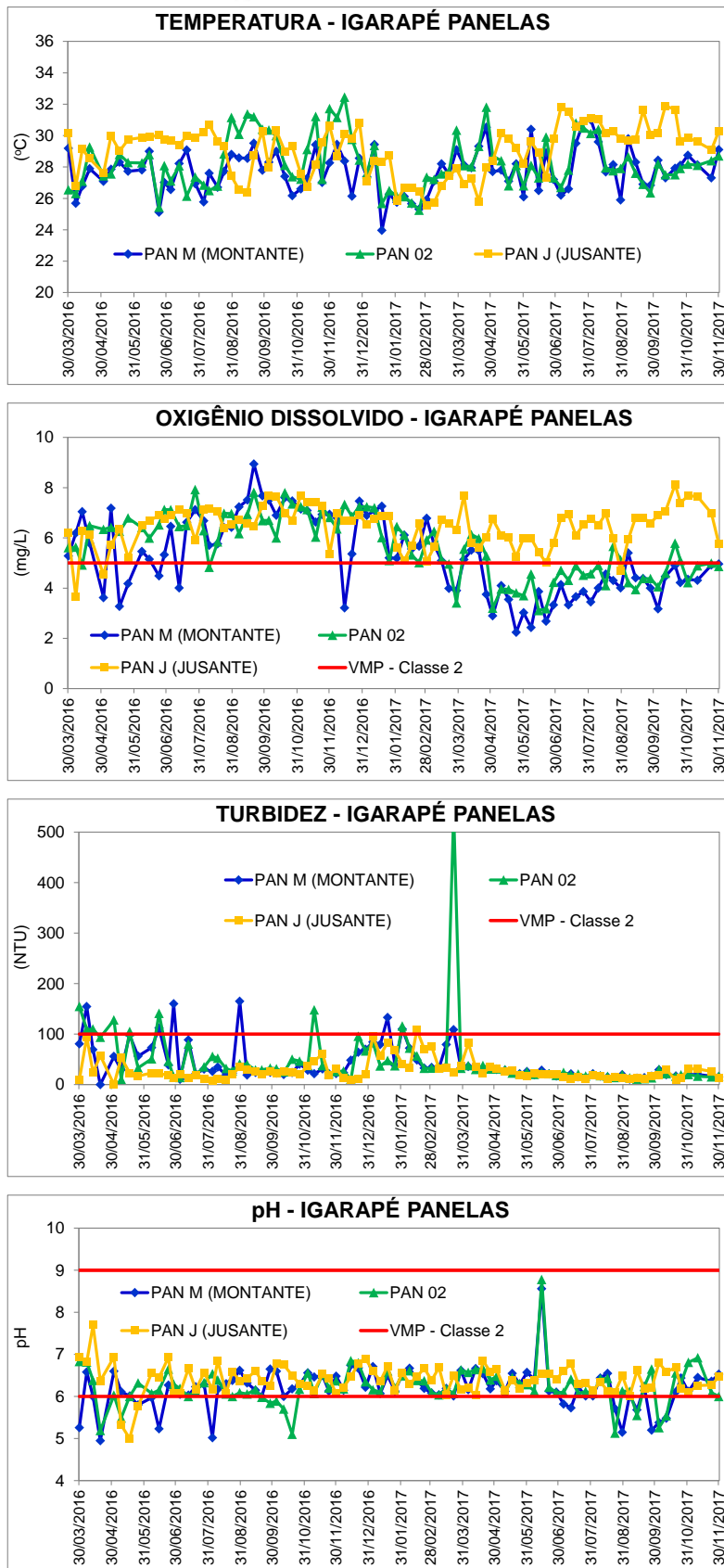


Figura 11.4.1 - 121 - Gráficos de variação temporal de temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e pH nos pontos localizados no igarapé Panelas durante a fase de operação do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

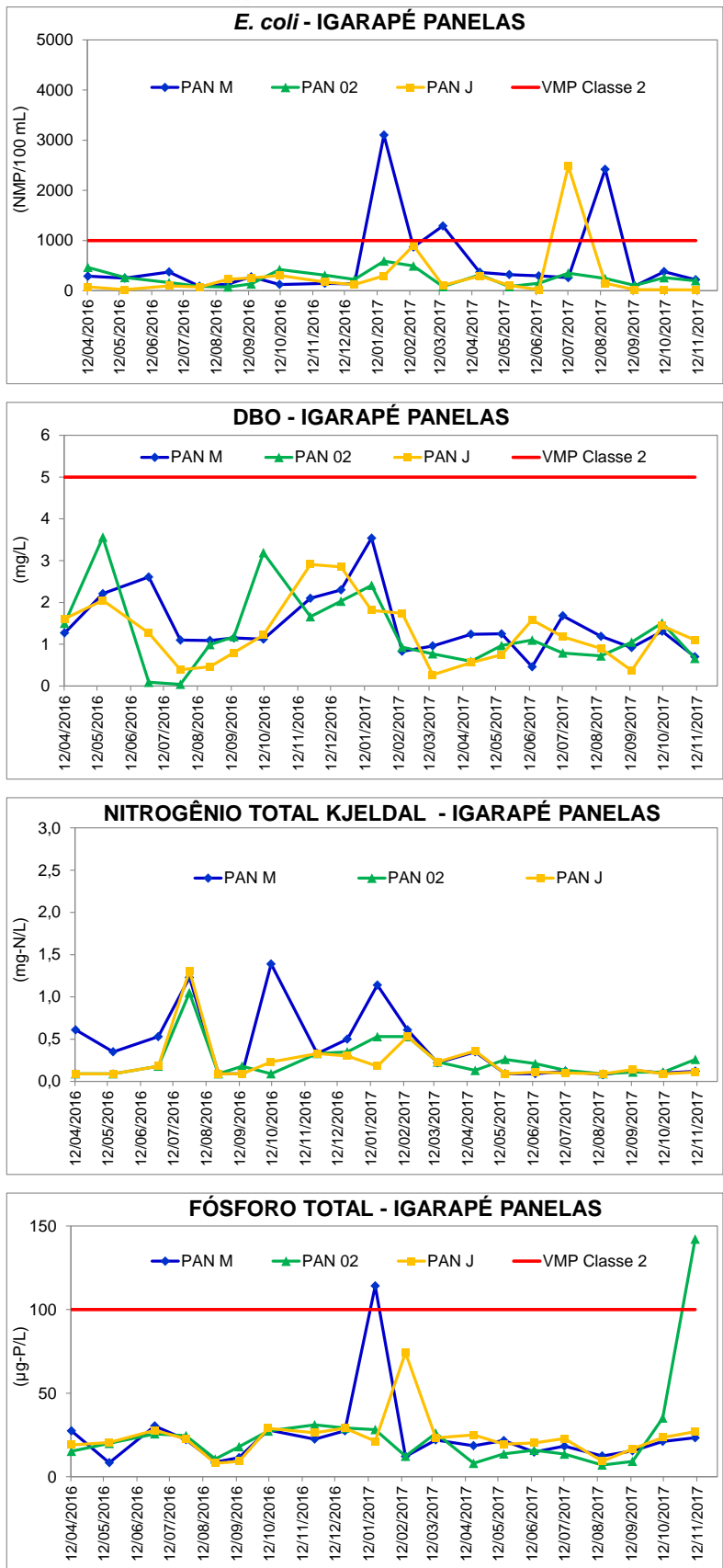


Figura 11.4.1 - 122 - Gráficos de variação temporal de *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total nos pontos localizados no igarapé Pannels durante a fase de pós-enchimento do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

IGARAPÉ ALTAMIRA

De forma semelhante ao igarapé Panelas, nos pontos localizados no igarapé Altamira, não conformidades temporárias em relação aos valores norteadores da legislação foram observadas para oxigênio dissolvido, turbidez, pH e *E. coli* (**Figura 11.4.1 – 123 e Figura 11.4.1 – 124**). Não conformidades em relação à concentração de oxigênio dissolvido foram observadas no ponto ALT 02, possivelmente resultantes da influência do aporte orgânico proveniente da área urbana de Altamira durante os períodos de grande precipitação, como abril e novembro, e no período de estiagem (julho, agosto e outubro), pela pouca profundidade do igarapé. Concentrações em não conformidade também foram observadas nos pontos ALT 02 e ALT-M (a montante da área de intervenção das obras do entorno ou do próprio RX) nos meses de abril e maio de 2017. As não conformidades observadas em relação ao pH são resultantes das características naturais do igarapé, com águas predominantemente ácidas.

Valores de *E. coli* em não conformidade com a legislação foram verificadas principalmente no ponto ALT 02, mas também registros foram verificados no ponto de montante ALT-M, resultantes da influência do aporte proveniente das atividades agropecuárias na bacia, na qual há fazendas com criações de animais de grande porte (Bovinocultura) e/ou até mesmo da área urbana de Altamira, principalmente nos períodos de maior precipitação, como em abril de 2016 e em janeiro e abril de 2017, quando os aportes são mais significativos. Já no ponto ALT-J, não conformidades em relação à *E. coli* foram observadas, destacando-se os valores mais elevados entre abril e julho de 2017 e em setembro de 2017, possivelmente relacionados ao grande fluxo de embarcações (diversas embarcações ficam ancoradas próximas a esse ponto, e não há coleta adequada para os efluentes nelas gerados, incluindo dejetos humanos) no local e, também, devido ao ponto de monitoramento estar localizado próximo a uma área de apoio aos carroceiros da cidade de Altamira (no Centro Náutico).

As demais variáveis, como DBO e fósforo total, apresentaram concentrações sempre em conformidade com a legislação, não evidenciando, portanto, aportes importantes de carga orgânica e nutrientes no igarapé durante o período monitorado.

Deve-se ressaltar que as não conformidades observadas nos igarapés de Altamira não interferiram na qualidade da água do Reservatório Xingu a jusante da foz desses igarapés. Além disso, várias intervenções positivas executadas pela Norte Energia, tais como remoção das palafitas (com relocação da população para locais com tratamento de esgoto implantado), retificação do leito, remoção de vegetação e de resíduos sólidos, contribuíram para a melhoria da qualidade da água nesses sistemas.

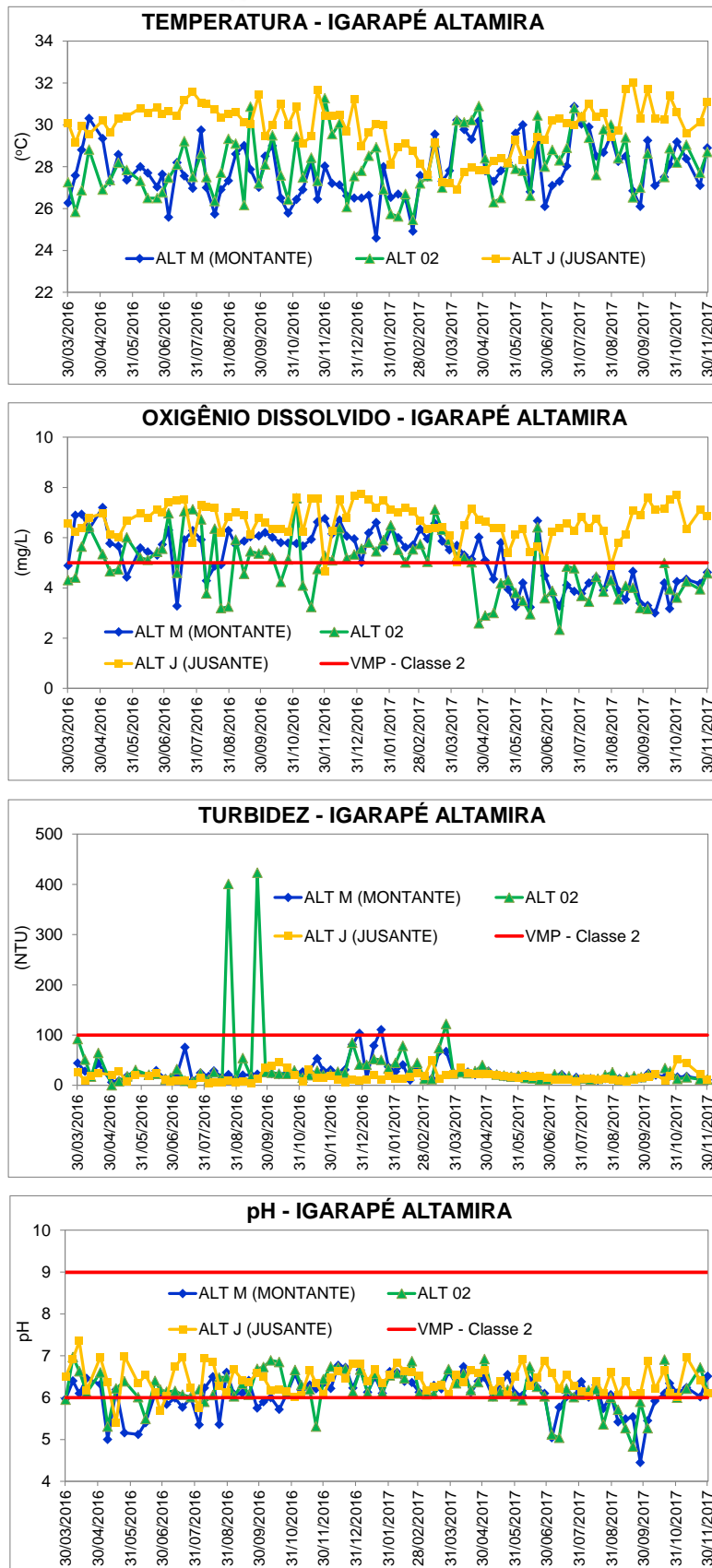


Figura 11.4.1 - 123 - Gráficos de variação temporal de temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e pH nos pontos localizados no igarapé Altamira durante a fase de pós-enchimento do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

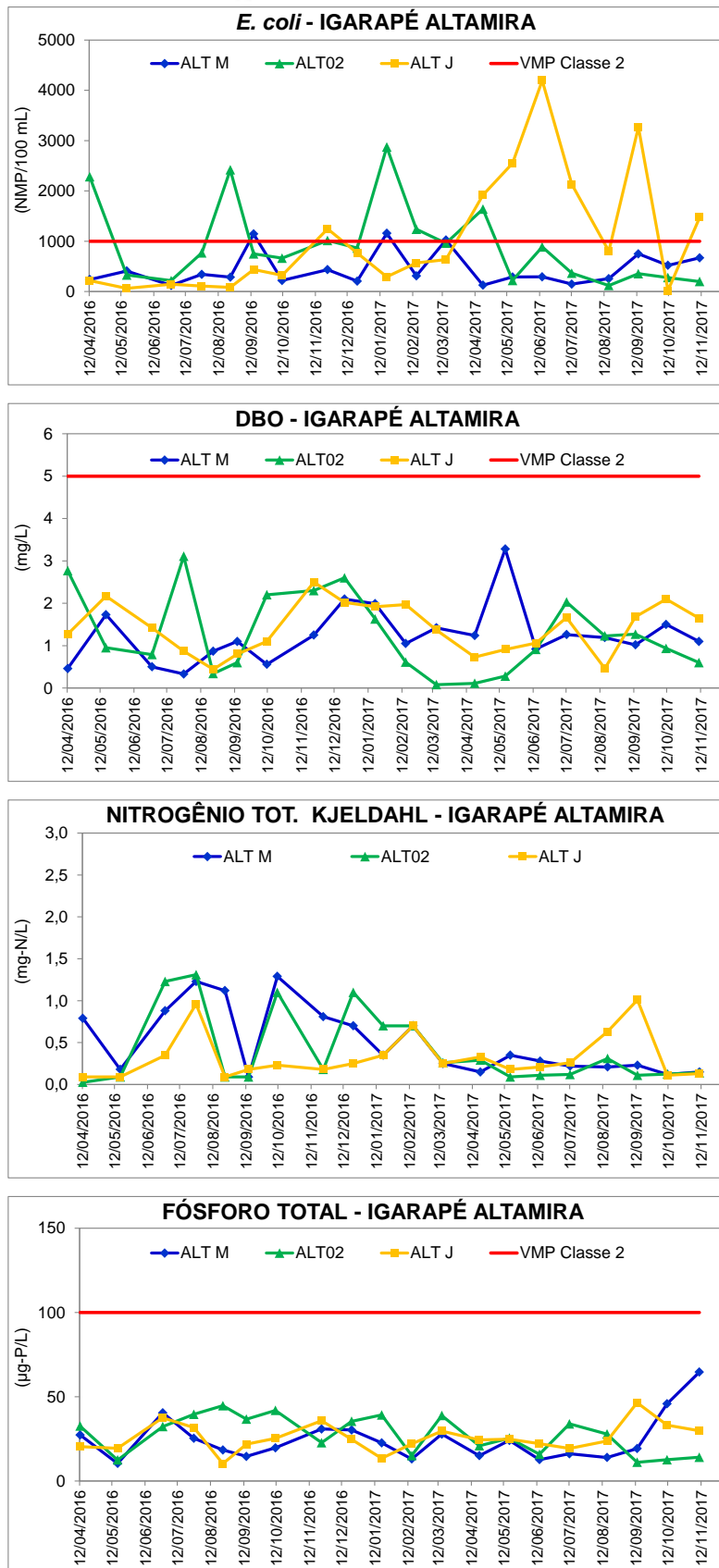


Figura 11.4.1 - 124 - Gráficos de variação temporal de *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total nos pontos localizados no igarapé Altamira durante a fase de pós-enchimento do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

IGARAPÉ AMBÉ

De forma semelhante aos igarapés Panelas e Altamira, as não conformidades observadas em relação aos valores limites estabelecidos pela legislação para o pH são resultantes das características naturais do igarapé Ambé, com águas predominantemente ácidas. Já as não conformidades em relação à concentração de oxigênio dissolvido foram observadas principalmente no ponto AMB-M, localizado na porção de montante da influência do reservatório, bem como em alguns períodos no ponto AMB 02, situado no trecho médio do referido igarapé (**Figura 11.4.1 - 125**). As baixas concentrações de oxigênio nesse igarapé, principalmente no ponto AMB-M, são resultantes das características hidrodinâmicas do corpo hídrico, o qual apresenta áreas alagadas naturais que resultam em maior estagnação da água e, conseqüentemente, na redução da oxigenação. Nos meses de março a setembro de 2017, o oxigênio dissolvido permaneceu em baixas concentrações e em não conformidade com a legislação nos pontos AMB-M e AMB 02. Tal fato foi resultante das condições naturais do igarapé, considerando que, na sua bacia, há uma grande área de Floresta Aluvial que fica alagada, o que dificulta a circulação e a reoxigenação a água. Nesse período, verificou-se, também, um aumento na concentração de *E. coli* no ponto AMB-M (**Figura 11.4.1 - 126**), resultante do aporte de material fecal proveniente da bacia, cujo aporte orgânico também pode ter influenciado na redução da concentração de oxigênio dissolvido no igarapé.

Já as variáveis DBO e fósforo total apresentaram valores sempre em conformidade com a legislação durante o período monitorado, o que demonstra que o igarapé Ambé não interfere de forma negativa na qualidade da água do Reservatório Xingu em termos de carga orgânica e nutrientes. As inúmeras intervenções também realizadas no curso desse igarapé na área urbana de Altamira certamente contribuíram para a melhoria da qualidade da água desse igarapé.

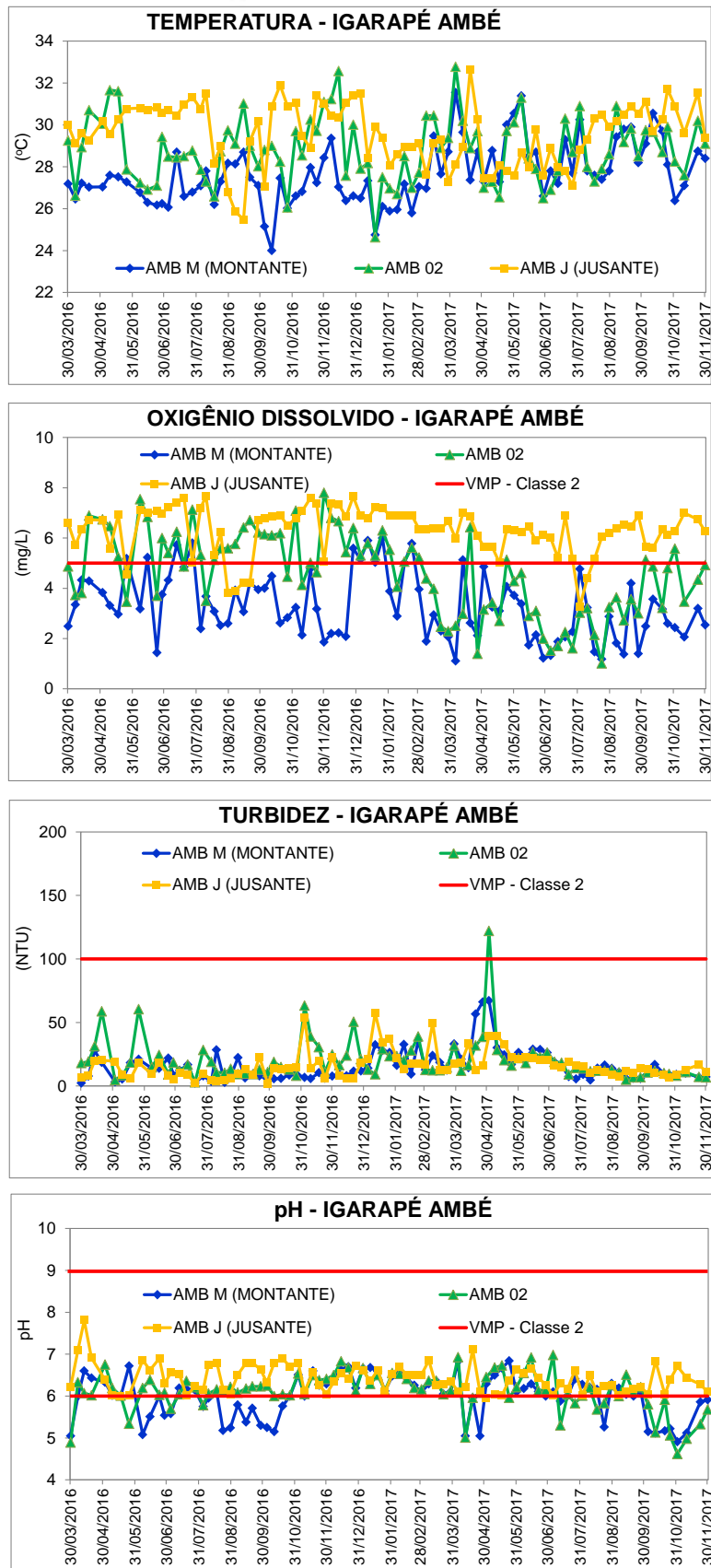


Figura 11.4.1 - 125 - Gráficos de variação temporal de temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e pH nos pontos localizados no igarapé Ambé durante a fase de pós-enchimento do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

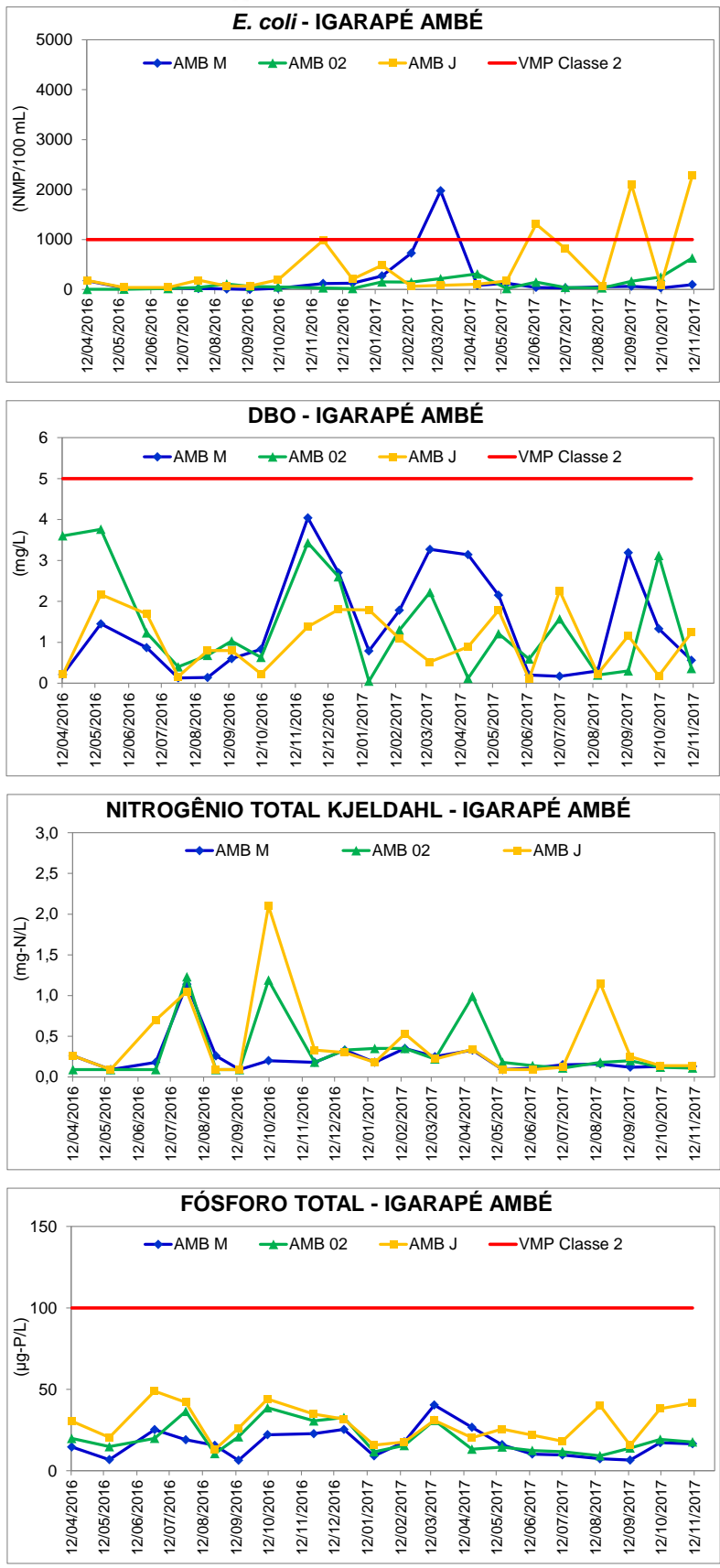


Figura 11.4.1 - 126 - Gráficos de variação temporal de *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total nos pontos localizados no igarapé Ambé durante a fase de pós-enchimento do RX (abril de 2016 a novembro de 2017).

