

Textos

Volume 10

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Área de Influência Direta / Área Diretamente Afetada

Meio Físico

EIA

Estudo de Impacto Ambiental

AHE São Luiz do Tapajós

Aproveitamento Hidrelétrico São Luiz do Tapajós

ÍNDICE

7.4.1.1.2.6	Qualidade das Águas Superficiais	1
7.4.1.1.2.6.1	Aspectos Hidrodinâmicos e Meteorológicos	1
7.4.1.1.2.6.1.1	Regime de Precipitação.....	1
7.4.1.1.2.6.1.2	Curso do Rio Tapajós	1
7.4.1.1.2.6.1.2.1	Alto Curso do Tapajós.....	3
7.4.1.1.2.6.1.2.2	Baixo Curso do Tapajós.....	3
7.4.1.1.2.6.2	Dados das Campanhas de Amostragem	5
7.4.1.1.2.6.2.1	Aspectos Gerais e Dados Utilizados	5
7.4.1.1.2.6.2.2	Referencial Metodológico	7
7.4.1.1.2.6.2.3	Apresentação e Avaliação dos Resultados	33
7.4.1.1.2.6.2.3.1	Contextualização Regional	33
7.4.1.1.2.6.2.3.2	Resultados Obtidos	34
7.4.1.1.2.6.2.4	Indicador da Qualidade da Água: IQA.....	147
7.4.1.1.2.6.2.5	Análise Multivariada.....	150
7.4.1.1.2.6.2.6	Bioindicadores da Qualidade da Água	155
7.4.1.1.2.6.2.7	Considerações Finais	156
7.4.1.1.2.6.3	Resultados das Modelagens Matemáticas de Qualidade das Águas Superficiais.....	159
7.4.1.1.2.6.3.1	Introdução.....	159
7.4.1.1.2.6.3.2	Características do AHE São Luiz do Tapajós	161
7.4.1.1.2.6.3.3	Características dos Modelos Matemáticos	162
7.4.1.1.2.6.3.3.1	Modelo Hidráulico	162
7.4.1.1.2.6.3.3.2	Modelo Bioquímico.....	162
7.4.1.1.2.6.3.3.3	Modelo de Estratificação Térmica.....	163
7.4.1.1.2.6.3.4	Dados Básicos Utilizados na Modelagem	165
7.4.1.1.2.6.3.4.1	Segmentação do Reservatório.....	165
7.4.1.1.2.6.3.4.2	Modelo Hidráulico	167
7.4.1.1.2.6.3.4.3	Modelo Bioquímico.....	169
7.4.1.1.2.6.3.4.4	Análise Hidrodinâmica dos Tributários	173
7.4.1.1.2.6.3.5	Resultados das Modelagens Matemáticas.....	174

7.4.1.1.2.6.3.5.1	Modelagem Matemática da Qualidade da Água.....	175
7.4.1.1.2.6.3.5.2	Modelo de Estratificação Térmica do Reservatório ..	189
7.4.1.1.2.6.3.6	Conclusão.....	193
7.4.1.1.2.6.4	Análise considerando a Emissão de Gases de Efeito Estufa no Reservatório ..	194
7.4.1.1.2.6.4.1	Formas de Emissão de Gases de Efeito Estufa dos Reservatórios ..	195
7.4.1.1.2.6.4.2	Fatores que Influenciam a Emissão de CO ₂ e CH ₄	197
7.4.1.1.2.6.4.3	Estudos Realizados Sobre Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil ..	199
7.4.1.1.2.6.4.4	Cinéticas Envolvendo a Ciclagem e Transformações do Carbono	200
7.4.1.1.2.6.5	Análise da Qualidade da Água a Jusante do Reservatório ..	203
7.4.1.1.3	Água Subterrânea.....	205
7.4.1.1.3.1	Aspectos Gerais e Dados Utilizados ..	205
7.4.1.1.3.2	Referencial Metodológico ..	206
7.4.1.1.3.3	Disponibilidade Hídrica das Águas Subterrâneas.....	220
7.4.1.1.3.4	Usos das Águas Subterrâneas ..	222
7.4.1.1.3.5	Qualidade das Águas Subterrâneas ..	222
7.4.1.1.3.5.1	Apresentação e Avaliação dos Resultados ..	223
7.4.1.1.3.5.2	Considerações Finais.....	237
7.4.1.1.4	Hidrossedimentometria.....	240
7.4.1.1.4.1	Aspectos Gerais, Dados Utilizados e Metodologia ..	241
7.4.1.1.4.1.1	Dados Utilizados ..	241
7.4.1.1.4.1.2	Metodologia.....	244
7.4.1.1.4.1.2.1	Procedimentos de Campo ..	244
7.4.1.1.4.1.2.2	Metodologia Adotada nos Ensaios Laboratoriais ..	246
7.4.1.1.4.1.2.2.1	Concentração do Material Sólido em Suspensão.....	246
7.4.1.1.4.1.2.2.2	Análise Granulométrica.....	246
7.4.1.1.4.2	Apresentação e Avaliação dos Resultados Hidrossedimentométricos..	248
7.4.1.1.4.3	Modelagem Hidrossedimentométrica.....	255
7.4.1.1.4.3.1	Introdução ..	255
7.4.1.1.4.3.2	Dados Disponíveis ..	256

7.4.1.1.4.3.2.1	Seções Topobatimétricas	256
7.4.1.1.4.3.2.2	Caracterização dos Sedimentos de Fundo e em Suspensão	261
7.4.1.1.4.3.3	Condições de Fronteira.....	263
7.4.1.1.4.3.4	Resultados da Modelagem Matemática Hidrossedimentométrica.....	264
7.4.1.1.4.3.4.1	Simulações para as Condições Naturais sem Barragem.....	264
7.4.1.1.4.3.4.2	Estudo de Assoreamento do Reservatório.....	273
7.4.1.1.4.3.4.3	Estudo de Erosão a