11.4.1.2.6.2.3 RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO

Pontos CN09, CN09-B e CN09-C

Não conformidades em relação à legislação foram observadas para a variável concentração de oxigênio dissolvido nos três pontos, principalmente nas camadas abaixo de 5 m da coluna de água, com valores próximos à anoxia na camada de 30 m de profundidade nos meses de abril a agosto de 2016 e em novembro de 2017 (**Figuras - 11.4.1 - 127 a 11.4.1 - 129**). Tal condição foi influenciada pela estratificação térmica observada nesse período, sendo que, nos meses subsequentes, ocorreu uma retração da camada deficiente em oxigênio dissolvido, com aumento gradual da concentração na camada de 0 a 30 m.

Este déficit de oxigênio corresponde a uma coluna da água mais homogênea termicamente, o que está relacionado com a baixa circulação das massas de água no reservatório, fato que favorece o consumo de oxigênio nas camadas mais profundas pela oxidação da matéria orgânica.

No mês de janeiro, na época de chuvas, com as unidades geradoras em funcionamento, se observou a formação de uma coluna de água homogênea e oxigenada. Entre março e novembro de 2017, houve novamente uma redução na concentração de oxigênio dissolvido na camada mais profunda, porém, mesmo que os valores estivessem abaixo dos valores recomendados pela legislação, não se evidenciou anoxia nesse período da forma como ocorreu no início da fase de operação, o que demonstra um processo que levará à estabilização do reservatório.

Após a observação do comportamento das variáveis físicas e químicas durante um ciclo hidrológico completo, nos pontos CN09, CN09-B e CN09-C, pode-se concluir que o processo de estabilização do RI é fortemente influenciado pela sazonalidade e pela operação de unidades geradoras da Casa de Força Principal da UHE Belo Monte.

Ponto CN 09 (RI)

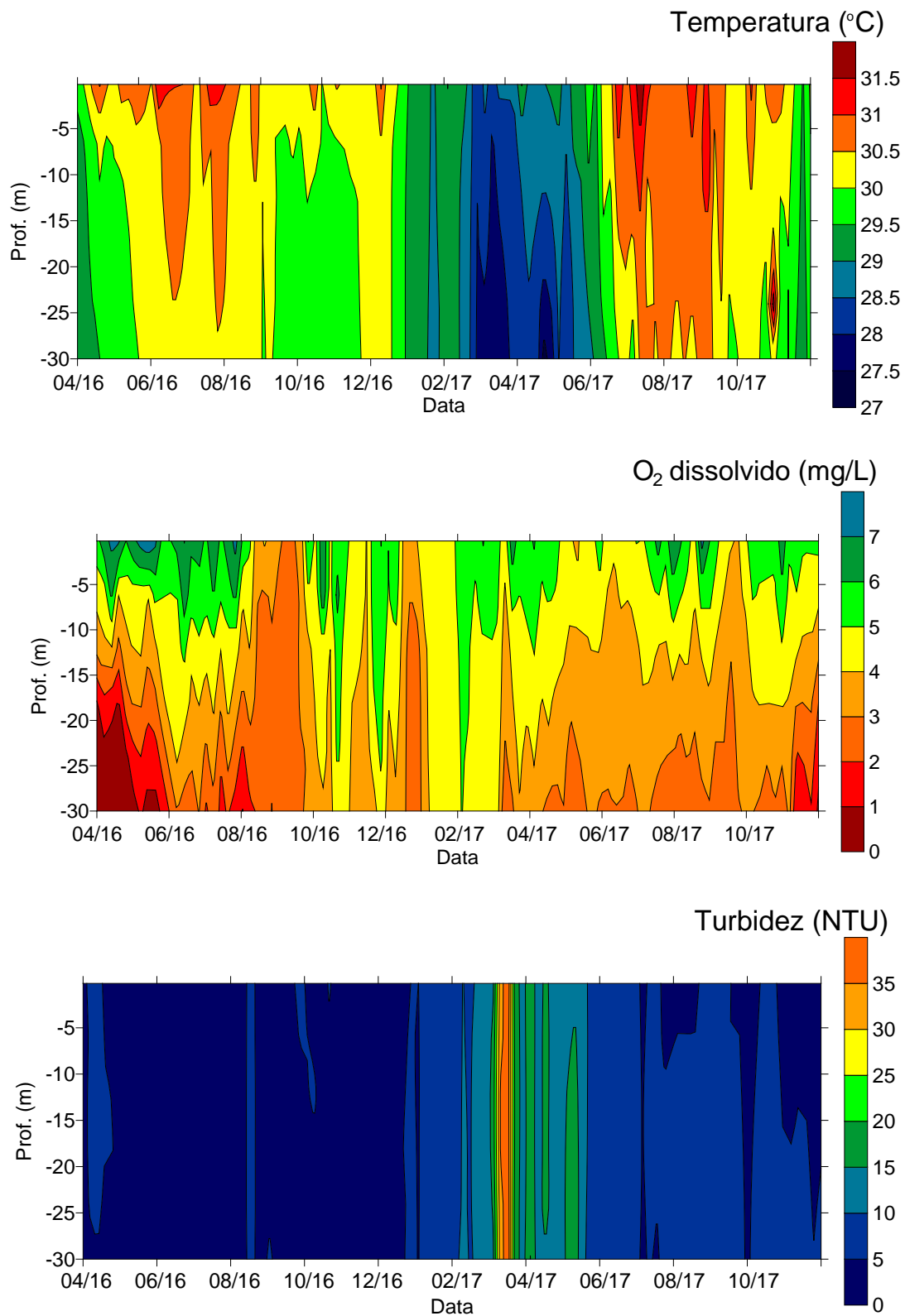


Figura 11.4.1 - 127 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 09, localizado no RI, próximo à tomada d' água, na porção central da barragem (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 09B (RI)

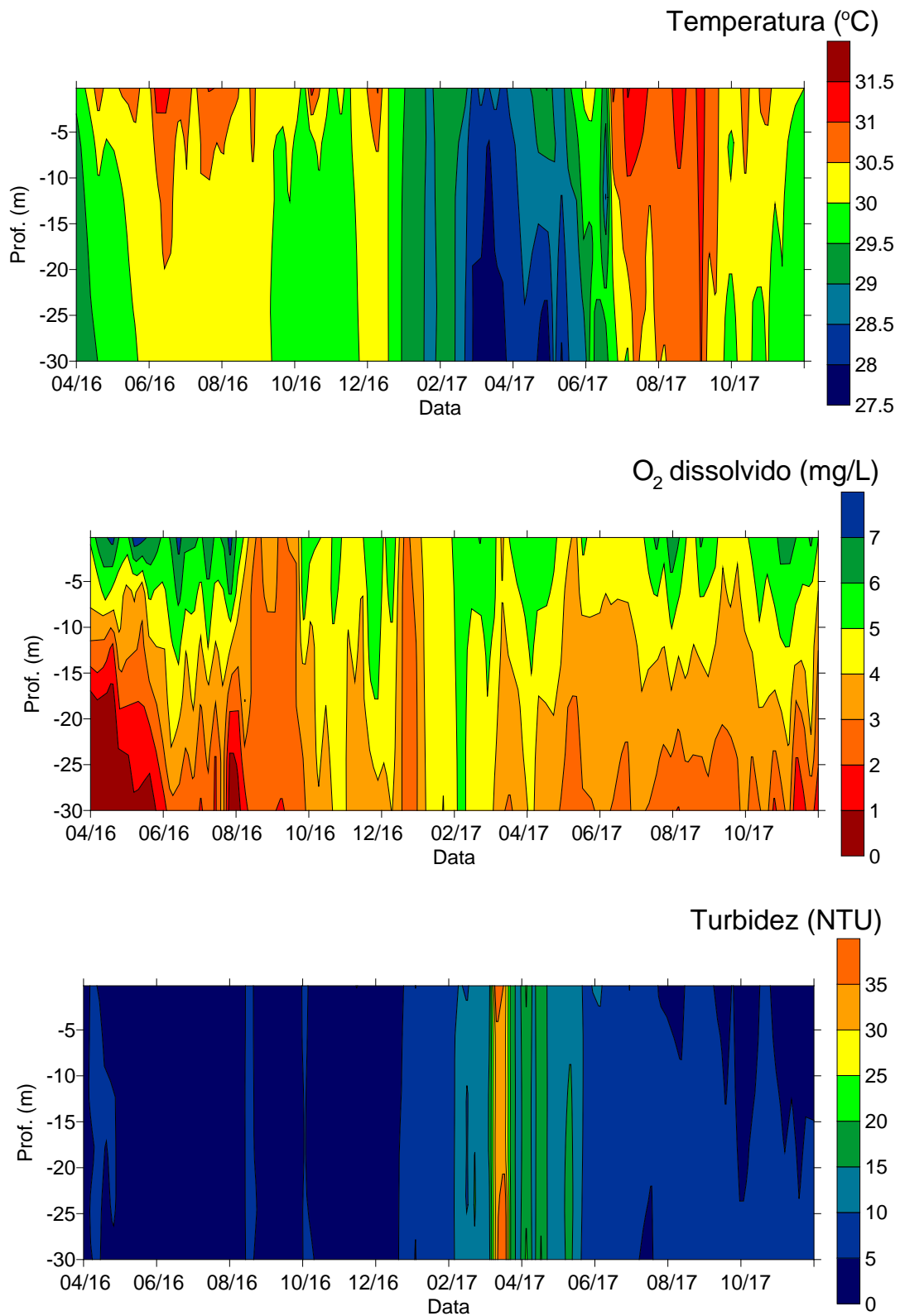


Figura 11.4.1 - 128 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 09B, localizado no RI, na porção a esquerda da barragem (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 09C (RI)

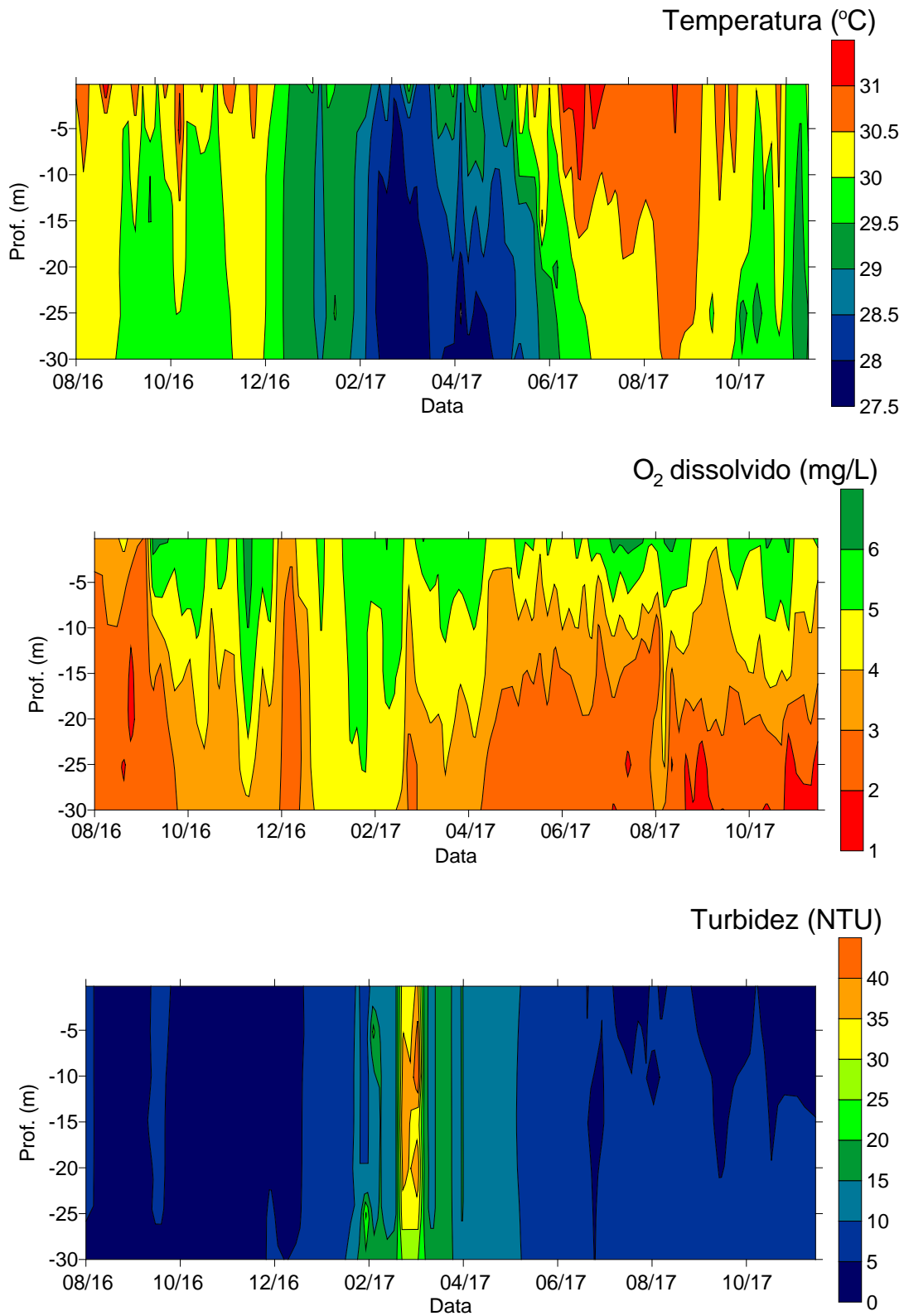


Figura 11.4.1 - 129 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 09C, localizado no RI, a 1,6 km a montante do barramento, na bacia do igarapé Santo Antônio (abril de 2016 a novembro de 2017).

DEMAIS PONTOS NO RI

Nas **Figuras 11.4.1 - 130 a 11.4.1 - 141**, são apresentados os gráficos de isolinhas das variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez obtidas nos demais pontos localizados no RI monitorados semanalmente desde o mês de agosto de 2016 a novembro de 2017.

Não conformidades em relação à legislação de referência (CONAMA 357/2005 para águas Classe 2) foram observadas para a variável concentração de oxigênio dissolvido na grande maioria dos pontos nas camadas mais profundas, principalmente no período entre agosto e novembro de 2016, relacionado à restrição da circulação das massas de água no reservatório, fato que favorece o consumo de oxigênio nas camadas mais profundas pela oxidação da matéria orgânica. Entre meados de abril e novembro de 2017, também foram verificadas não conformidades, possivelmente devido a maior entrada de aporte de nutrientes ocasionadas pelas fortes chuvas no período. Por outro lado, de forma semelhante aos padrões observados nos pontos CN 09, CN 09B e CN 09C, no mês de janeiro de 2017, na época de chuvas, com várias unidades geradoras novamente em funcionamento, se observou, em geral, a formação de uma coluna de água homogênea e oxigenada. Não obstante, em todos os pontos observados, a camada da coluna de água acima de 5,0 m apresentou concentrações de oxigênio dissolvido em conformidade com a legislação em praticamente todo o período monitorado.

As não conformidades em relação à concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas do RI eram previstas durante os primeiros anos após a formação do reservatório, período esse em que o reservatório se encontra em processo de estabilização, cuja tendência é de que ocorra uma regressão progressiva da camada deficiente em oxigênio dissolvido.

Ponto Entrada do Canal de Derivação (RI)

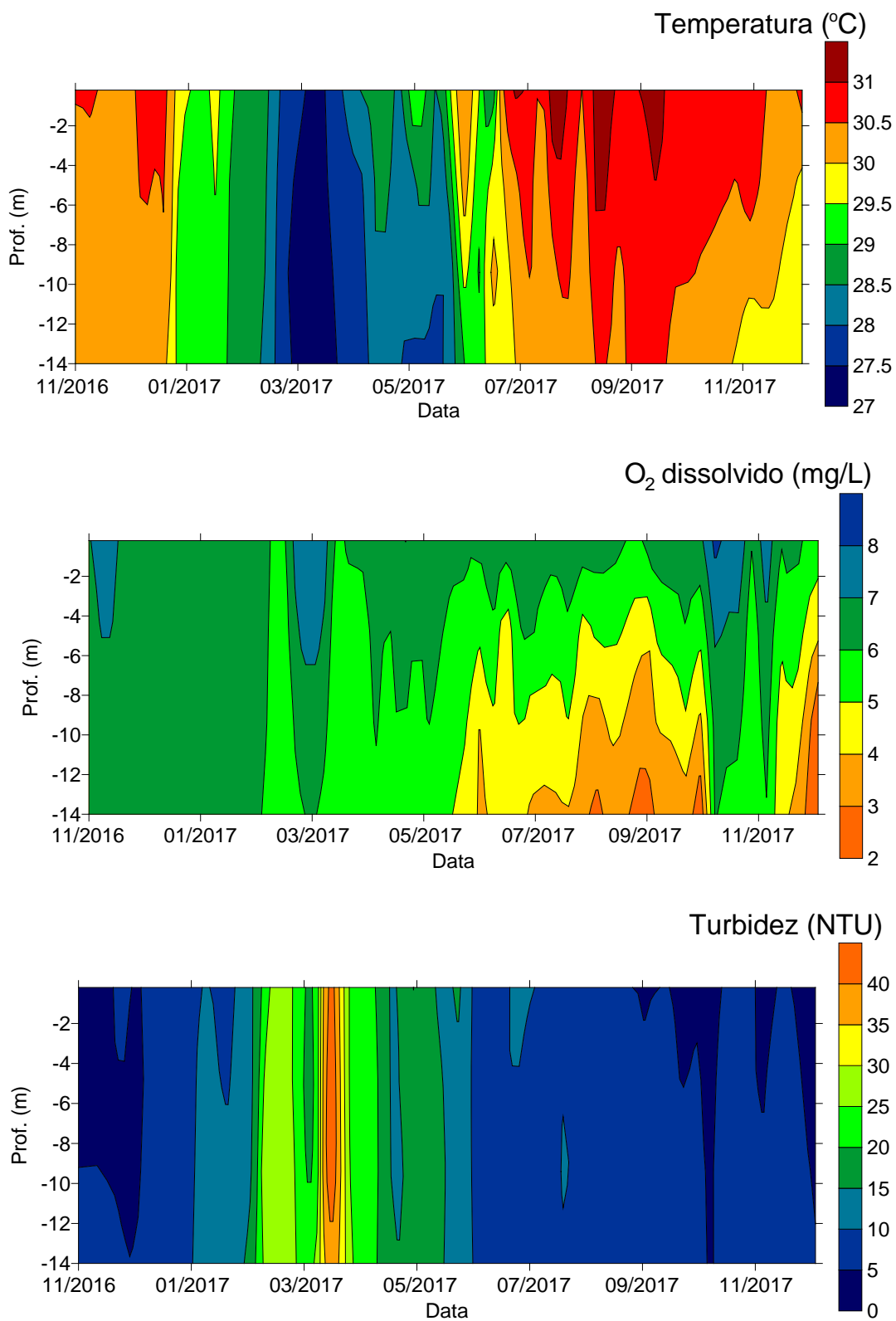


Figura 11.4.1 - 130 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto localizado na entrada do Canal de Derivação do RI, próximo ao RX (novembro de 2016 a novembro de 2017).

Ponto Travessão 27 (RI)

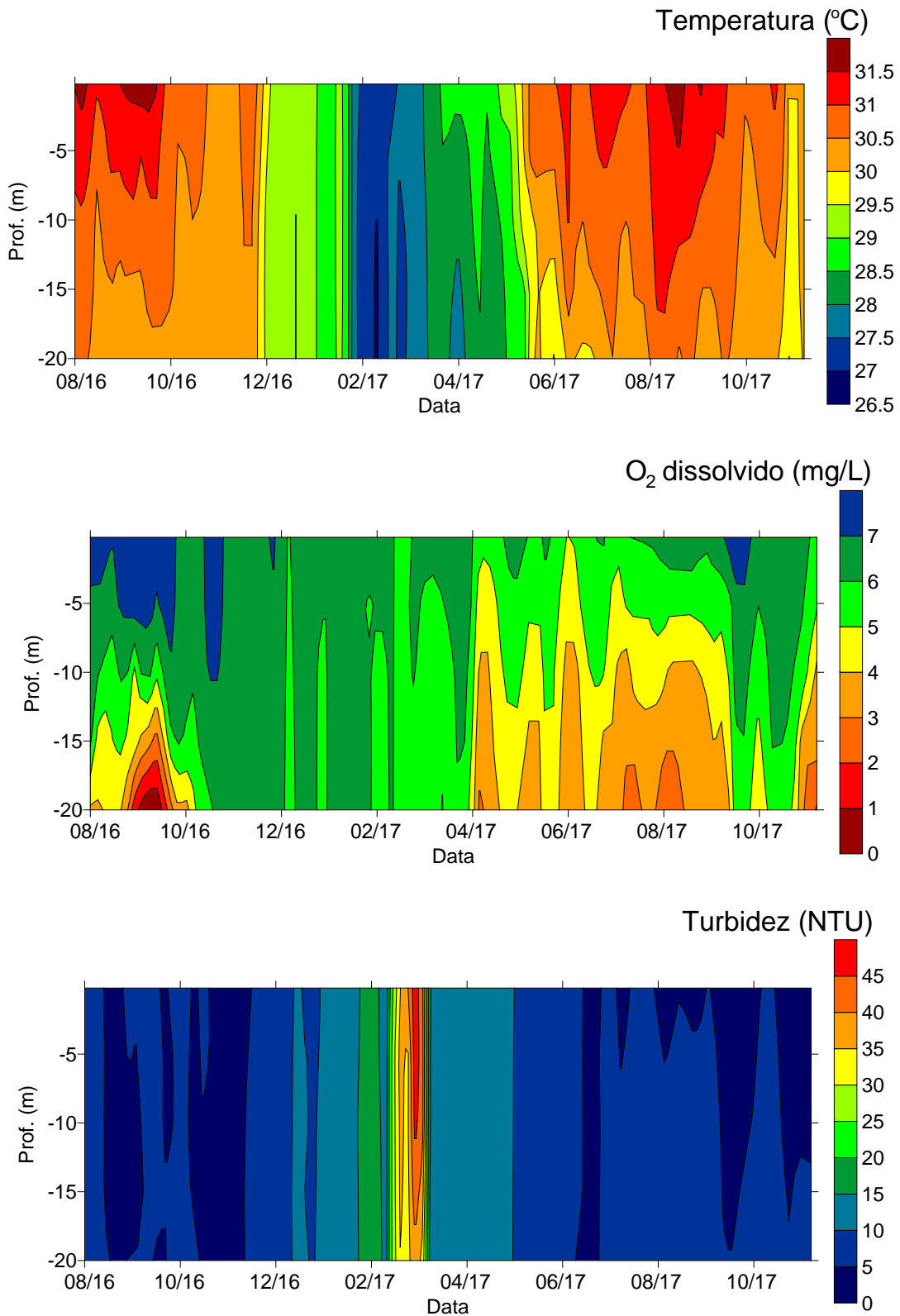


Figura 11.4.1 - 131 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Travessão 27, localizado no Canal de Derivação do RI, próximo à ponte do Travessão 27 (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 01 (RI)

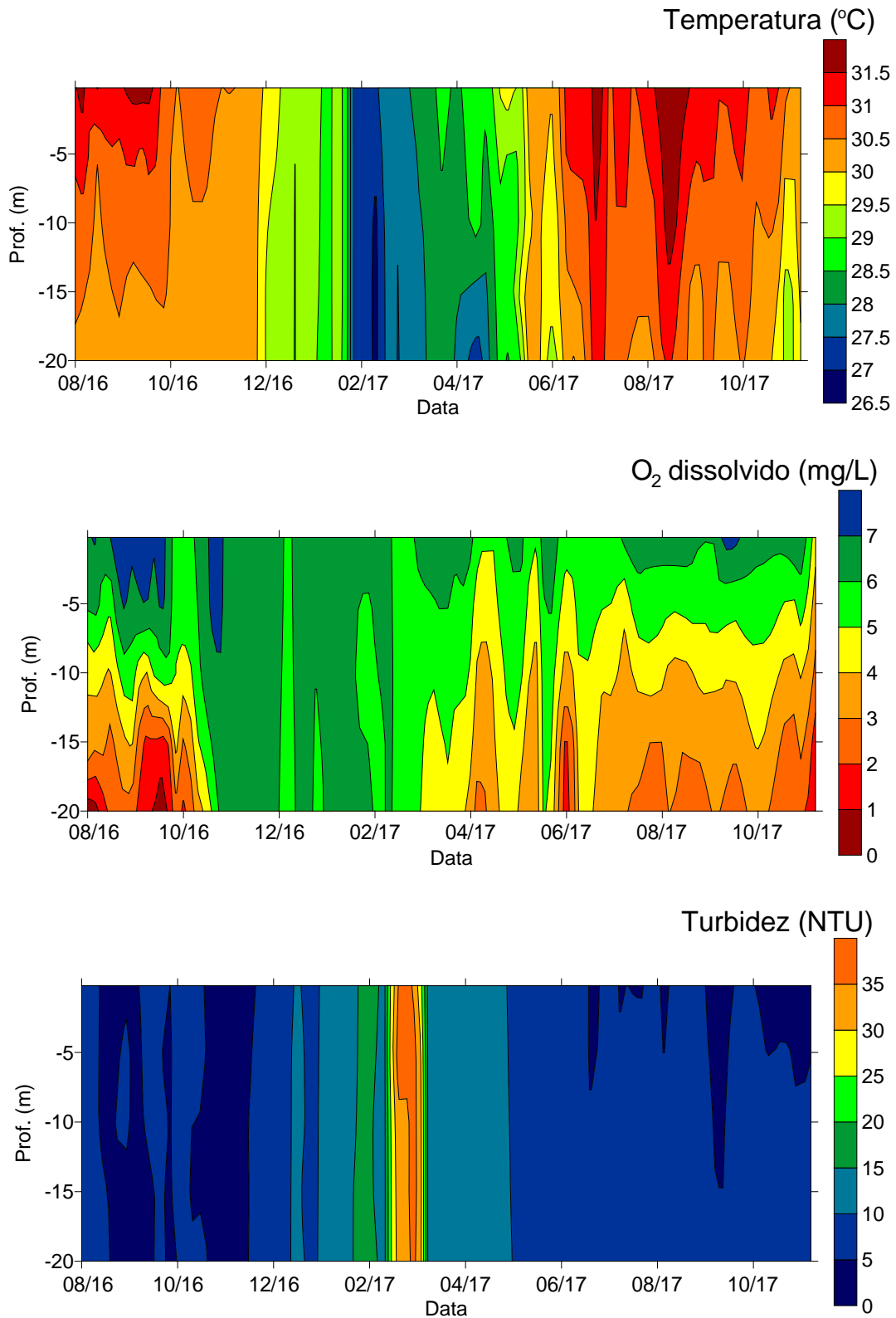


Figura 11.4.1 - 132 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 01, localizado no RI, na bacia do igarapé Paquiçamba, aproximadamente 20 km a montante da Casa de Força Principal em de Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 02 (RI)

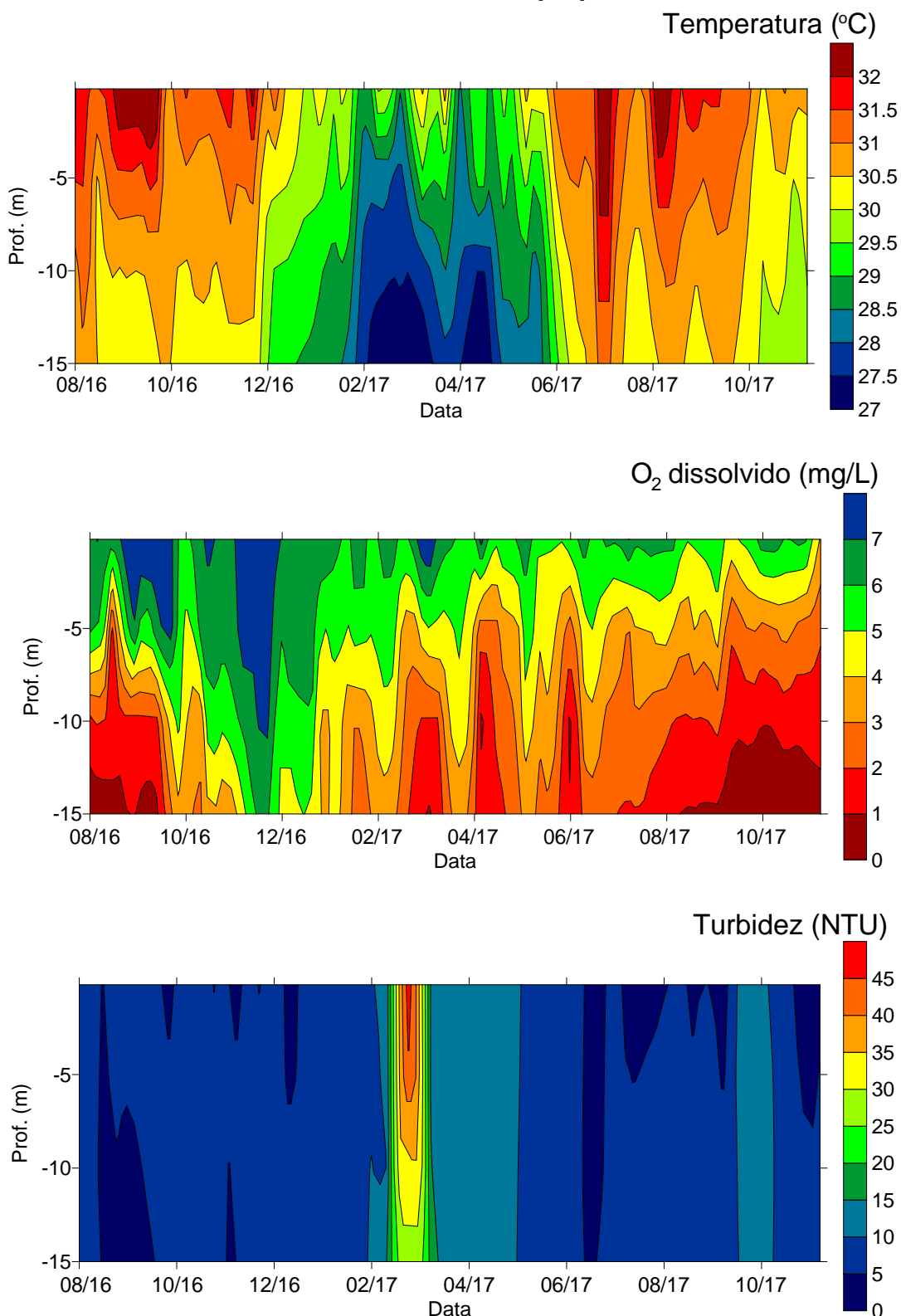


Figura 11.4.1 - 133 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 02, localizado no RI, na bacia do igarapé Ticaruca, 18 km a montante do da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 03 (RI)

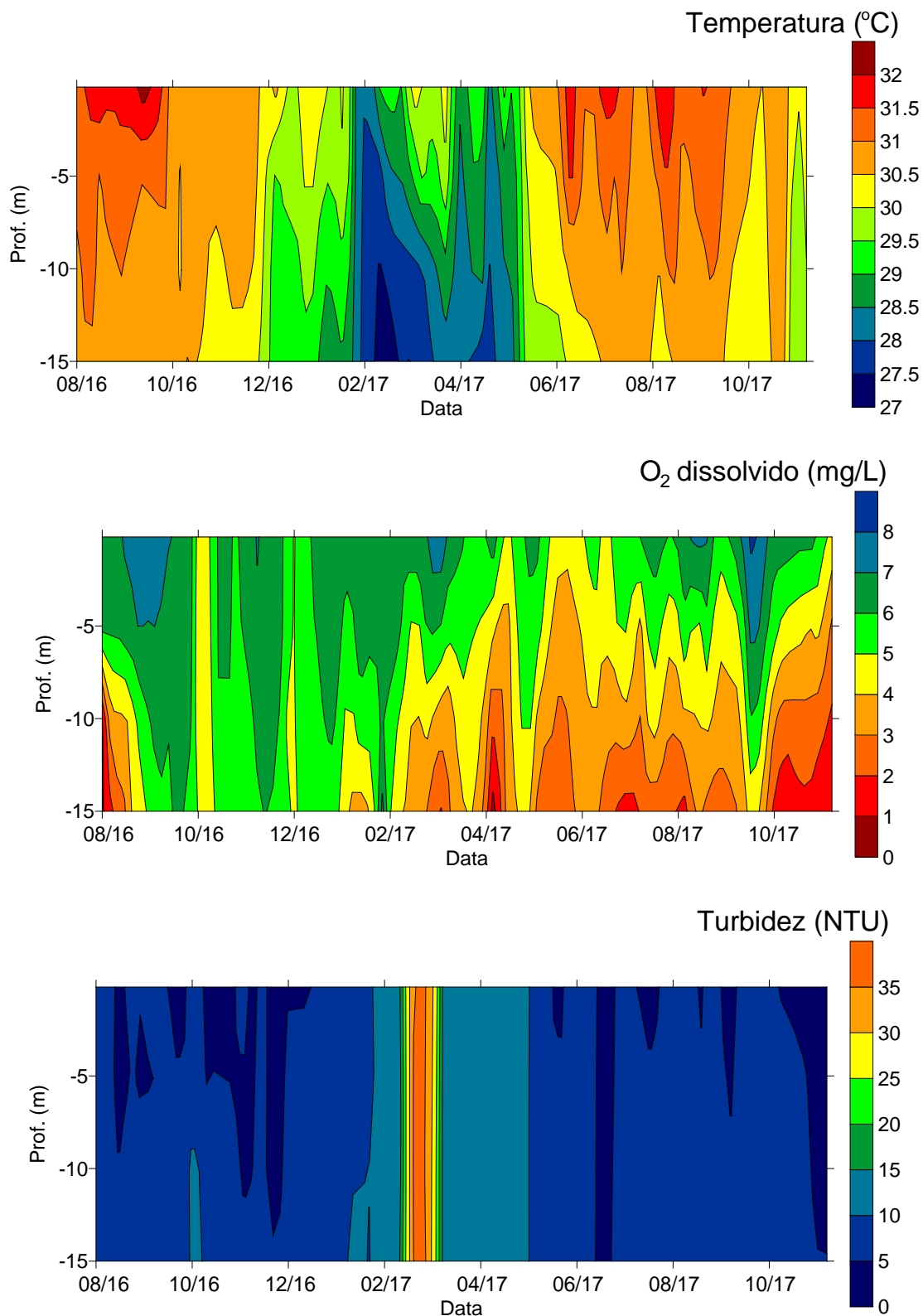


Figura 11.4.1 - 134 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 03, localizado no RI, na bacia do igarapé Paquiçamba, 24 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 04 (RI)

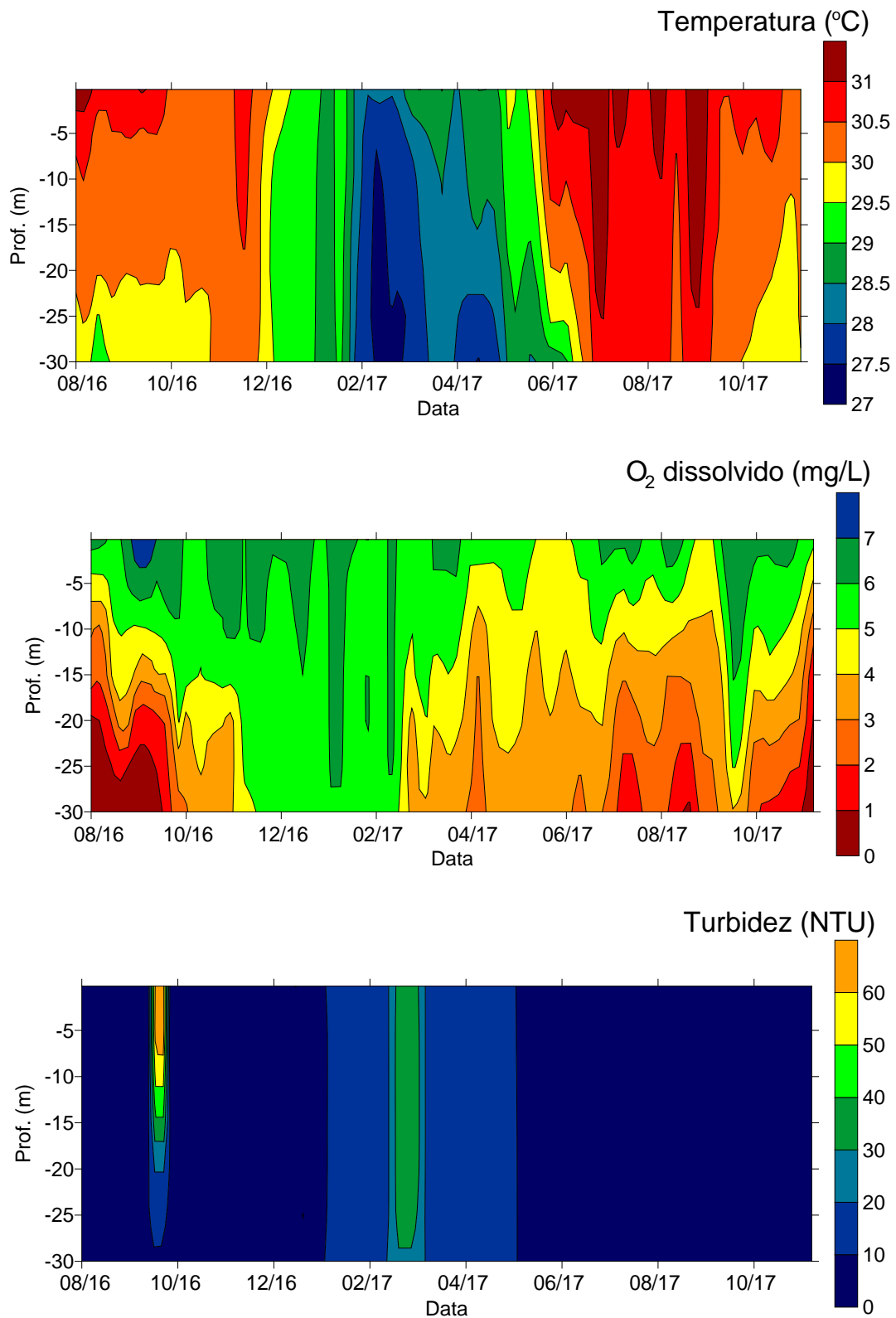


Figura 11.4.1 - 135 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 04, localizado no RI, na bacia do igarapé Ticaruca, 16,3 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 05 (RI)

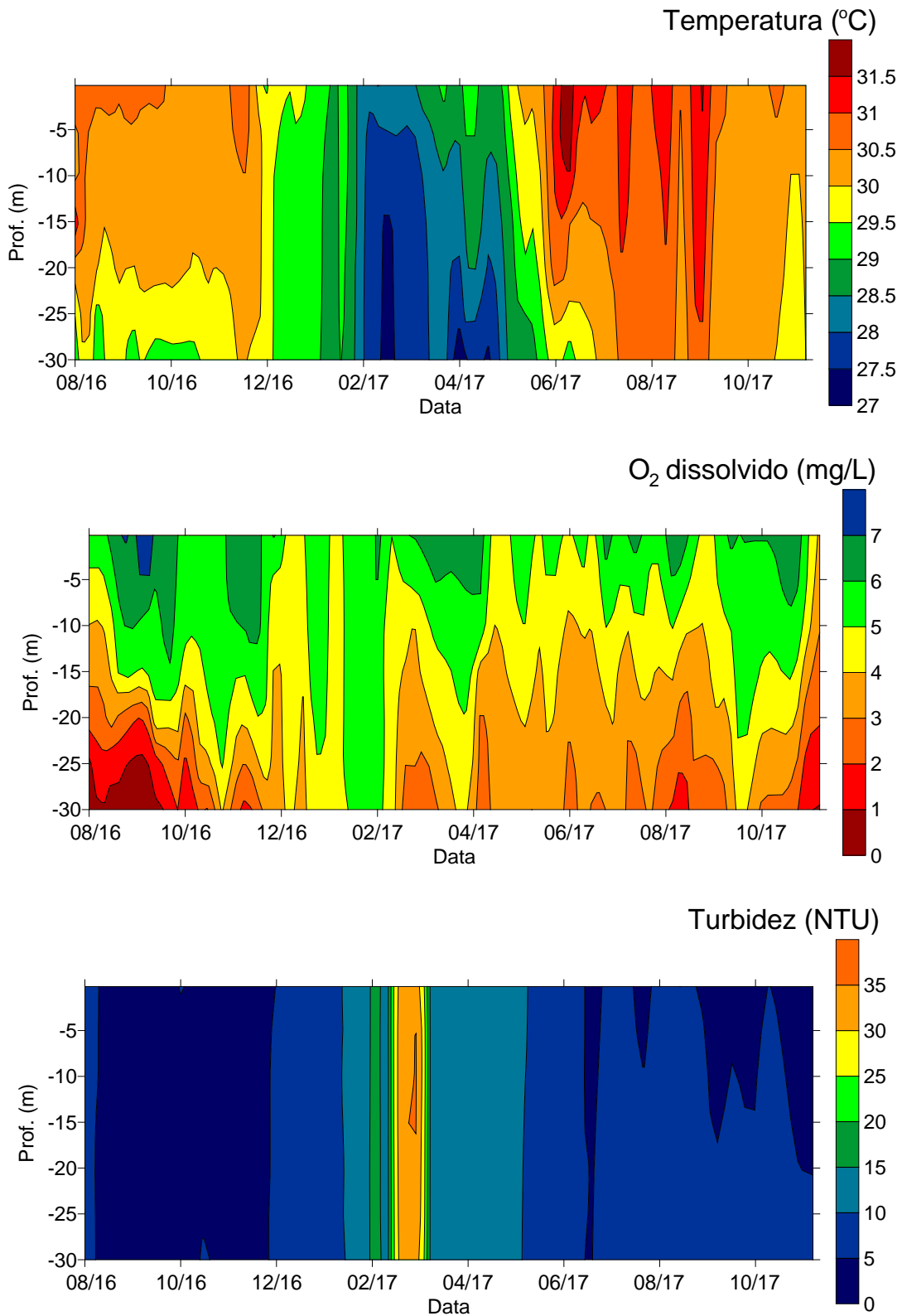


Figura 11.4.1 - 136 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 05, localizado no RI, na bacia do igarapé Cajueiro, 15,3 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 06 (RI)

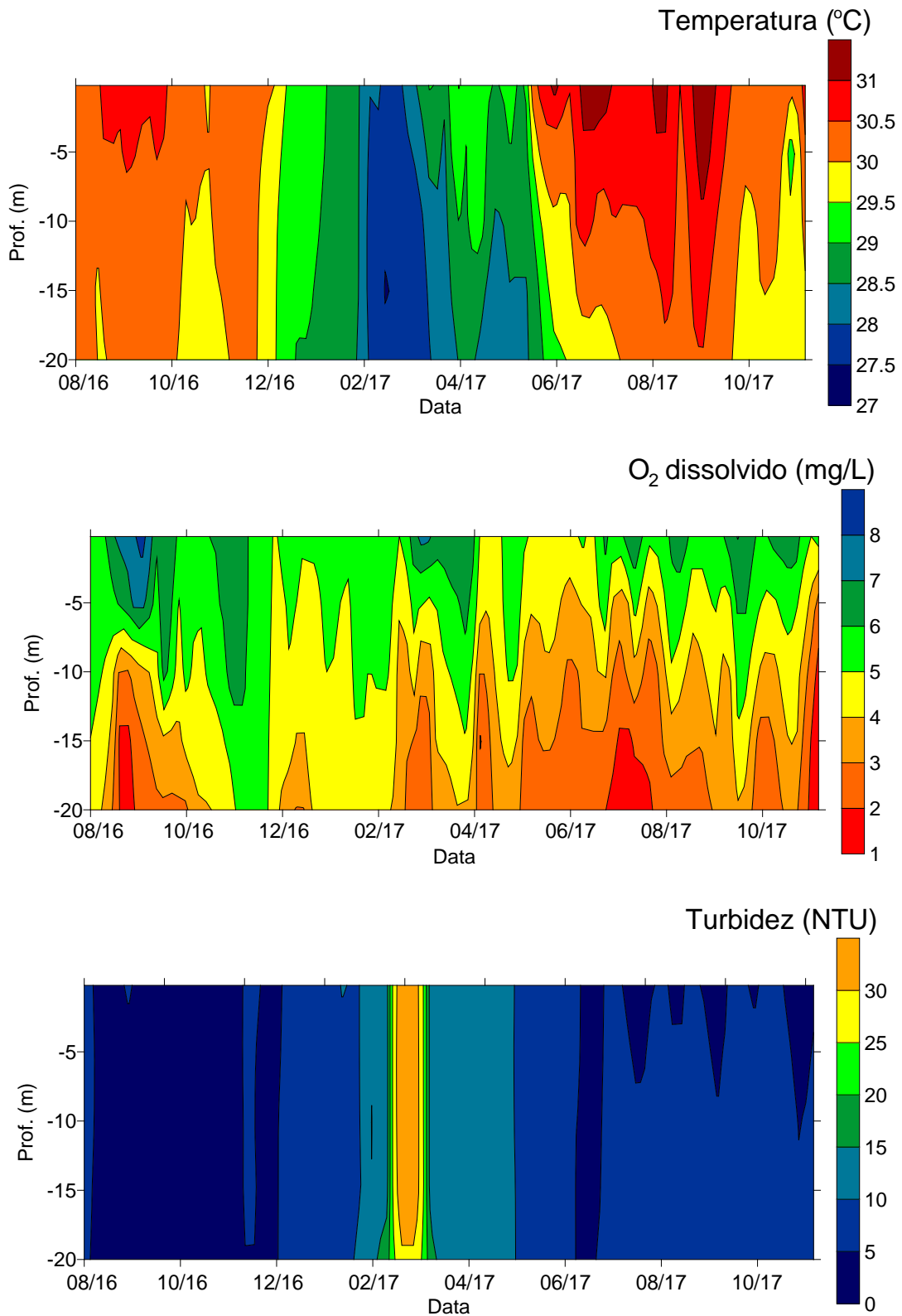


Figura 11.4.1 - 137 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 06, localizado no RI, na bacia do igarapé Cobal, 11 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 07 (RI)

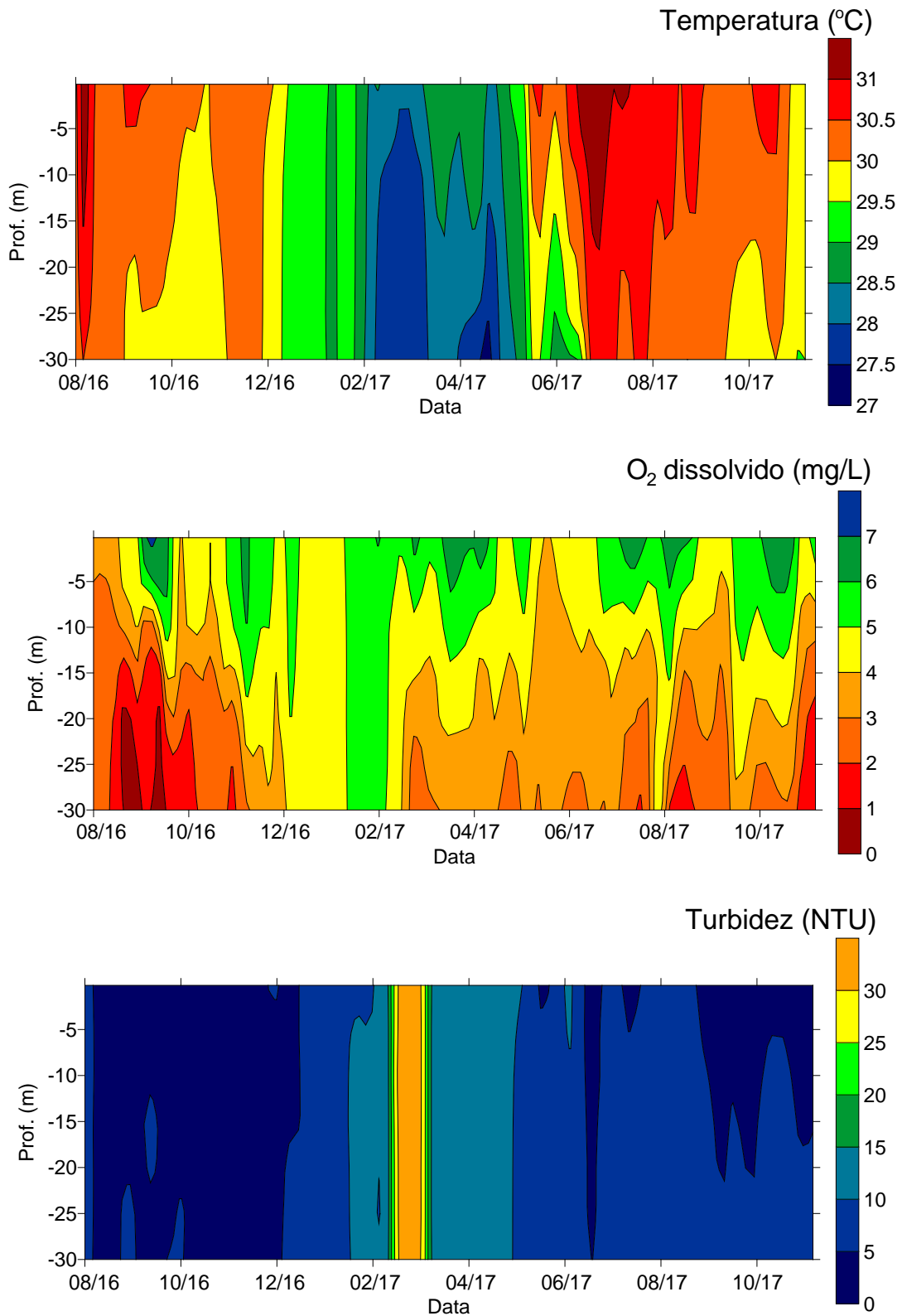


Figura 11.4.1 - 138 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 07, localizado no RI, na bacia do igarapé Aturiá, 5,0 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto CN 08 (RI)

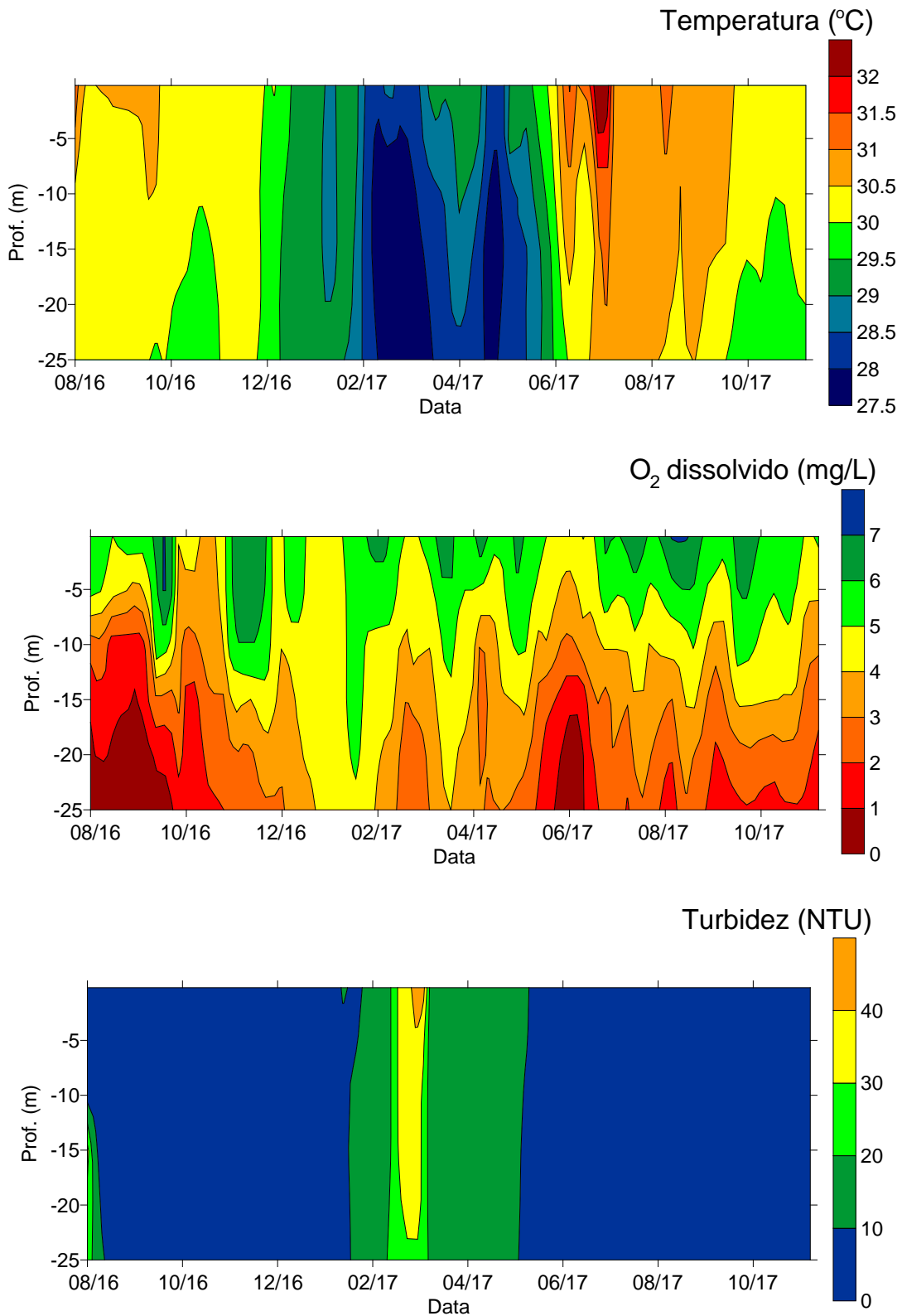


Figura 11.4.1 - 139 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 08, localizado no RI, na bacia do igarapé Aturiá, 8,5 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto RIN1 (RI)

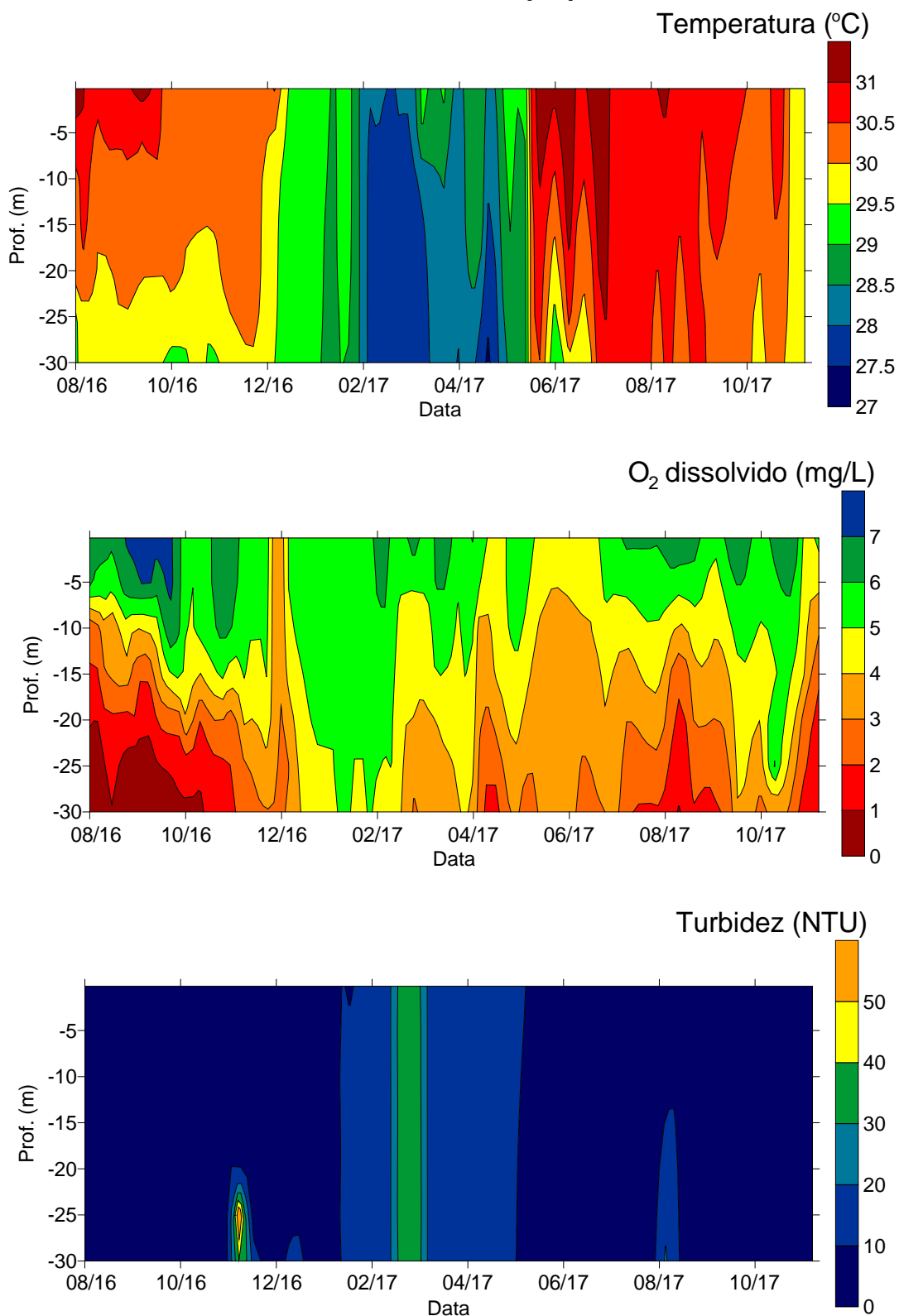


Figura 11.4.1 - 140 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 02, localizado no RI, na bacia do igarapé Cobal, 11,0 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

Ponto RIN2 (RI)

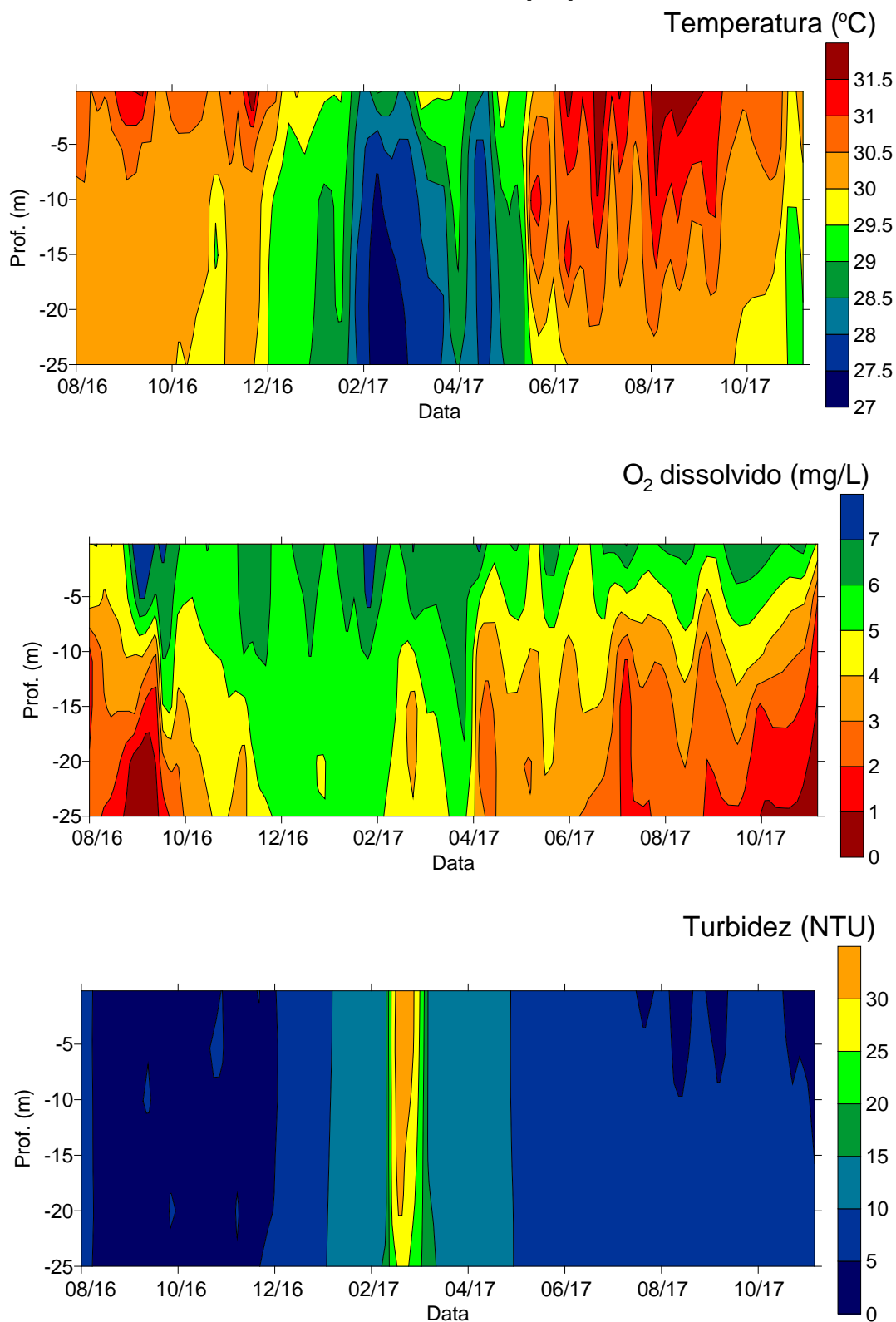


Figura 11.4.1 - 141 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto CN 02, localizado no RI, na bacia do igarapé Ticaruca, 15,5 km a montante da Casa de Força Principal em Belo Monte (agosto de 2016 a novembro de 2017).

11.4.1.2.6.2.4 CANAL DE FUGA

Não conformidades em relação aos valores limites estabelecidos pela legislação foram observadas apenas para a concentração de oxigênio dissolvido nos pontos CANAL DE FUGA-M e CANAL DE FUGA-J, localizados no Canal de Fuga do RI. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido, verificadas principalmente nas camadas mais profundas desde os meses de abril até início de outubro de 2016 e após metade de novembro do mesmo ano, podem ser melhor visualizadas nos gráficos de isolinhas apresentadas nas **Figuras 11.4.1 - 142 e 11.4.1 - 143**. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas no Canal de Fuga se devem ao fluxo da água turbinada do RI, a qual é captada na tomada d'água a uma profundidade de 70 m, sendo, portanto, correspondente a uma camada da coluna de água com deficiência de oxigênio dissolvido, fato esse já caracterizado no item referente ao RI.

Porém, a partir de agosto de 2016, verifica-se um aumento gradual da concentração de oxigênio dissolvido em ambos os pontos do Canal de Fuga, resultantes da parada das unidades geradoras da Usina Belo Monte, quando então não circulou água com déficit de oxigênio proveniente do RI para o Canal de Fuga, bem como das intervenções realizadas no local, com a utilização de aeradores em vários pontos no Canal de Fuga. Em novembro de 2016, com o retorno ao funcionamento das unidades geradoras, a água do Canal de Fuga passou a se misturar com a água turbinada do RI, a qual apresentou déficit de oxigênio e transferiu esta característica para todo o Canal. No período entre abril e outubro de 2017, foram observados nos monitoramentos redução na concentração de oxigênio dissolvido, principalmente nas camadas mais profundas do Canal de Fuga, mas sem apresentar quadro de anoxia, conforme pode ser observado nos gráficos das **Figuras 11.4.1 - 142 e 11.4.1 - 143**.

Verifica-se que, apesar das baixas concentrações de oxigênio dissolvido observadas na maioria dos meses monitorados no Canal de Fuga, as concentrações observadas nos pontos localizados a jusante deste no TRV, cujos dados são apresentados no próximo item, apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido, bem como das demais variáveis de qualidade da água, sempre em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação. Tais resultados não evidenciam impactos da água do Canal de Fuga, oriunda do RI, no rio Xingu no trecho jusante do referido canal, dada à excelente qualidade da água observada nos pontos monitorados.

Ponto Canal de Fuga-M

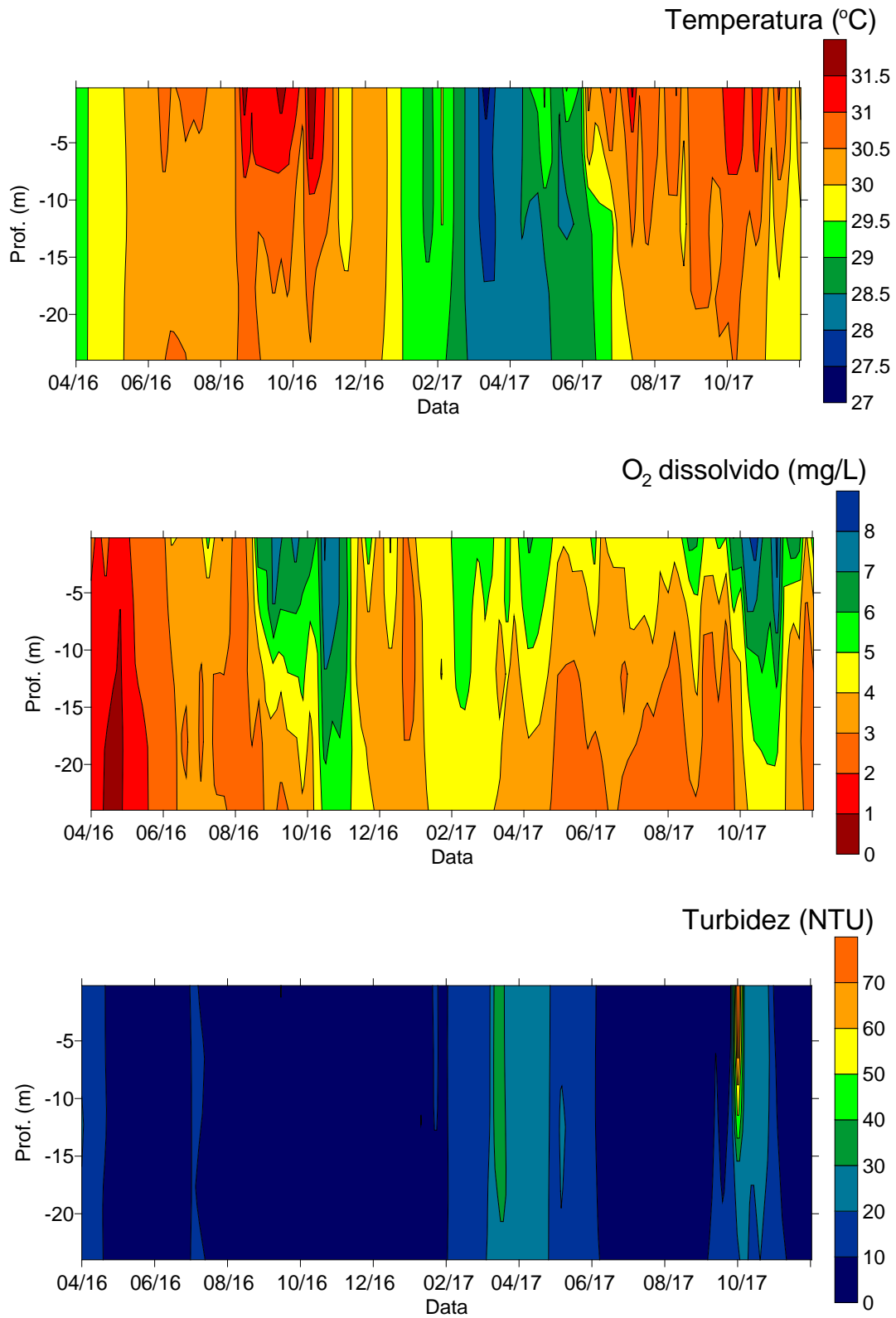


Figura 11.4.1 - 142 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Canal de Fuga-M, localizado junto à barragem de Belo Monte (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto Canal de Fuga-J

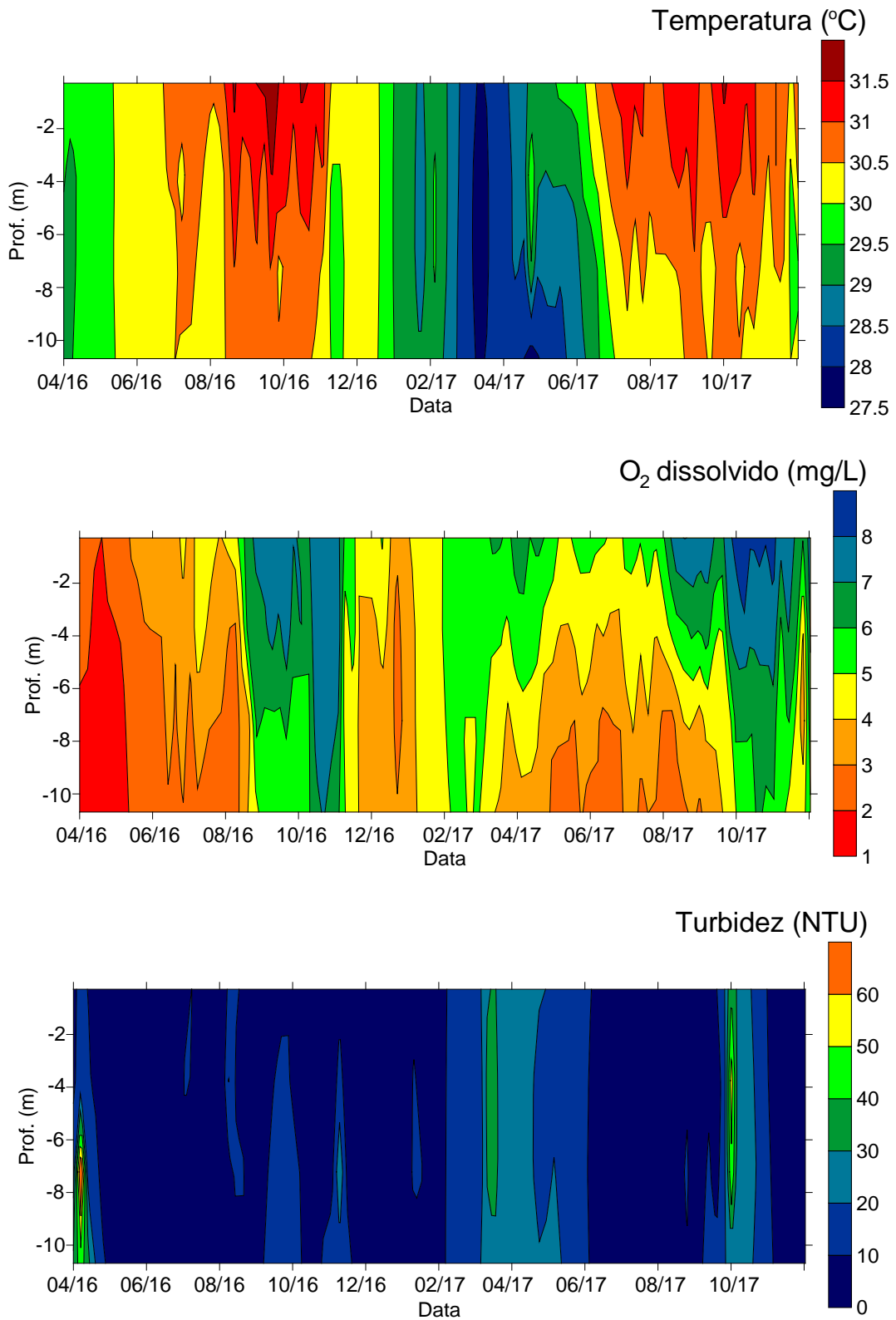


Figura 11.4.1 - 143 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto Canal de Fuga-J, localizado próximo à foz do Canal de Fuga no rio Xingu (abril de 2016 a novembro de 2017).

11.4.1.2.6.2.5 TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO

Nos pontos localizados no TRV (RX 07, PTRV01, PTRV02 e PTRV03), verifica-se que, conforme já descrito, as concentrações de oxigênio dissolvido, bem como das demais variáveis de qualidade da água, sempre estiveram em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação (**Figuras 11.4.1 - 144 a 11.4.1 - 147**). Tais resultados não evidenciam impactos da água proveniente do Canal de Fuga do RI no rio Xingu, dada à excelente qualidade da água observada nos pontos monitorados, conforme já informado.

Ponto RX 07 (TRV)

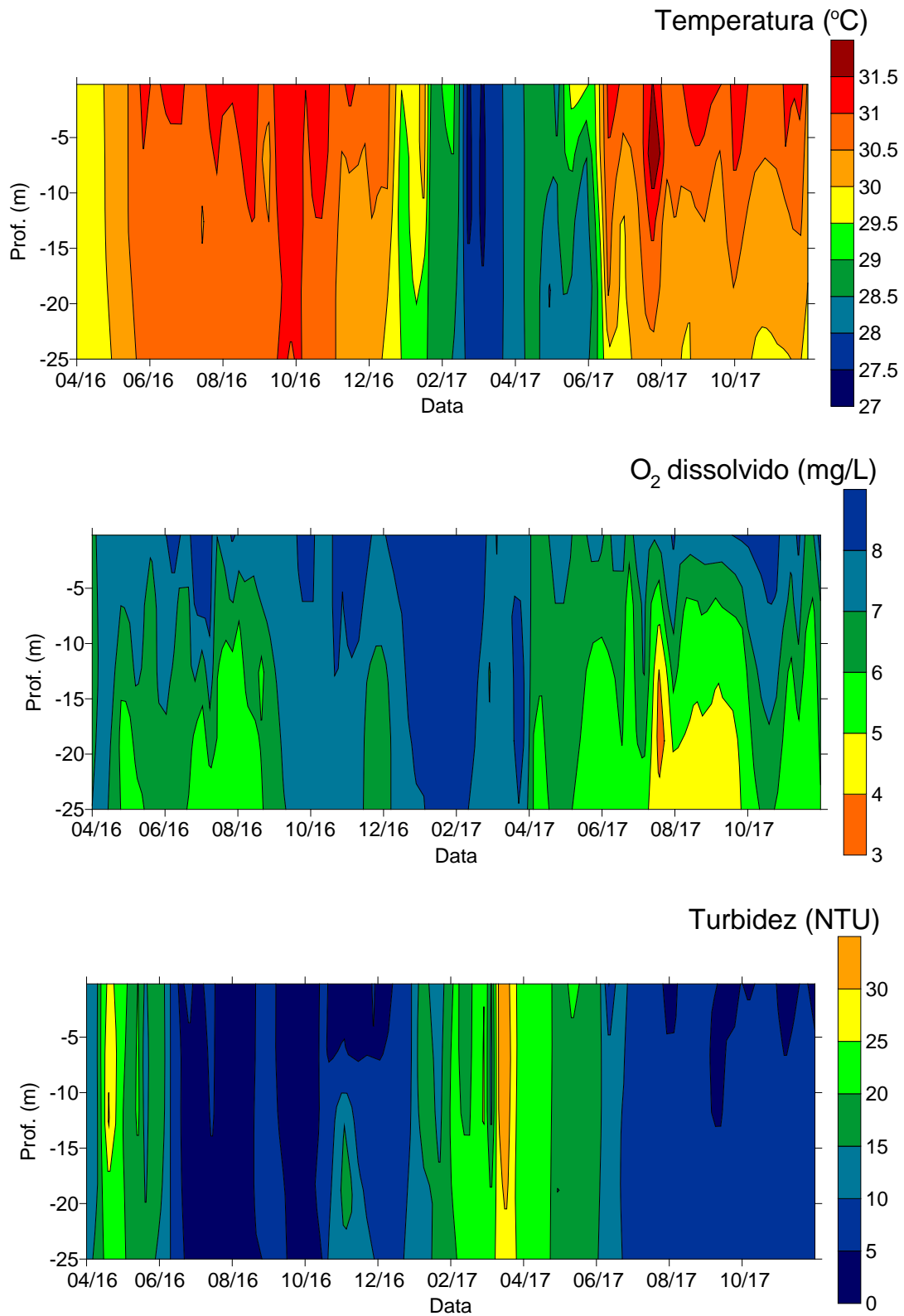


Figura 11.4.1 - 144 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX 07, localizado no rio Xingu, na área do TRV, a jusante 2 km do Canal de Fuga (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto PTRV 01 (TRV)

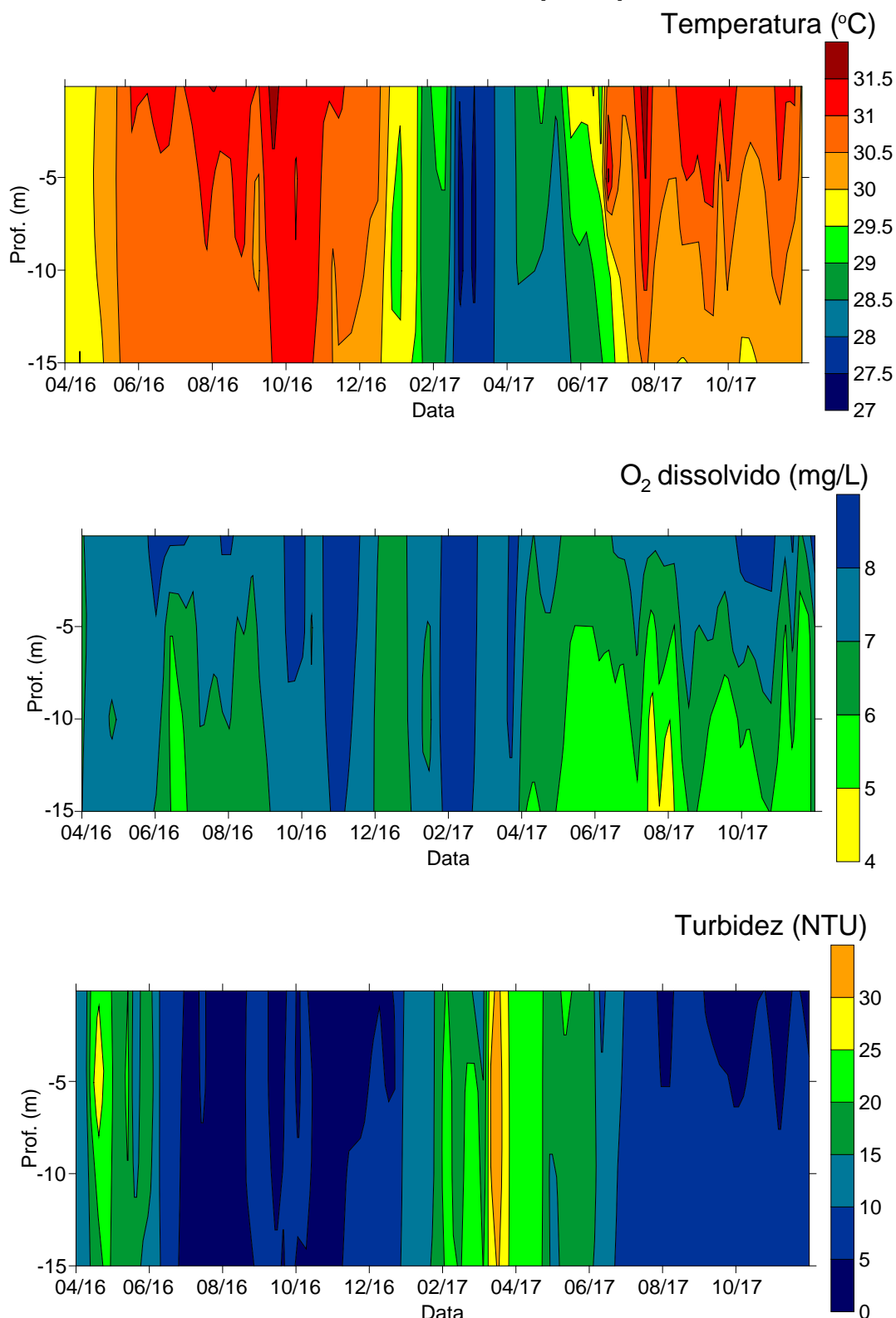


Figura 11.4.1 - 145 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto PTRV 01, localizado no rio Xingu, na área do TRV, a jusante 4 km do Canal de Fuga (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto PTRV 02 (TRV)

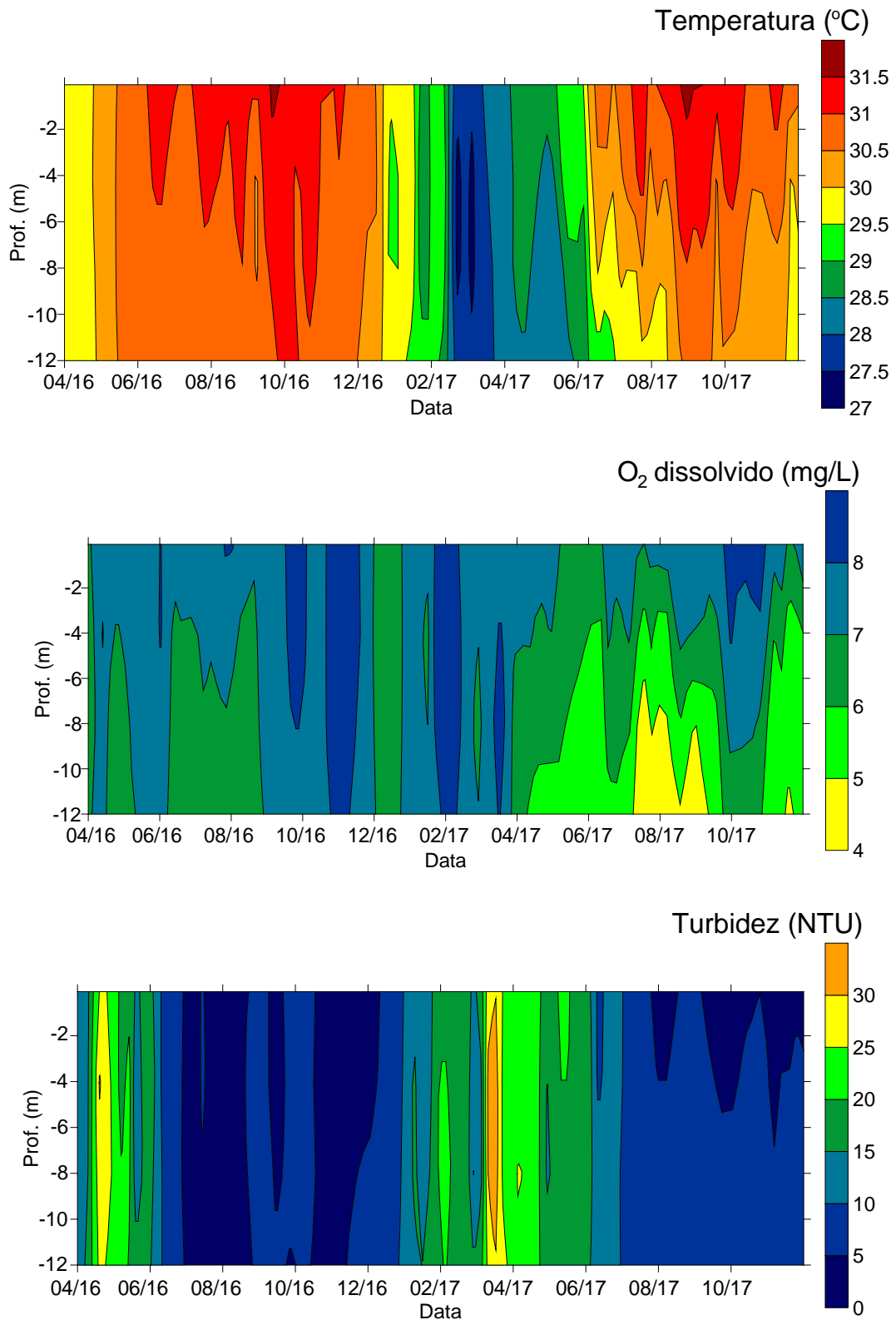


Figura 11.4.1 - 146 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto PTRV 02, localizado no rio Xingu, na área do TRV, a jusante 5 km do Canal de Fuga (abril de 2016 a novembro de 2017).

Ponto PTRV 03 (TRV)

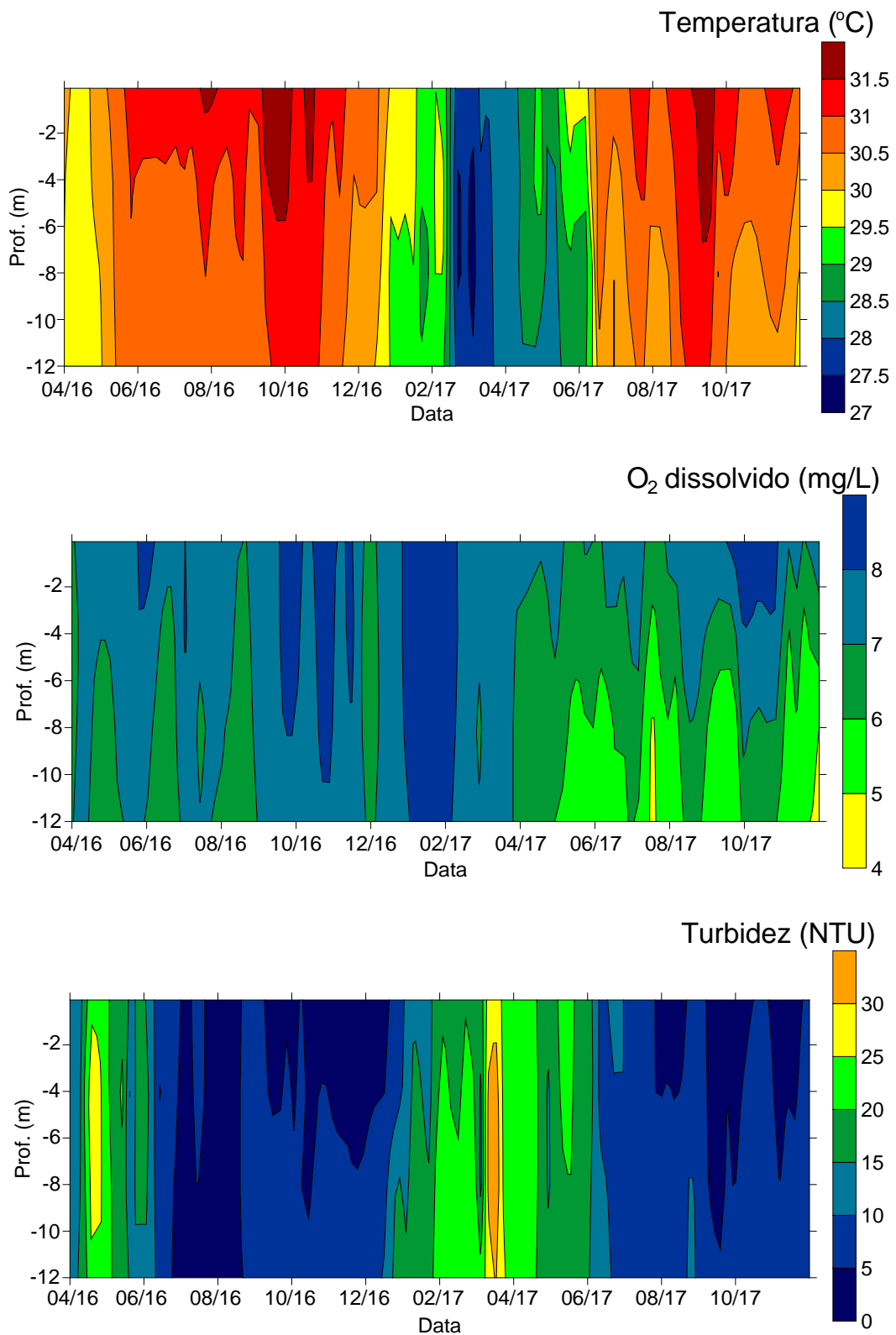


Figura 11.4.1 - 147 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto PTRV 03, localizado no rio Xingu, na área do TRV, a jusante 9 km do Canal de Fuga (abril de 2016 a novembro de 2017).

11.4.1.2.6.3 MONITORAMENTO DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO XINGU

A seguir apresenta-se um resumo dos resultados obtidos durante o monitoramento semanal da qualidade da água em pontos localizados no entorno das ocupações ribeirinhas no Reservatório Xingu, na fase de operação, realizado entre os meses de fevereiro a novembro de 2017. Tais informações oferecem um diagnóstico da evolução da qualidade da água do RX e possíveis impactos resultantes das atividades exercidas pelas comunidades ribeirinhas, que em atendimento ao MPF e ao IBAMA estão sendo ali alocadas para recomposição de seus modos de vida.

11.4.1.2.6.4 METODOS

Em campo, foram determinadas as seguintes variáveis: profundidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos dissolvidos totais e temperatura da água com o auxílio de Sondas Multiparamétricas em três profundidades ao longo da coluna de água: superfície (0,2 m), meio (entre a superfície e o fundo) e fundo (1 m acima do leito). A transparência da água foi medida com o auxílio do Disco de Secchi. Amostras superficiais foram também coletadas para determinação em laboratório de Coliformes Totais, *E. coli* pela técnica do substrato definido Colilert®, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), bem como Nitrogênio total e Fósforo total, baseados nos protocolos descritos em APHA (1998)¹⁵.

As informações dos pontos de amostragem nas áreas próximas às comunidades ribeirinhas do entorno do Reservatório Xingu são apresentadas no Quadro 11.4.1 - 21, sendo que o mapa com a localização dos pontos é apresentado na Figura 11.4.1 - 148. Os dados brutos e os detalhamentos das informações referentes aos pontos monitorados estão apresentados no Anexo 11.4.1 - 12 do presente Relatório.

Quadro 11.4.1 - 21 – Pontos de amostragem monitorados em áreas próximas às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu

PONTO	LOCALIZAÇÃO	
	E ^a	S ^b
RX-RB-01 - MONTANTE	360574	9624000
RX-RB-01 - JUSANTE	361855	9624998
RX-RB-02	362705	9629838
RX-RB-03	366384	9641157
RX-RB-04	374513	9644907
RX-RB-05	381171	9643486
RX-RB-06	381546	9641722

¹⁵APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington. 1998.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	
	E ^a	S ^b
RX-RB-07	388737	9632091
RX-RB-08 (PALHAL 2)	382917	9628085
RX-RB-09	385107	9627448
RX-RB-10	385834	9629589
RX-RB-11	391838	9627877
RX-RB-12	391648	9624527
RX-RB-13	388924	9633945

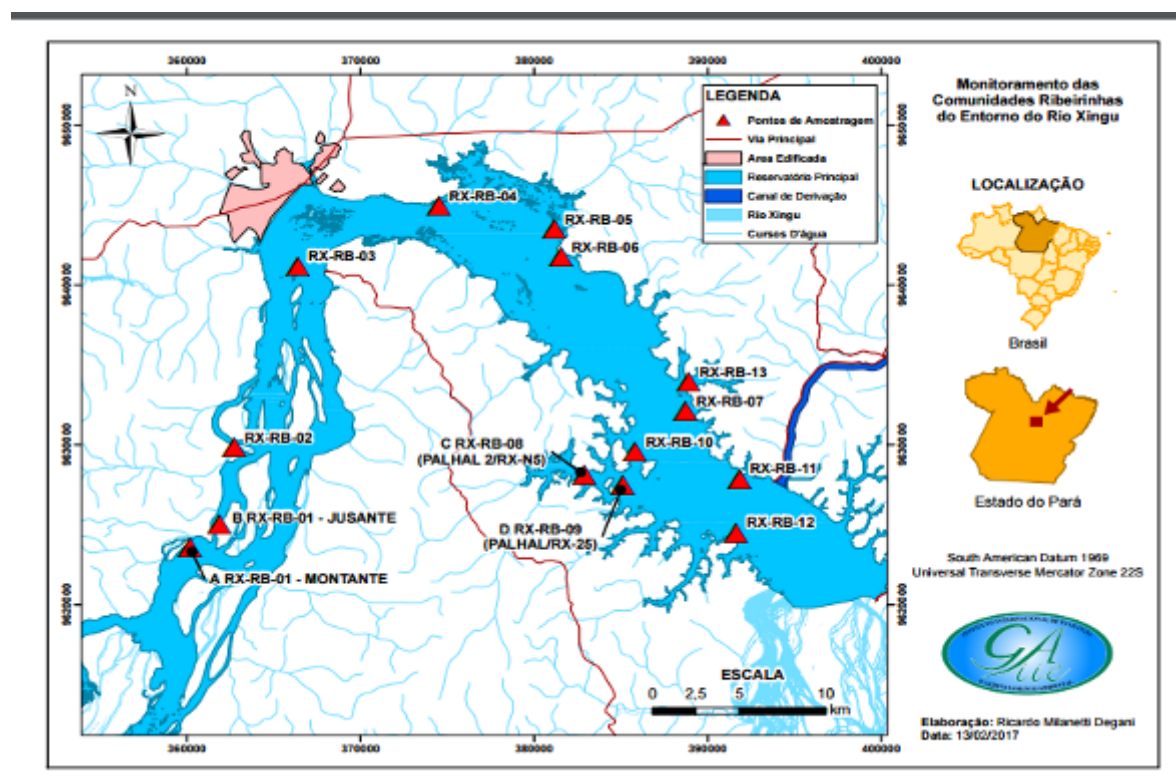


Figura 11.4.1 - 148 – Mapa dos pontos localizados próximos às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu.

11.4.1.2.6.5 RESULTADOS

Nas Figuras 11.4.1 - 149 a 11.4.1 - 163 são apresentados os gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez nos pontos localizados em áreas próximas às ocupações ribeirinhas no Reservatório Xingu, no período entre fevereiro e novembro de 2017, sendo que os gráficos de variação temporal referentes a *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total são apresentados na Figura 11.4.1 - 164.

De uma forma geral, os pontos localizados em áreas próximas às ocupações ribeirinhas no RX apresentaram água com boa qualidade, exceto em alguns pontos, tais como RX-RB-03, RX-RB-04, RX-RB-07 e, principalmente, os pontos RX-RB-06, RX-RB-08, RX-

RB-09, RX-RB-10, RX-RB-11, RX-RB-12 E RX-RB-13, os quais apresentaram águas com deficiência em oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas.

Em relação às demais variáveis, apenas o fósforo total apresentou valor em não conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 357/2005 para águas doces de Classe 2 em duas observações, ocorridas nos pontos RX-RB-01-M em 16 de maio de 2017 (72,46 µg-P/L) e RX-RB 13B (65,80 µg-P/L) em 11 de agosto de 2017, resultantes do maior aporte de nutrientes devido ao período de chuvas, considerando que na referida região há grandes propriedades rurais, sendo que no caso do ponto RX-RB-13B, foi devido às condições estagnadas do braço do reservatório no qual ele está localizado. Portanto, em termos gerais, as áreas próximas às comunidades ribeirinhas do entorno do RX apresentaram água de boa qualidade durante o período monitorado, exceto em alguns pontos que mostraram água com deficiência em oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas, resultante da decomposição da matéria orgânica existente no leito, haja vista que o RX ainda é um reservatório novo (dois anos após o início do enchimento) e se encontra em processo de estabilização. Não obstante, as camadas intermediárias e superficiais sempre apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas e em conformidade com a legislação.

Ponto RX-RB-01-M

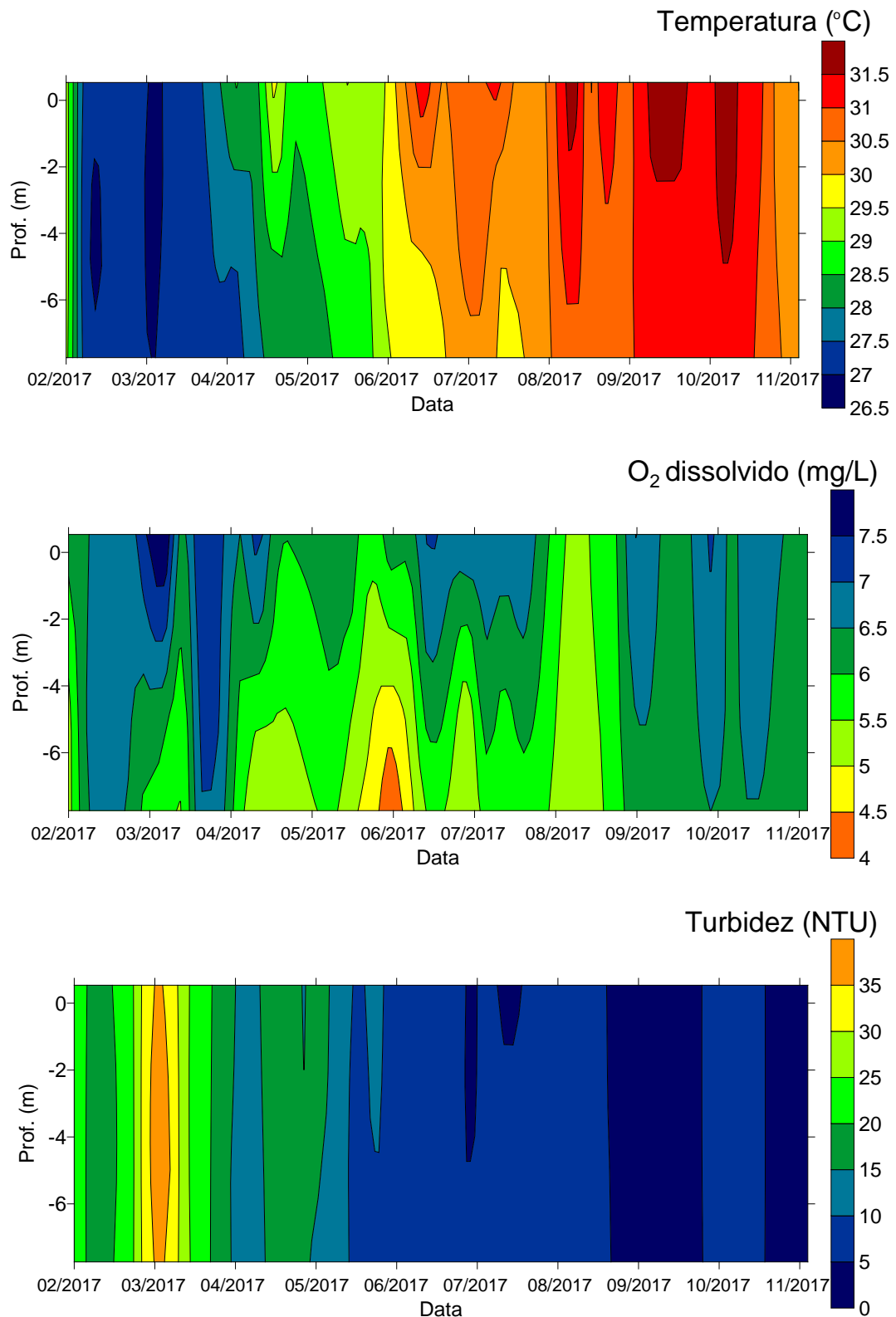


Figura 11.4.1 - 149 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-01-M, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-01-J

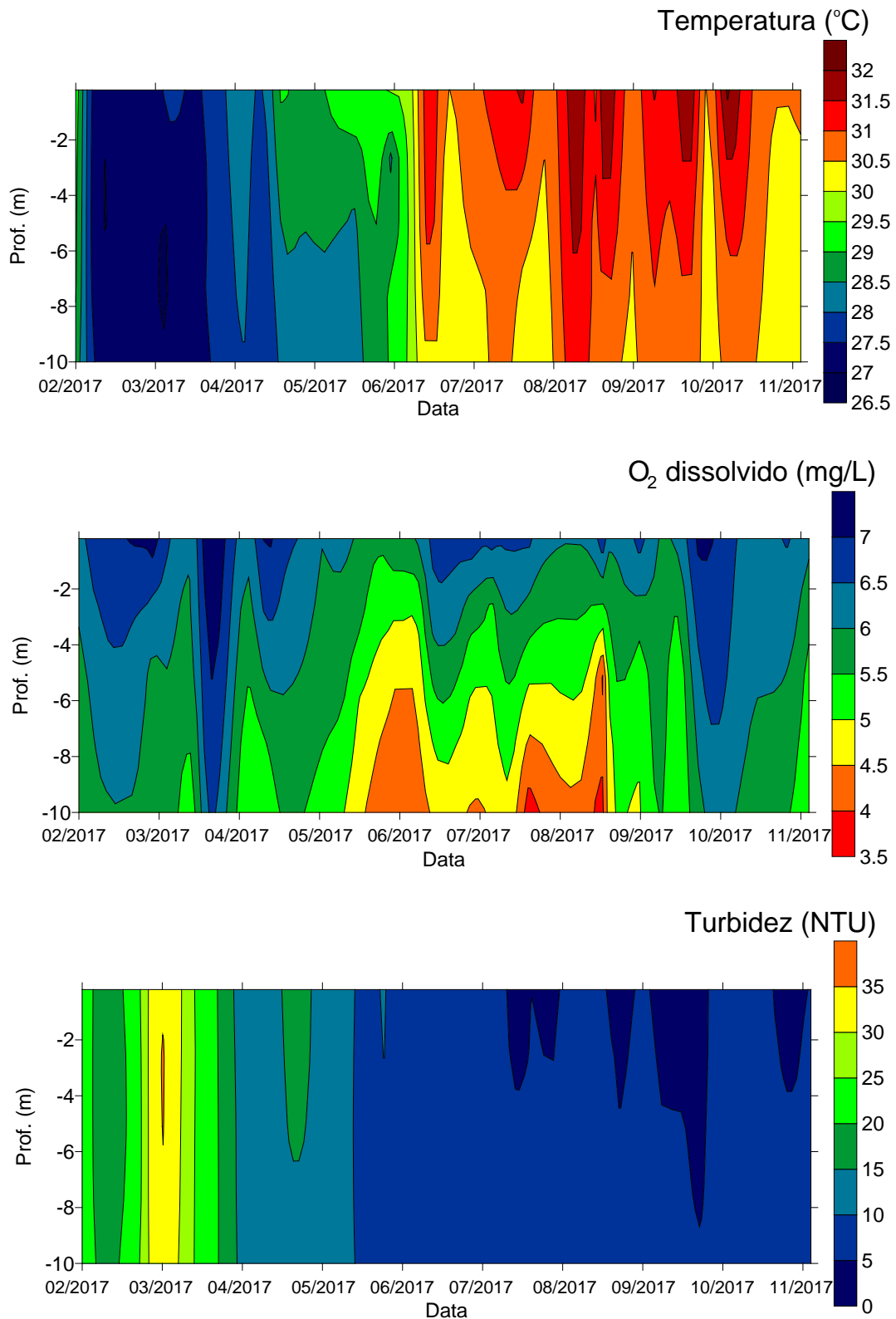


Figura 11.4.1 - 150 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-01-J, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-02

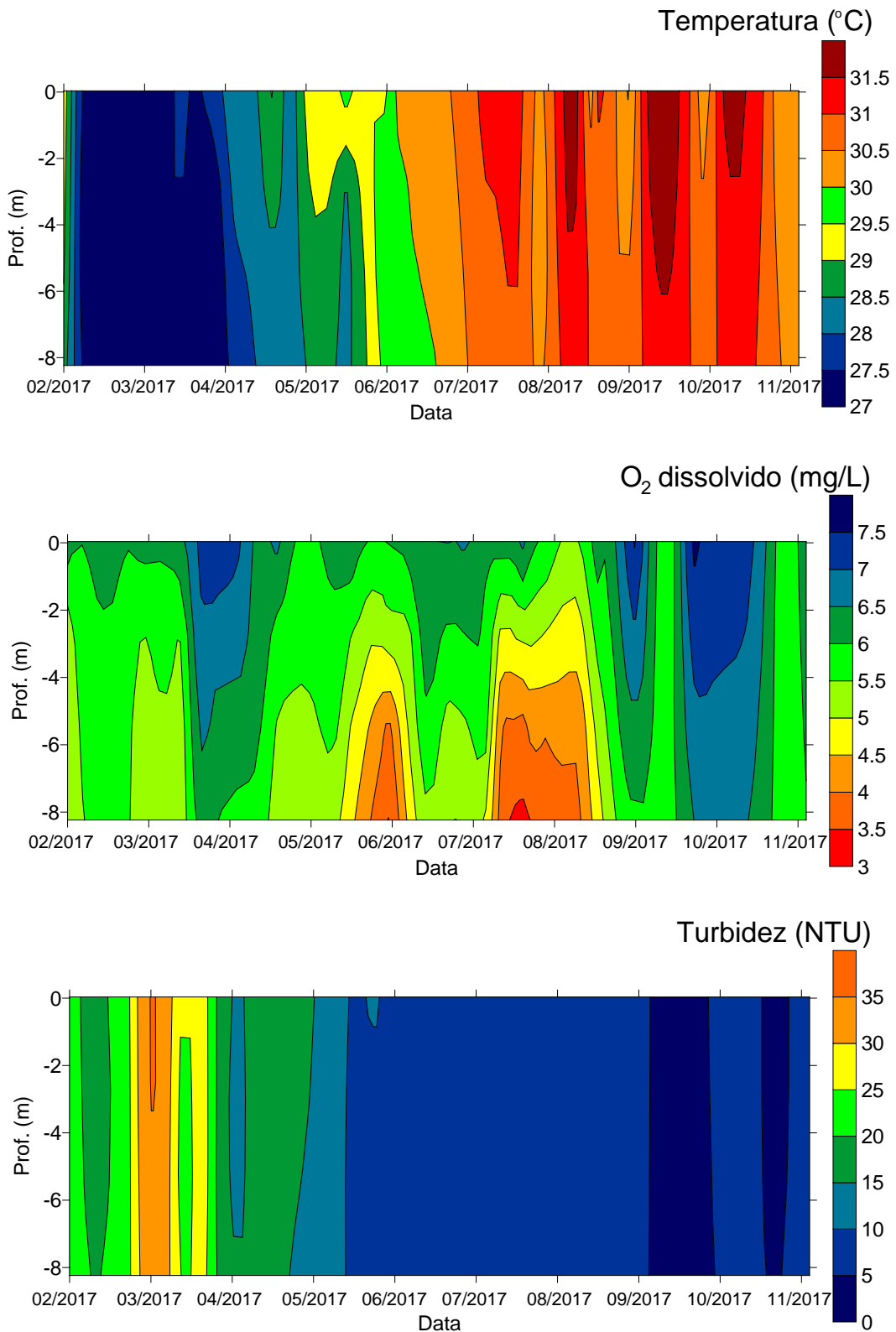


Figura 11.4.1 - 151 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-02, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-03

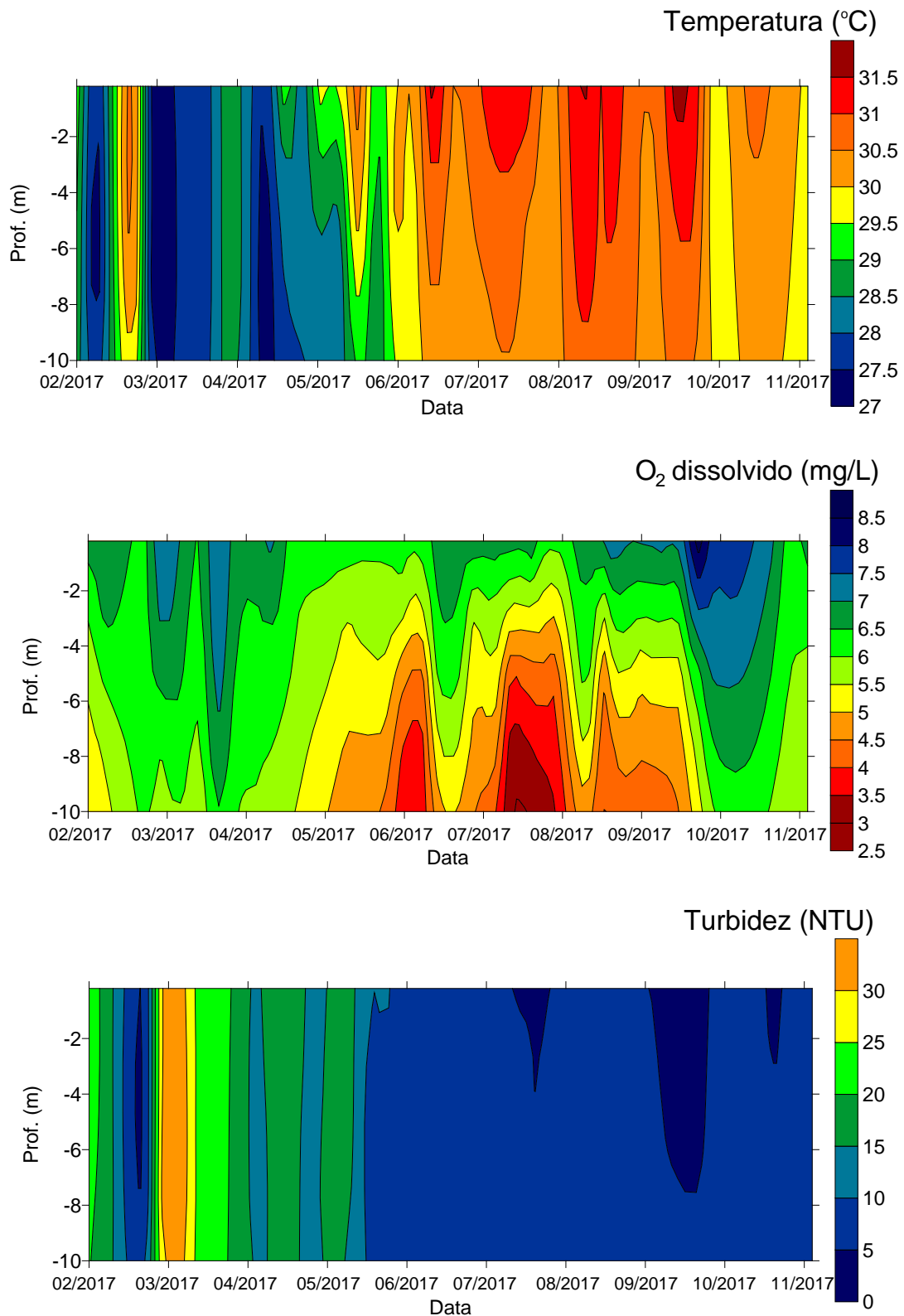


Figura 11.4.1 - 152 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-03, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-04

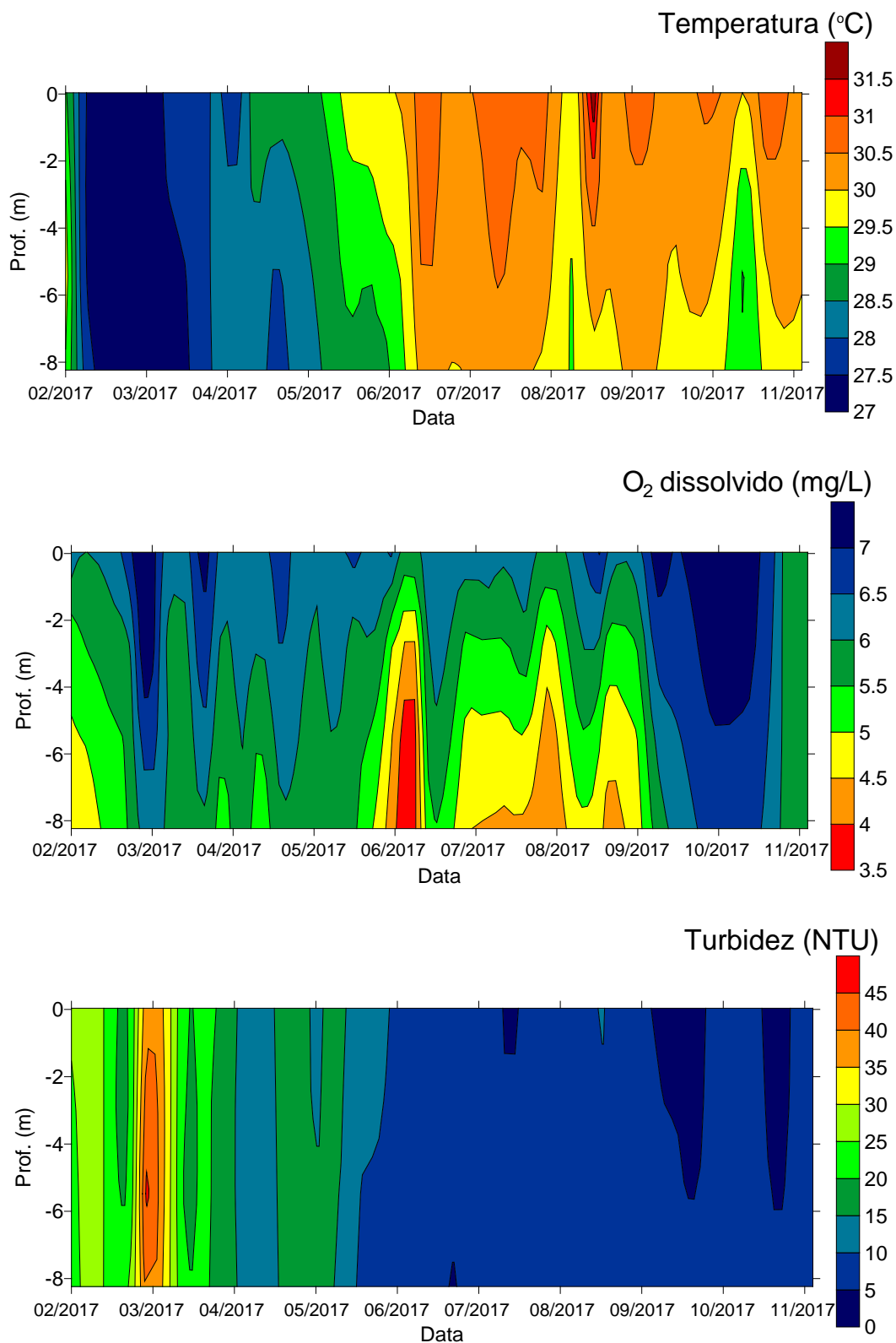


Figura 11.4.1 - 153 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-04, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-05

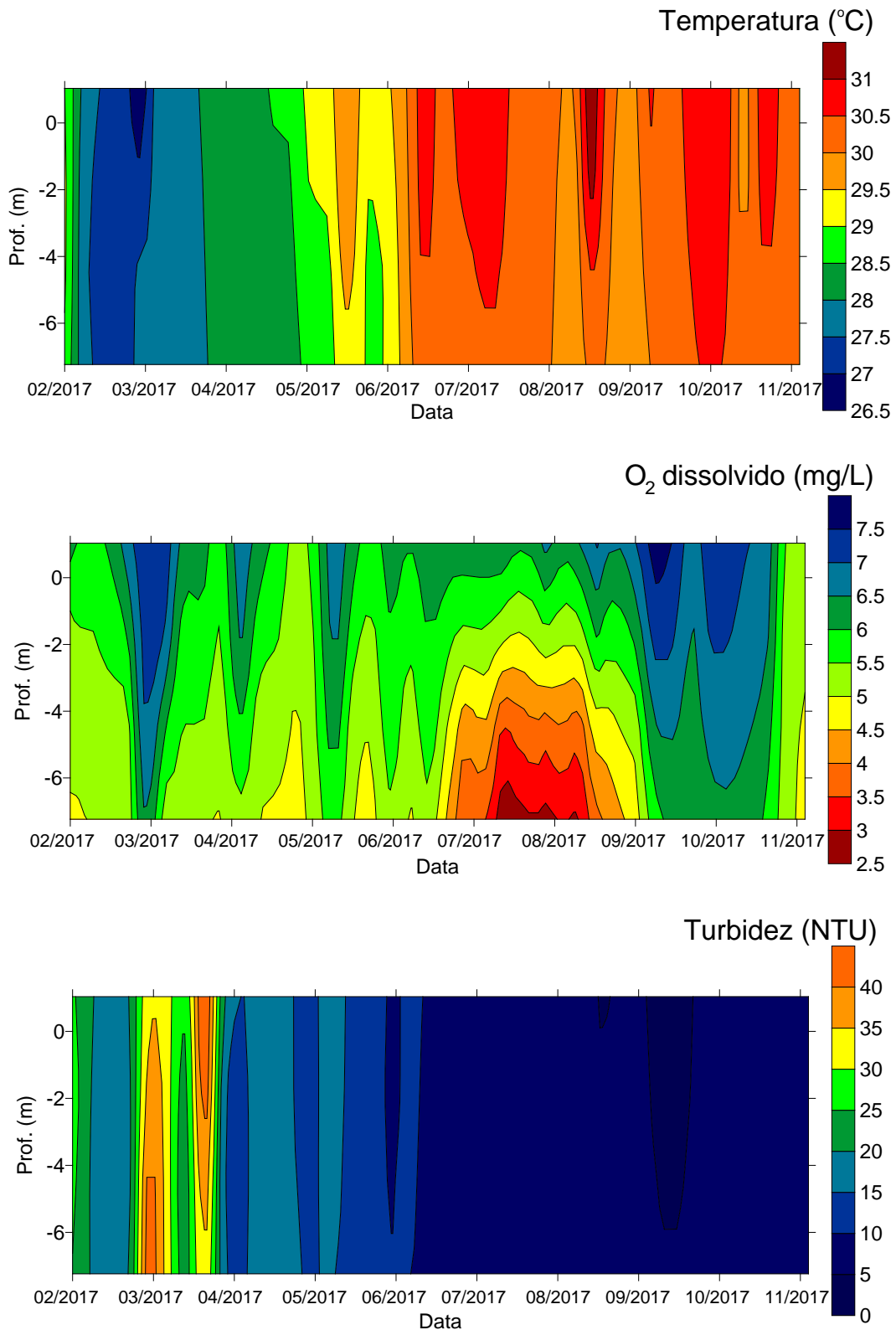


Figura 11.4.1 - 154 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-05, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-06

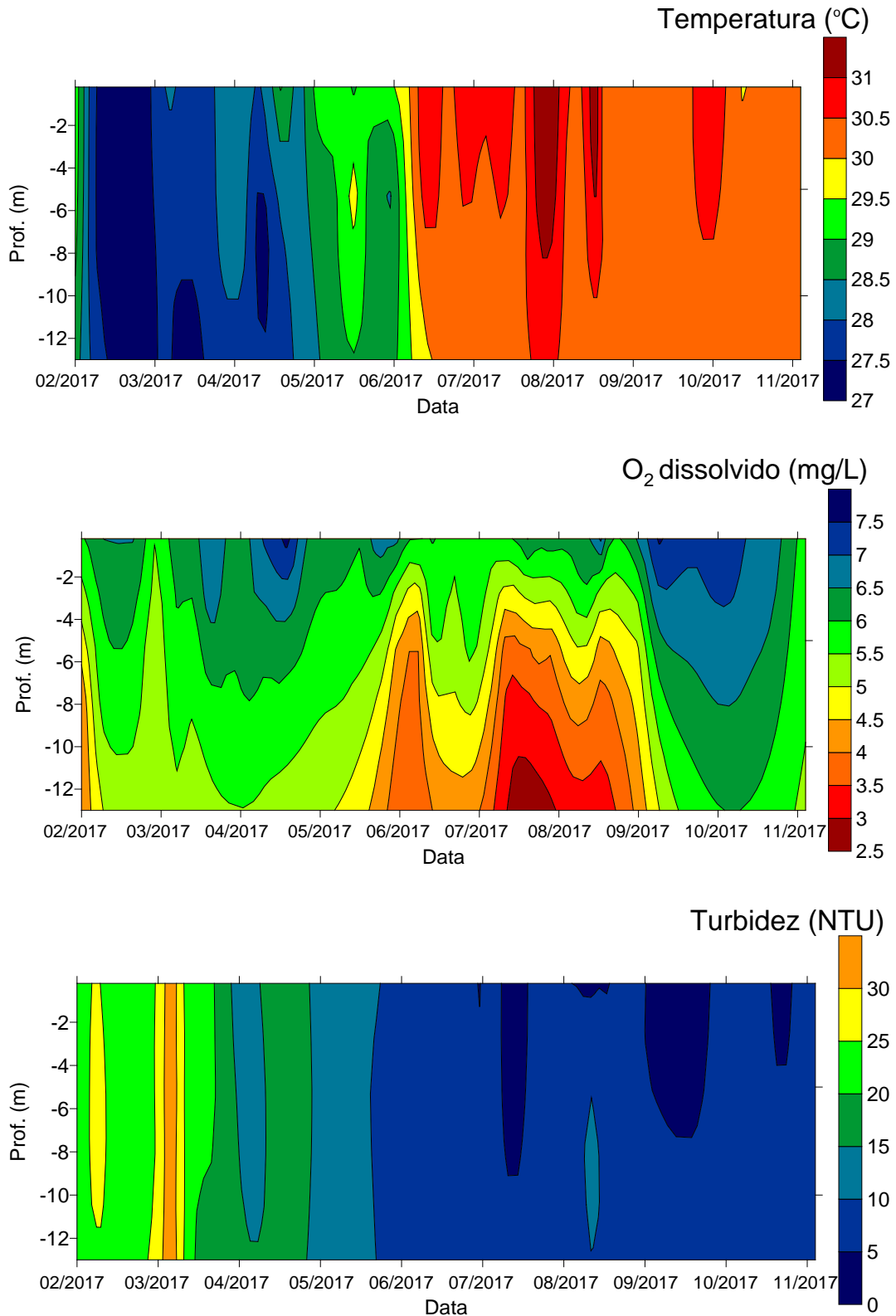


Figura 11.4.1 - 155 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-06, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

RX-RB-07

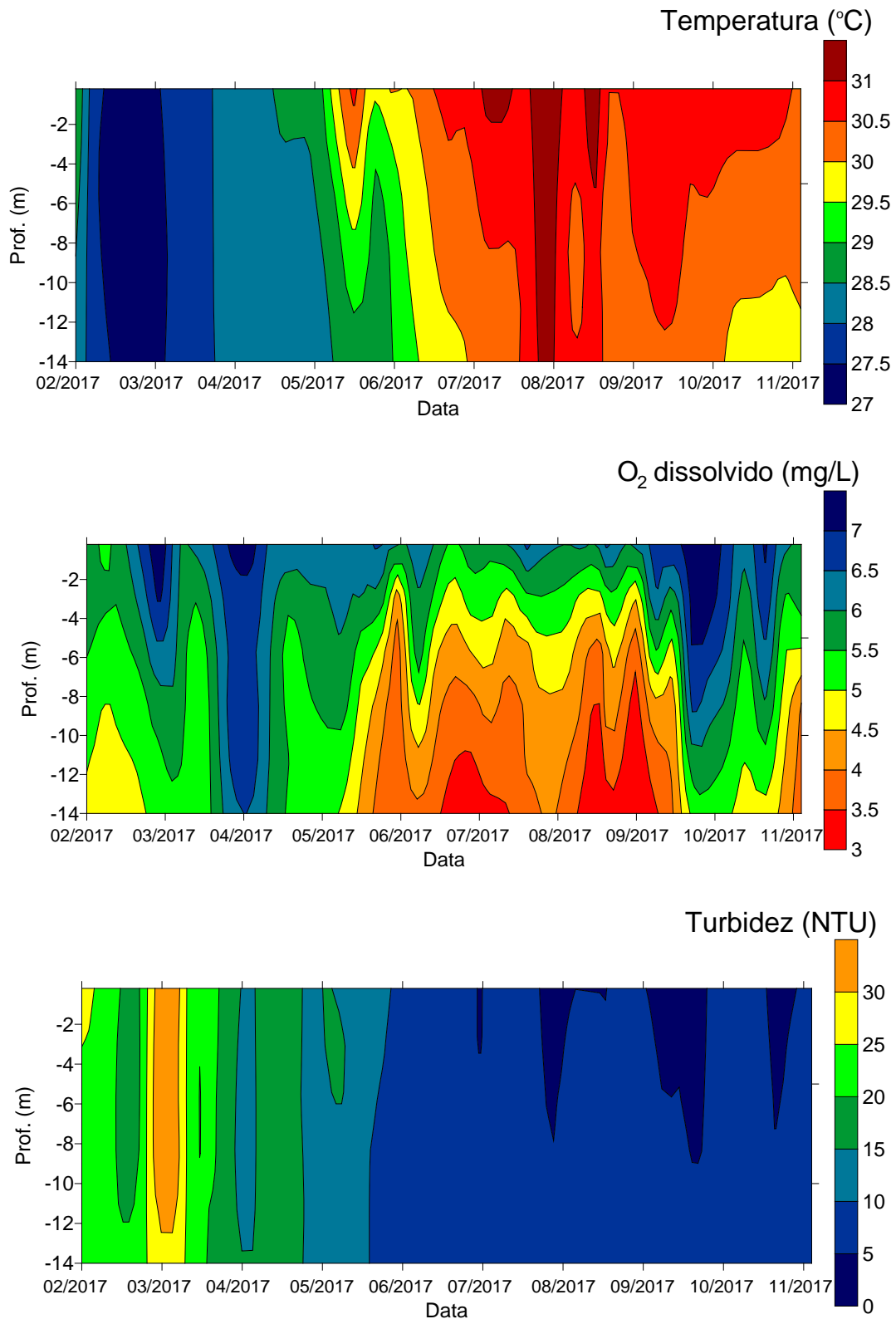


Figura 11.4.1 - 156 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-07, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-08

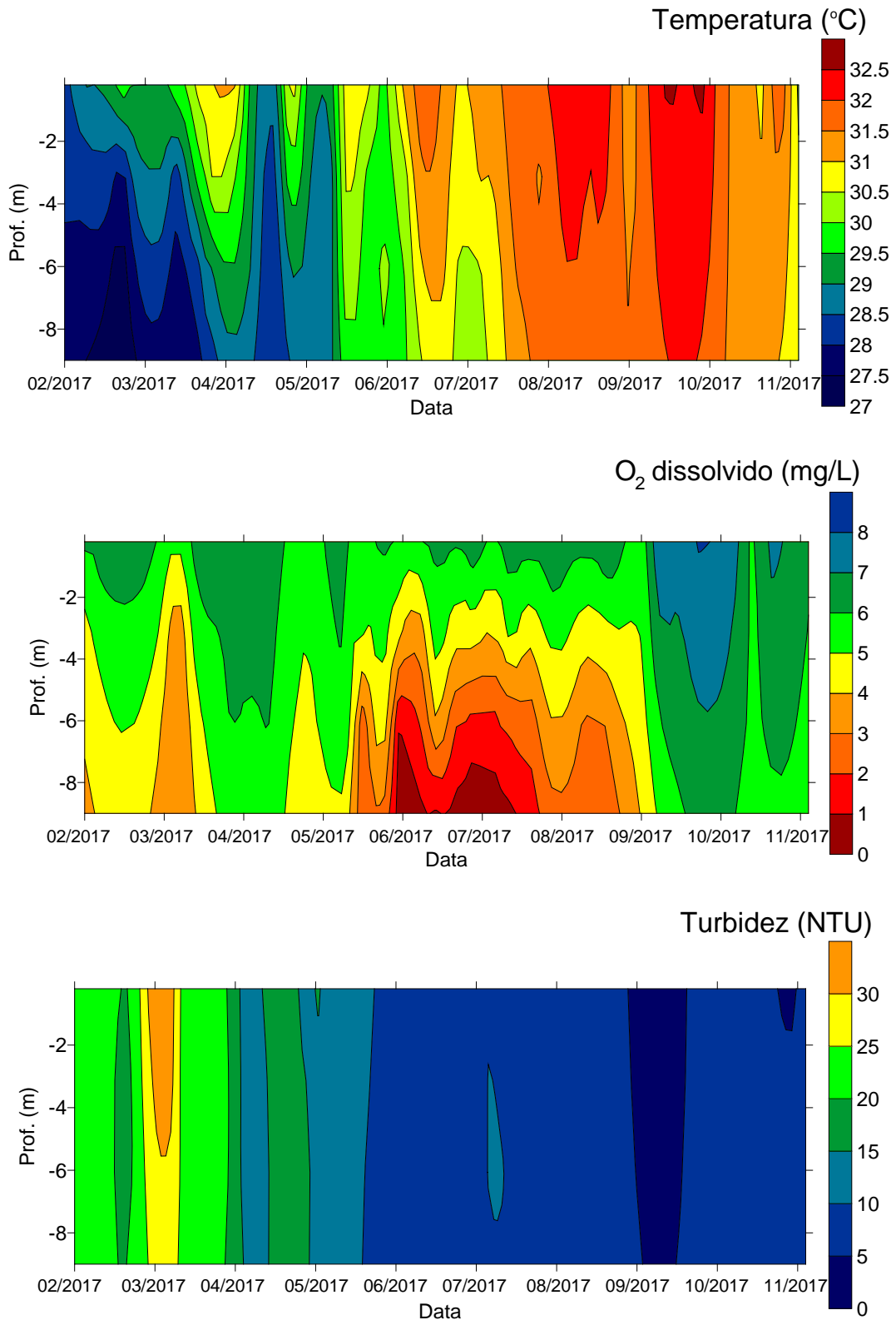


Figura 11.4.1 - 157 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-08, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-09

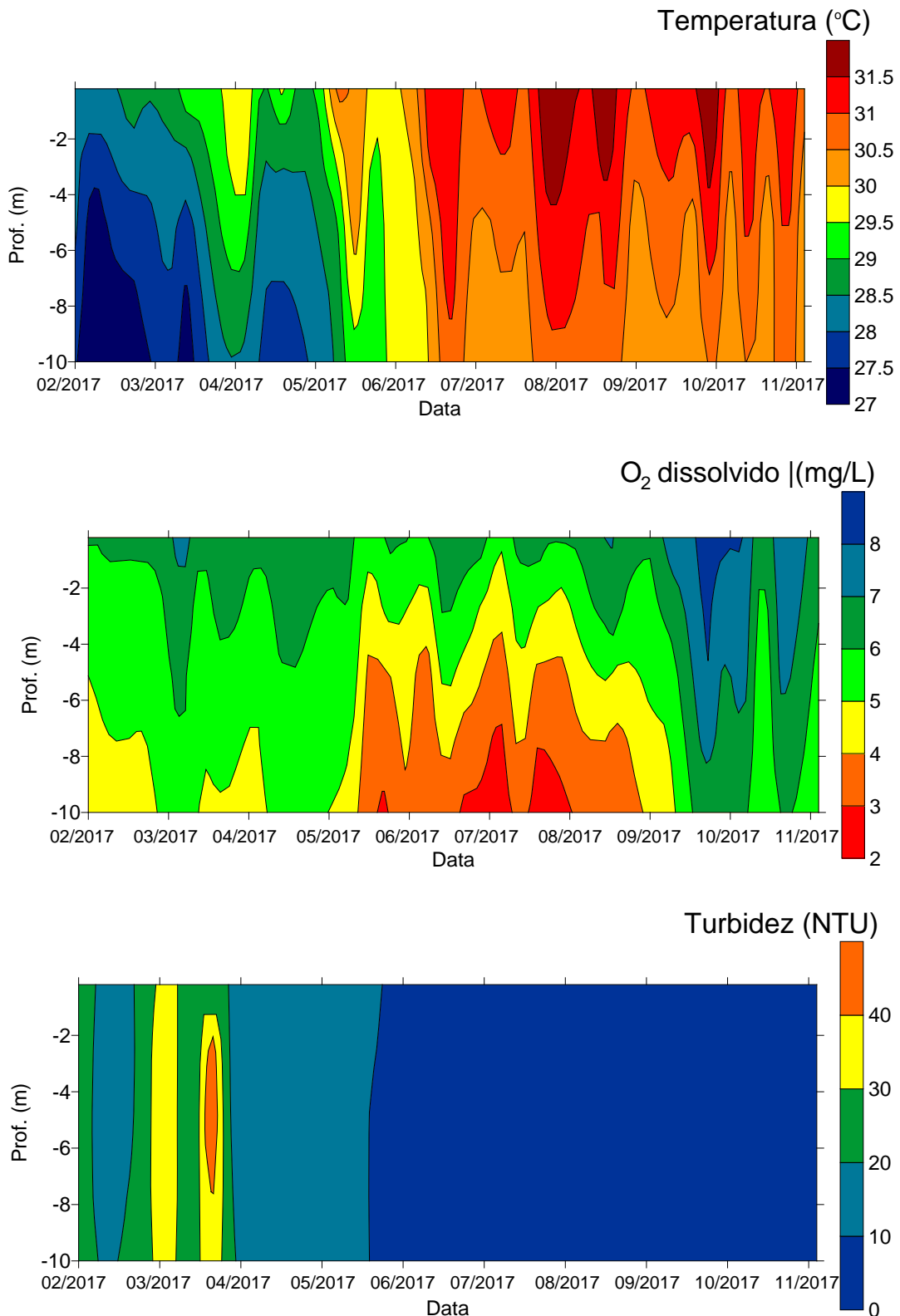


Figura 11.4.1 - 158 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-09, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-10

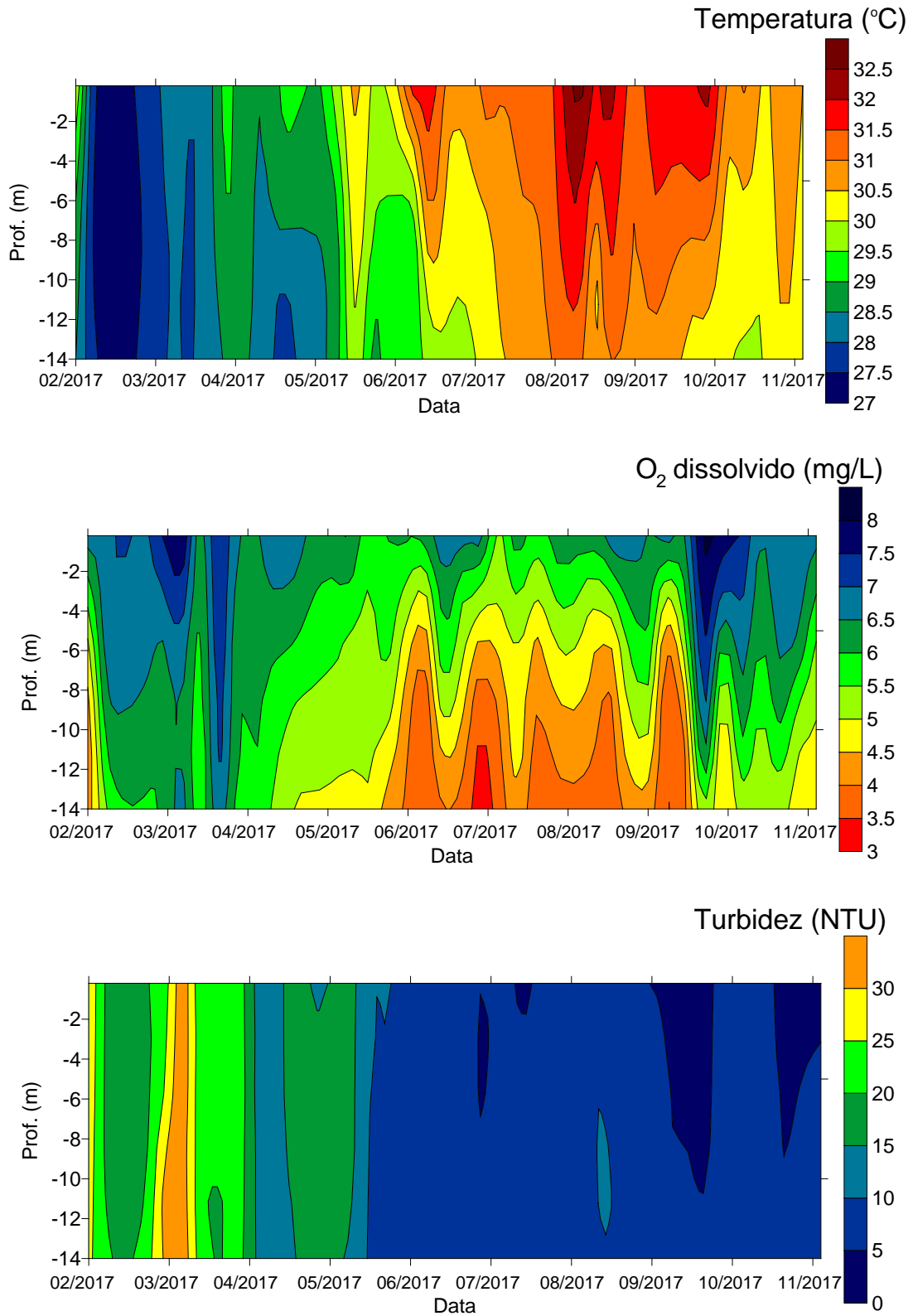


Figura 11.4.1 - 159 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-10, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

RX-RB-11

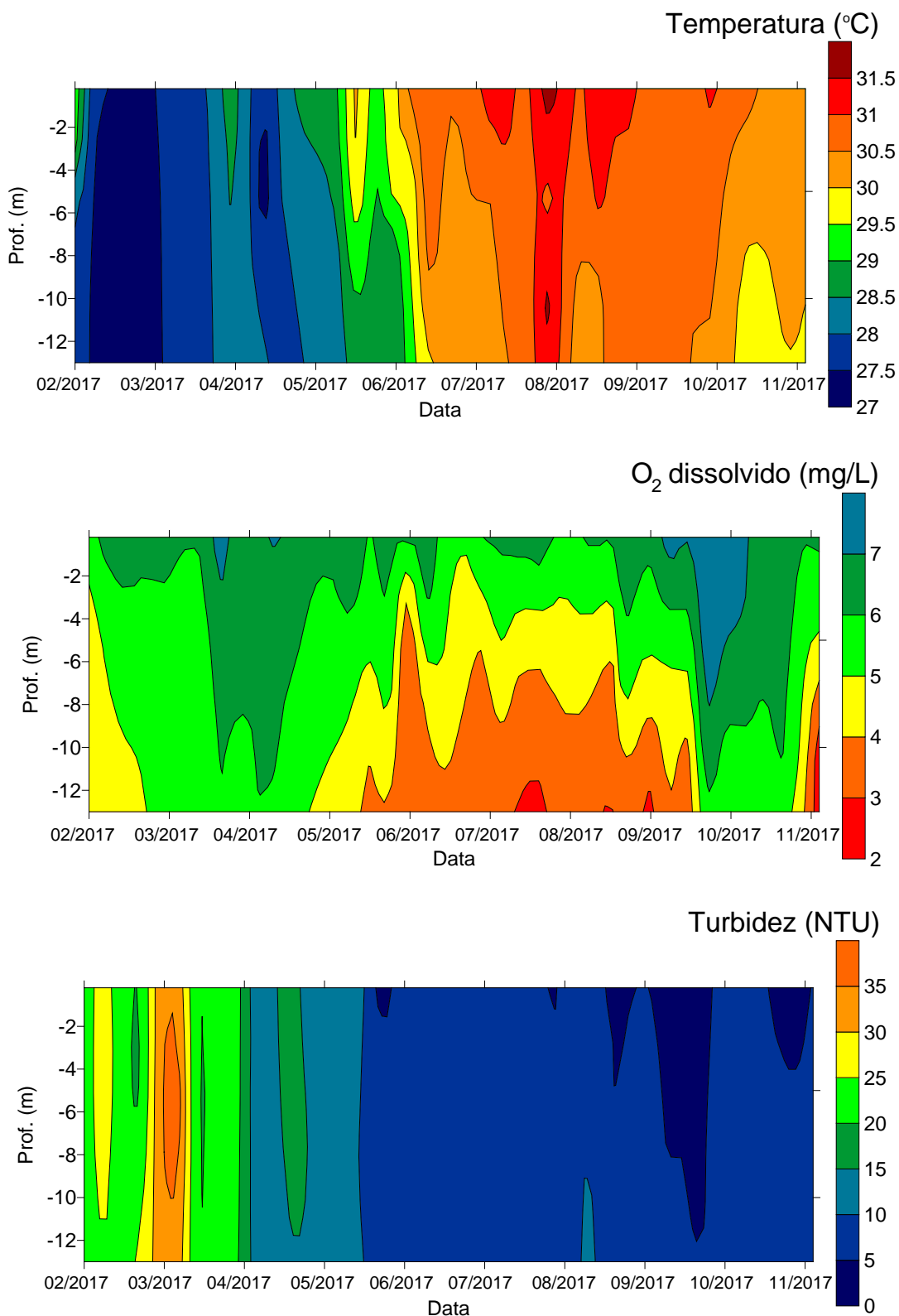


Figura 11.4.1 - 160 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-11, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

RX-RB-12

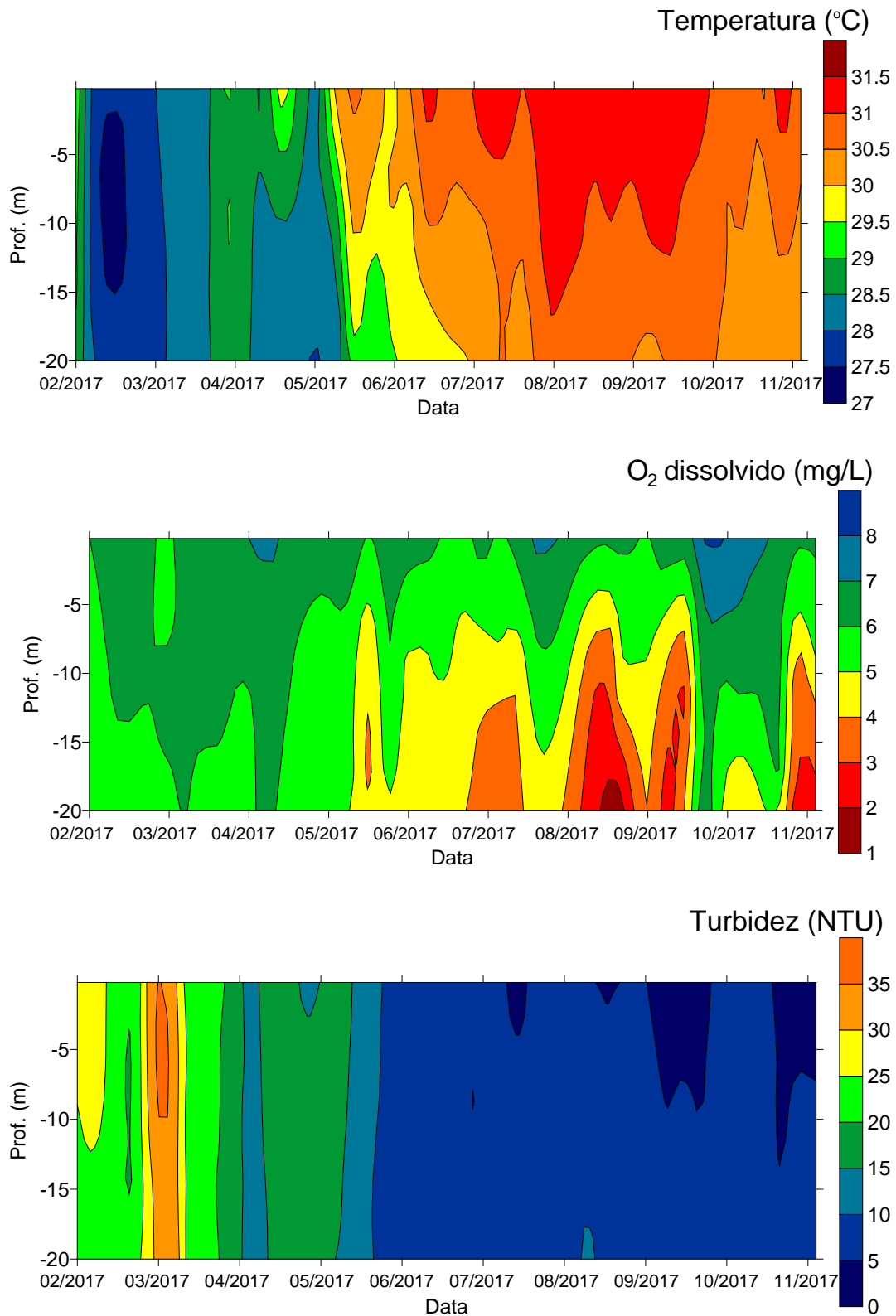


Figura 11.4.1 - 161 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-12, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-13

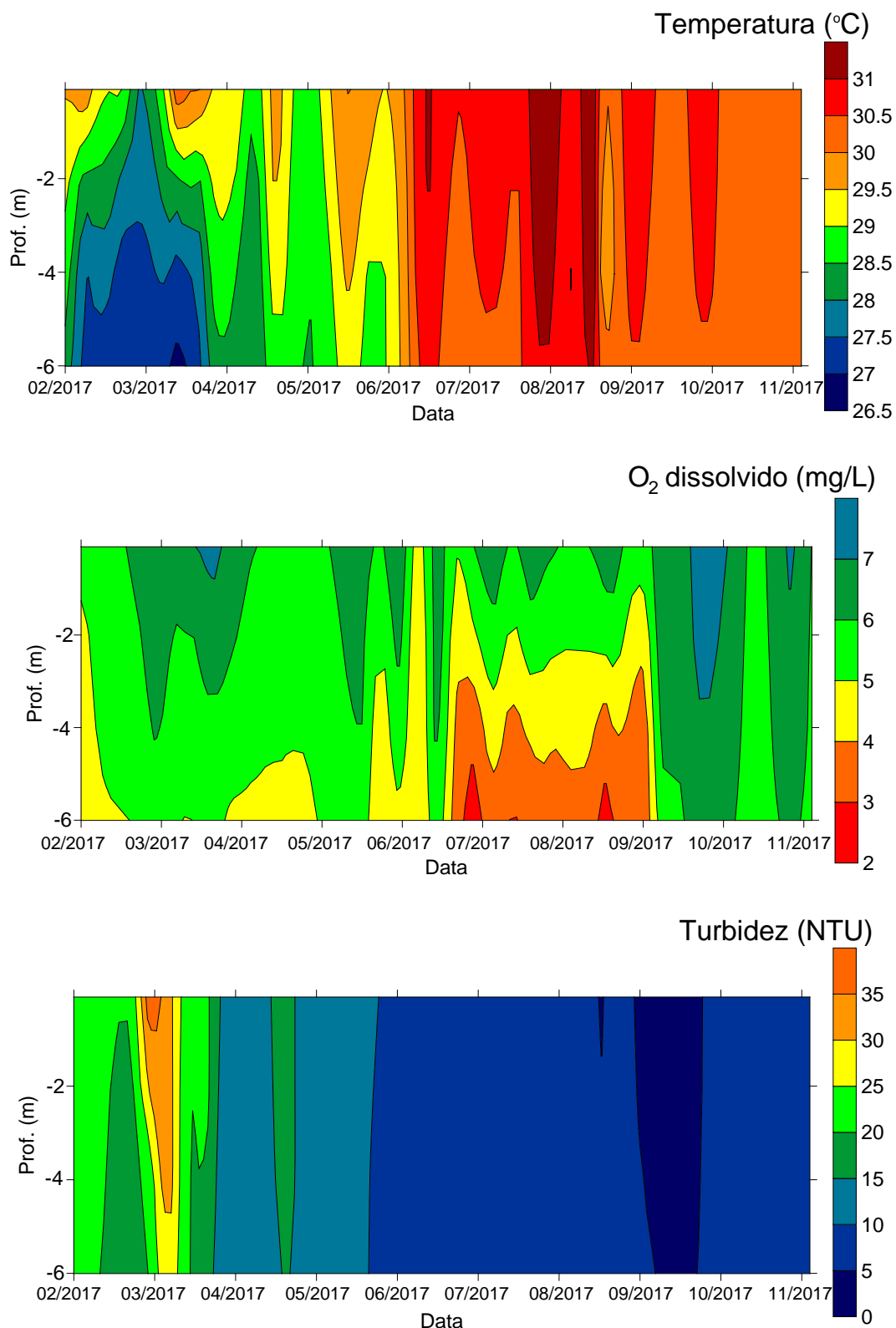


Figura 11.4.1 - 162 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-13, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

Ponto RX-RB-13B

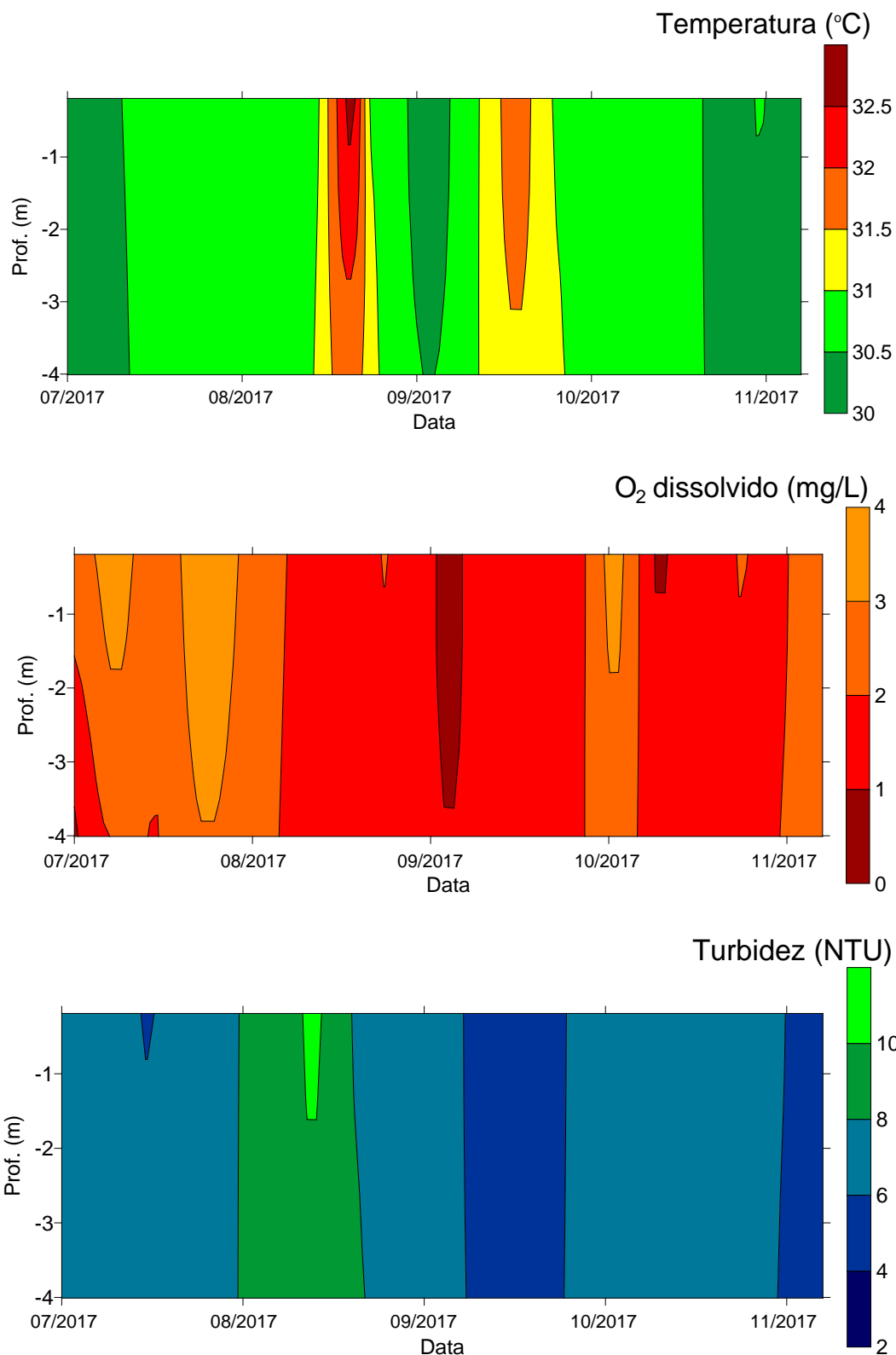


Figura 11.4.1 - 163 – Gráficos de isolinhas de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez no ponto RX-RB-13B, próximo às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu (fevereiro a novembro de 2017).

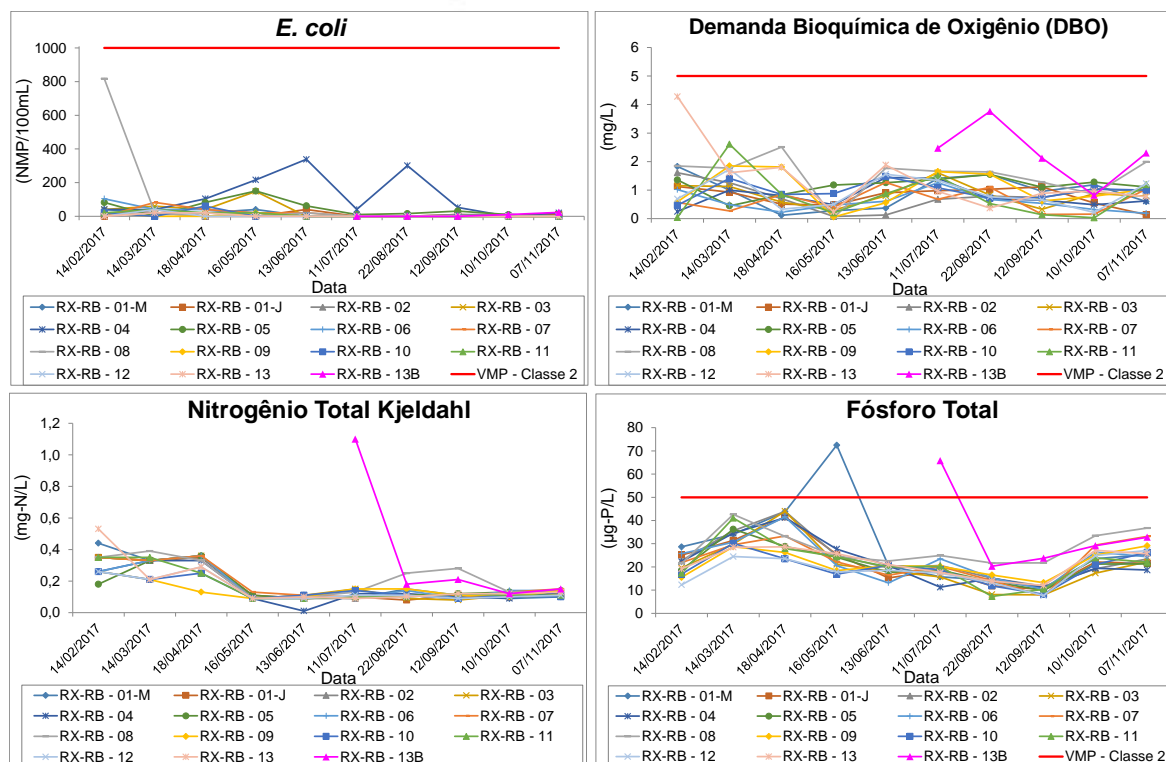


Figura 11.4.1 – 164 – Gráficos de variação temporal das variáveis *E. coli*, DBO, nitrogênio total Kjeldahl e fósforo total nos pontos localizados próximos às comunidades ribeirinhas do entorno do reservatório do Xingu no período entre fevereiro a novembro de 2017.

11.4.1.2.7 RECOMENDAÇÕES PARA ALTERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

No período entre os dias 4 e 6 de dezembro de 2017 foi realizado em Brasília-DF o 2º Seminário Técnico Anual de Acompanhamento do PBA e Condicionantes da Licença de Operação no 1.317/2015 da UHE Belo Monte, no qual foram realizadas explanações por parte dos especialistas envolvidos nos programas ambientais.

A explanação do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água (PBA 11.4) foi realizada pela AIEGA no dia 4 de dezembro de 2017, na qual o principal assunto abordado foi a proposta de alteração da malha amostral do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade das Águas Superficiais (PBA 11.4.1), realizado pela executora, durante a Fase de Operação.

Para solicitar a avaliação e a anuência ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA referente a essa proposta de alteração da malha amostral do Projeto, em dezembro de 2017 foi elaborada uma Nota Técnica NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017 e encaminhada através da CE 0957/2017 - SSI direcionada a esse Órgão Público, contendo as informações e as justificativas relacionadas à alteração proposta. A referida Nota Técnica está apresentada no **Anexo 11.4.1 - 13** do presente Relatório Semestral Consolidado.

Em suma, propõe-se a exclusão de 25 pontos de amostragem do monitoramento mensal do PBA 11.4.1, e manutenção de 09 (nove) pontos ainda considerados importantes para avaliação da qualidade da água na área de influência da UHE Belo Monte, cujas informações constam na referida Nota Técnica.

Além da proposição de manutenção dos nove pontos para a malha amostral do monitoramento mensal do PBA 11.4.1, propõe-se a incorporação de dois (2) novos pontos em locais considerados com na área de influência da UHE Belo Monte, tais como no Reservatório Xingu a jusante da área urbana de Altamira, identificado como RX ALTAMIRA, e no rio Xingu, na localidade Ressaca, no Trecho de Vazão Reduzida (TVR), na qual há uma ocupação humana significativa.

Em relação à malha amostral do monitoramento trimestral do Projeto 11.4.1, composta por 49 pontos na fase de operação, a mesma deverá ser mantida visto que os pontos são representativos para a extensa área de influência da UHE Belo Monte, considerando as distintas porções como as áreas a Montante do RX, o RX, o RI, o TVR, o TRV, o rio Bacajá e os Igarapés Interceptados pelos Diques do RI.

Além das alterações propostas em referência à malha amostral do monitoramento mensal da qualidade da água do PBA 11.4.1, propõe-se, neste documento, alterações referentes aos monitoramentos adicionais realizados pela executora na fase de operação da UHE Belo Monte.

Durante a fase de operação dos reservatórios da UHE Belo Monte, monitoramentos adicionais da qualidade da água foram sendo incorporados visando o melhor entendimento das condições nesse período crítico de transformação do sistema. As áreas monitoradas nesse período são: os igarapés de Altamira (Painhas, Altamira e Ambé) no RX, em três porções desses cursos de água (montante, média e jusante), com frequência semanal de amostragem, bem como os braços formados pelo RX (Palhal, Di Maria, Bastião e entrada do Canal de Derivação), também com frequência semanal de amostragem; o reservatório Intermediário (RI) em doze pontos com frequência semanal de amostragem; e três pontos próximos à barragem do RI e dois pontos no Canal de Fuga, com frequência diária na fase de enchimento e início da fase de operação e, posteriormente, com frequência de dias alternados de amostragem; e o Trecho de Restituição de Vazão (quatro pontos de amostragem), com frequência semanal de amostragem.

Posteriormente, após a alocação de 121 famílias para entorno do reservatório do Xingu no início de 2017, iniciou-se em fevereiro de 2017 o monitoramento da qualidade da água no entorno das áreas ocupadas por ribeirinhas, visando avaliar possíveis alterações causadas por esta e demais ocupações previstas para os anos posteriores.

A elevada frequência de amostragem dos monitoramentos adicionais durante a fase de enchimento e início da fase de operação da UHE Belo Monte foi fundamental para a avaliação da qualidade da água nas áreas consideradas. Porém, com a tendência de estabilização dos reservatórios 22 meses após o enchimento, nota-se que, em algumas

áreas, tais como nos igarapés de Altamira, nos braços formados pelo RX, nos pontos localizados próximos à barragem do RI e do Canal de Fuga, e no Trecho de Restituição de Vazão a amplitude de variação da qualidade da água foi gradualmente reduzida, conforme consta nos relatórios semestrais consolidados. Por essa razão, propõe-se a redução da frequência de amostragem para os monitoramentos acima citados a partir do terceiro ano de monitoramento, conforme descrição a seguir:

- Monitoramento dos igarapés de Altamira: alteração da frequência de amostragem semanal para frequência quinzenal, e exclusão dos pontos de montante (PAN-M, ALT-M e AMB-M) da malha amostral visto que, baseado na série histórica de monitoramento, tais locais mantiveram as mesmas características do período anterior à formação RX, sem evidências, portanto, da influência do nível do reservatório naquelas porções dos igarapés;

- Monitoramento dos braços formados pelo RX (Palhal, Di Maria, Bastião e Entrada do Canal de Derivação): alteração da frequência de amostragem semanal para quinzenal, visto que não se verificou alterações significativas da qualidade da água nas séries históricas do monitoramento após o enchimento do reservatório;

- Monitoramento dos pontos localizados próximos à barragem do RI (CN 09, CN 09B e CN 09C) e no Canal de Fuga (Montante e Jusante): a frequência de amostragem passaria de dias alternados (segundas quartas e sextas) para frequência semanal, haja vista que não se verificam alterações diárias significativas da qualidade da água nas séries históricas do monitoramento. Além disso, a equipe de monitoramento da Ictiofauna também realiza medições com sonda multi-paramétrica diariamente nesses locais. Também é proposta a exclusão do ponto CN 09B da malha amostral, uma vez que a escolha desse ponto, localizado na porção esquerda da barragem da Casa de Força Principal, foi originalmente em razão do funcionamento das primeiras turbinas ali instaladas na qual se realizava a adução. Porém, várias outras turbinas foram instaladas sequencialmente na barragem, razão pela qual o monitoramento na porção esquerda da barragem deixou de ser funcional. Além disso, os dados do monitoramento não evidenciam diferenças significativas da qualidade da água entre o ponto CN 09B e os pontos CN 09, localizado na porção central, 600m a montante da barragem, e o ponto CN 09C, localizado 1.600m a montante da barragem, os quais continuarão sendo monitorados.

Exceções foram consideradas para o monitoramento nos 12 (doze) pontos do RI, bem como para o monitoramento dos 14 (quatorze) pontos localizados no entorno das áreas ocupadas pelas comunidades ribeirinhas no RX, cuja frequência de monitoramento continuaria inalterada, ou seja, com frequência semanal, dada a sensibilidade desses sistemas.

O resumo das alterações e manutenções dos monitoramentos adicionais propostas estão apresentadas no Quadro 11.4.1 - 22.

Quadro 11.4.1 - 22 – Alteração da frequência de amostragem dos monitoramentos adicionais na UHE Belo Monte proposta para o segundo ano após a formação dos reservatórios

LOCAL	PONTOS	FREQUÊNCIA ATUAL	FREQUÊNCIA PROPOSTA	JUSTIFICATIVAS
IGARAPÉS DE ALTAMIRA	PONTOS CENTRAIS (02), MONTANTE (M) E JUSANTE (J)	SEMANAL	QUINZENAL NO PONTO "J" e "02" - CASO OCORRER ANOMALIA FAZER TAMBÉM NO "M"	APENAS OS PONTOS DE JUSANTE E CENTRAIS APRESENTAM UMA INFLUÊNCIA DIRETA DO RESERVATÓRIO. OS PONTOS DE MONTANTE MANTIVERAM AS CARACTERÍSTICAS DE ANTES DO ENCHIMENTO NO PERÍODO MONITORADO
RESERVATÓRIO DO XINGU	PALHAL, IDM, ENTRADA CANAL, BASTIÃO	SEMANAL	QUINZENAL	SEM ALTERAÇÕES SIGNIFICATIVAS NA QUALIDADE DA ÁGUA NAS SÉRIES HISTÓRICAS DOS MONITORAMENTOS APÓS O ENCHIMENTO
RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO	CN 09, CN 09B E CN 09C	DIAS ALTERNADOS (SEGUNDAS, QUARTAS E SEXTAS)	FREQUÊNCIA SEMANAL APENAS NOS PONTOS CN 09 E CN 09C	A EQUIPE DA ICTIOFAUNA MONITORA DIARIAMENTE NAS PROXIMIDADES DESSES PONTOS - NÃO HÁ GRANDES VARIEDADES DIÁRIAS
CANAL DE FUGA	02 ESTAÇÕES	DIAS ALTERNADOS (SEGUNDAS, QUARTAS E SEXTAS)	SEMANAL	ICTIOFAUNA REALIZA OS MONITORAMENTOS DIARIAMENTE
TRECHO DE RESTITUIÇÃO DE VAZÃO (TRV)	RX 07, PTRV 01, PTRV 02 E PTRV 03	SEMANAL	MENSAL	NÃO HÁ ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA EM TODA SÉRIE HISTÓRICA DOS MONITORAMENTOS

11.4.1.3 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PLANO/PROGRAMA/PROJETO

O quadro de atendimento aos objetivos do projeto é apresentado na sequência.

INSERIR AQUI A PLANILHA (A PLANILHA DEVERÁ SER ENCAMINHADA EM EXCEL E A FERREIRA ROCHA IRÁ INSERÍ-LA AQUI NO PDF FINAL – Serão enviadas todas as planilhas em Excel com a nomenclatura e formatação adequada para utilização neste item. Favor atualizá-las e encaminhá-las em Excel)

11.4.1.4 ATENDIMENTO ÀS METAS DO PLANO/PROGRAMA/ PROJETO

O quadro de atendimento às metas do projeto é apresentado na sequência.

INSERIR AQUI A PLANILHA (A PLANILHA DEVERÁ SER ENCAMINHADA EM EXCEL E A FERREIRA ROCHA IRÁ INSERÍ-LA AQUI NO PDF FINAL – Serão enviadas todas as planilhas em Excel com a nomenclatura e formatação adequada para utilização neste item. Favor atualizá-las e encaminhá-las em Excel)

11.4.1.5 ATIVIDADES PREVISTAS

As atividades encontram-se de acordo com as previstas para o Projeto e também atendendo demandas posteriores advindas do IBAMA, não havendo necessidade de ajustes. Desta forma, para o próximo período, as seguintes atividades continuarão sendo executadas:

- Identificar alterações da qualidade da água no rio Xingu e seus principais tributários na área de influência do empreendimento, tanto no gradiente temporal como espacial, bem como a determinação do perfil vertical de variáveis limnológicas;
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento;
- Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água dos corpos de água e adoção de medidas mitigadoras quando necessário;
- Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água e das comunidades biológicas, decorrentes das transformações ambientais ocorridas; e
- Promover interface com o Plano Ambiental de Construção (PAC), e os Projetos de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2), de Monitoramento da Ictiofauna (13.3.4), de Conservação da Fauna Aquática (13.4), Plano de Saúde Pública (PBA 8), de Interação Social e Comunicação (PBA 7.2) e de Educação Ambiental (PBA 7.3).

11.4.1.6 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O Cronograma das Atividades Previstas, apresentado abaixo para a continuidade do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial, não sofreu qualquer tipo de adequação ou modificação em relação àquele que foi encaminhado no conteúdo do 11º RC, datado de janeiro de 2017.

INSERIR AQUI O CRONOGRAMA (O CRONOGRAMA DEVERÁ SER ENCAMINHADO EM EXCEL E A FERREIRA ROCHA IRÁ INSERIR AQUI NO PDF FINAL - Foram encaminhados todos os cronogramas em Excel inseridos no 6º RC, com a nomenclatura e formatação adequada, para utilização neste item. Favor atualizar o cronograma com o andamento e encaminhar em Excel juntamente com o texto.)

11.4.1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Projeto 11.4.1, da forma como vem sendo executado e desenvolvido, tem cumprido todos os objetivos e metas preconizados no PBA. Os dados obtidos até o momento, pela realização dos monitoramentos mensal e trimestral, referem-se a seis ciclos hidrológicos completos na região, de dezembro de 2011 a novembro de 2017.

Informa-se que os resultados das 25 (vinte e cinco) campanhas trimestrais realizadas até o presente momento do Projeto 11.4.1 demonstraram que a qualidade ambiental da área analisada, em geral, esteve adequada ao longo de todo o monitoramento executado nas fases anterior, durante e após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte. É importante destacar que, com o acréscimo de dados e resultados que estão sendo obtidos na continuidade do monitoramento da qualidade da água (campanhas trimestrais), puderam ser realizadas análises mais acuradas e detalhadas das possíveis alterações ocorridas nas diferentes áreas de monitoramento, em função da formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, fato este que está em consonância com o pleno atendimento dos objetivos e metas preconizados no presente Projeto.

Atualmente, conforme apresentado no contexto deste RC, as oscilações da qualidade da água e do sedimento na área estudada estiveram associadas, principalmente, aos fatores ambientais de vazão e pluviosidade, não sendo possível identificar um padrão que indicasse deterioração na área entre os anos monitorados, como, por exemplo, um aumento de nutrientes (fósforo e nitrogênio) ou um aumento de organismos indicativos de piora na qualidade do ambiente, como concentrações de *E. coli*, DBO ou de cianobactérias, entre outros, mesmo com a formação dos reservatórios.

O fato de as condições no rio Xingu e seus tributários, assim como dos reservatórios, permanecerem ao longo das campanhas anteriores, até o momento, com o enquadramento original (Classe 2) frente à legislação aplicável (Resolução CONAMA 357/2005), sustenta que não houve grandes alterações ambientais da malha amostrada trimestralmente face à implantação do empreendimento e à operação do mesmo.

Entretanto, e como já discutido em RCs anteriores, no entorno dos canteiros e nas áreas urbanas, alguns resultados são relevantes, considerando todo o período de monitoramento, principalmente na fase de implantação da UHE Belo Monte (2011 a 2015). O esgoto doméstico nas áreas urbanas e intervenções com revolvimento do solo, e sua exposição, temporariamente, sem cobertura vegetal, são impactos que já haviam sido prognosticados no EIA/RIMA, os quais poderiam afetar diretamente e/ou indiretamente os corpos hídricos do entorno, sobretudo no período de chuvas, quando o escoamento superficial é elevado. Esta situação pode ser observada nos meses de janeiro até maio de 2014, em vários pontos amostrados nas áreas em questão, quando não conformidades em relação à legislação foram registradas para algumas variáveis, como cor e turbidez. Mesmo considerando-se que esta situação foi prognosticada, é importante ressaltar que também foi visualizada recuperação da qualidade ambiental em corpos de água adjacentes às áreas que sofreram intervenção das obras (cujas atividades estão praticamente concluídas), indicando que tal impacto teve característica

temporária e pontual, condição já registrada em relatórios anteriores. Além desses, a retirada das palafitas e a limpeza e desinfecção de áreas, incluindo a retificação dos igarapés na área urbana de Altamira, produziram melhoras sensíveis na qualidade da água dos referidos igarapés. Destaca-se também esforços contínuos de gestão ambiental, já explicitados no presente RC, realizados por meio da integração constante entre o presente Projeto e outros Projetos e Programas afins, tais como Projeto de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (PBA 11.4.2), Projeto de Monitoramento da Ictiofauna (PBA 13.3.4), Programa de Monitoramento dos Igarapés Interceptados pelos Diques (PBA 11.2), entre outros.

Adicionalmente, informa-se que, em relação ao PBA 11.4.2, houve por parte da Norte Energia o desenvolvimento de atividades para remoção das Macrófitas Aquáticas do igarapé Altamira, tendo em vista o fator estético no contexto do Projeto de Parques e Reurbanização da Orla (PBA 5.1.8). Embora tenha ocorrido proliferação expressiva de Macrófitas nesse igarapé, em função, principalmente, do aporte de nutrientes advindos da sua bacia na época de grande incidência pluviométrica, não houve alteração na qualidade da água em função dessa proliferação. Os resultados dessas atividades constam do relatório encaminhado ao IBAMA por meio da CE 0504-2017 de 30 de junho de 2017.

Também ocorreu remoção de estandes/bancos de macrófitas aquáticas flutuantes bastante significativos no RI, em dois momentos, no contexto do PBA 11.4.2. No entanto nada relacionado à qualidade de água, sendo esses estandes locais propícios à permanência de indivíduos da fauna aquática em grande quantidade. O motivo da remoção foi para impedir que os bancos chegassem até à Tomada de Água na Casa de Força Principal.

As metas previstas no cronograma do presente Projeto estão sendo atingidas com qualidade e dentro dos prazos, e as informações sobre qualidade da água, do sedimento e sobre a biota aquática, adquiridas até o presente, estão sendo armazenadas no Banco de Dados Digitais do Projeto. Essa atividade será mantida de forma contínua nas fases seguintes de monitoramento, visando servir de ferramenta para o prognóstico das possíveis alterações da qualidade da água, do sedimento e das comunidades biológicas, decorrentes das transformações ambientais, e terá efeito a adoção de medidas mitigadoras, quando e se necessário.

A partir do final do ano de 2015, foi iniciada uma nova etapa do Projeto 11.4.1 devido à formação dos reservatórios Xingu e Intermediário. Nesta etapa, os resultados e dados provenientes das campanhas de monitoramento limnológico e de qualidade da água superficial estão sendo avaliados comparativamente com a caracterização constatada na fase anterior à formação dos referidos reservatórios. A continuidade do presente Projeto visa ao cumprimento e pleno atendimento do seu objetivo principal, que se caracteriza por: *“Prognosticar e mensurar as modificações na qualidade da água 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”*, como também atender as condicionantes relacionadas ao tema preconizadas na Licença de Operação (LO).

Ressalta-se que, a partir de março de 2016, após o enchimento dos reservatórios da UHE Belo Monte, pontos adicionais, com maior frequência de amostragem que o PBA contempla, foram incluídos no monitoramento visando ao atendimento de demandas específicas do IBAMA, assim como para possibilitar o desenvolvimento de outros programas e projetos do PBA, como, por exemplo, o Projeto de Resgate e Salvamento da Ictiofanuna (PBA 13.3.2).

Até o momento, reafirma-se que, mesmo após a formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, o sistema apresenta boa qualidade da água, sem evidências de eutrofização e redução da riqueza e diversidade da biota aquática. Tais condições são, em grande parte, em função da manutenção da boa qualidade da água do rio Xingu e de seus tributários, bem como das intervenções realizadas pela Norte Energia antes e após a formação dos reservatórios, tais como supressão da vegetação da área inundada, remoção das palafitas nas margens dos igarapés da cidade de Altamira, obras de ligação domiciliar da rede de esgotos e construção de estações de tratamento de esgotos, controle das ocupações nas áreas ribeirinhas, controle das vazões defluentes dos reservatórios de acordo com a vazão ecológica pré-estabelecida no EIA, entre outras.

Por fim, após quase dois anos de monitoramento na fase de operação, na área de influência da UHE Belo Monte, propõe-se a alteração da malha amostral do Projeto, bem como da malha amostral e da frequência de amostragem dos projetos adicionais de monitoramento da qualidade da água, cujas informações e justificativas constam na Nota Técnica NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017, encaminhada ao IBAMA em dezembro de 2017, e cuja cópia do documento se encontra no **Anexo 11.4.1 - 13** do presente RC.

Em atendimento ao Parecer Técnico do IBAMA no 140/2017-COHID/CGTEF/DILIC de janeiro de 2018, referente à avaliação do 12º RC do Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial, no qual sugere-se que os dados do monitoramento nictemeral devem ser apresentados de forma gráfica, para facilitar a análise dos resultados, ajustes foram realizados e apresentados no Anexo 11.4.1 - 14. Ressalta-se que os resultados das medidas de variação nictemeral realizadas no período entre 19 e 30 de abril de 2017, com uso de sonda multi-paramétrica, em pontos localizados nas áreas de monitoramento da UHE Belo Monte, como parte do Projeto de Monitoramento e de Qualidade da Água Superficial vigente, já haviam sido apresentados no 12º RC do Projeto (PBA 11.4.1).

11.4.1.8 EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

NOME DO PROFISSIONAL	FUNÇÃO	FORMAÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CTF IBAMA
Dr. José Galizia Tundisi	Coordenador Geral	Cientista Natural	CRBio: 033693/01-D	296428
Dra. Takako Matsumura Tundisi	Diretora Técnica Geral	Bióloga	CRBio: 033694/01-D	311387
Dr. José Eduardo Tundisi	Diretor Financeiro	Engenheiro Mecânico	-	310382
Dr. Donato Seiji Abe	Pesquisador - Relatórios	Biólogo	CRBio: 06075/01-D	311398
Dra Corina V. Sidagis-Galli	Pesquisadora – Relatórios e Banco de Dados	Bióloga	CRBio: 086833/01-D	3781165
Carlos Rogério Lopes Faria	Gestor do Projeto	Biólogo	-	3780938
Fernando de Paula Blanco	Especialista de Campo e de Laboratório	Engenheiro de Produção	CREA: 5069060871	311418
Leandro Contri Campanelli	Especialista em Fitoplâncton	Biólogo	-	5136560
Ricardo Milanetti Degani	Especialista em Macroinvertebrados Bentônicos	Biólogo	-	4925742
Fernando Souza Soares	Especialista em Zooplâncton	Biólogo	-	3811199
Gabriela Crestana Rabello	Especialista em Zooplâncton	Bióloga	-	6321831
Cileise Priscila Pereira de Lima	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	5223059
Valéria Silva Pizzo	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	311376
Lisbeth Podanoschi Faria	Técnica de campo e Laboratório	Técnica em Meio Ambiente	CRQ: 04489963	5007175
Haren Santos	Técnica de Laboratório	Bióloga	-	6321756
Leandro Cesar Lima	Técnico de Campo	Tecnólogo em Gestão Ambiental		6338856
Graciele Podanoschi	Técnica de Campo e Laboratório	Técnica em Meio Ambiente	-	6388573

11.4.1.9 ANEXOS

Anexo 11.4.1 – 1/2018 – Materiais e métodos dos monitoramentos trimestral e mensais do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 2/2018 – Coordenadas geográficas dos pontos da malha amostral dos monitoramentos trimestral e mensais do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 3/2018 – Mapa com a localização dos pontos da malha amostral do monitoramento trimestral do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte (IMPRESSO)

Anexo 11.4.1 – 4/2018 – Mapas com a localização dos pontos da malha amostral dos monitoramentos mensais (pontos próximos às LTs e vias de acessos e entorno dos canteiros) do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte (IMPRESSO)

Anexo 11.4.1 – 5/2018 – Métodos da análise estatística multivariada aplicada às variáveis de qualidade da água e do sedimento no monitoramento trimestral do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 6/2018 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados trimestralmente no Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 7/2018 – Resultados de qualidade e granulometria do sedimento dos pontos monitorados trimestralmente no Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 8/2018 – Resultados da biota aquática nas campanhas trimestrais de enchente e de cheia (2011-2015) do Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 9/2018 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados mensalmente no entorno dos canteiros de obra no Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 10/2018 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados mensalmente em locais próximos às Vias de Acesso e Linhas de

Transmissão e Vias no Projeto Básico Ambiental – Projeto de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água Superficial da UHE Belo Monte

Anexo 11.4.1 – 11/2018 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados na fase de pós-enchimento

Anexo 11.4.1 – 12/2018 – Resultados de qualidade da água dos pontos monitorados próximos às ocupações ribeirinhas do entorno do Reservatório do Xingu

Anexo 11.4.1 – 13/2018 – NT_SSI_Nº063_PMLQA_11-12-2017

Anexo 11.4.1 – 14/2018 – Medidas de Variação Nictemeral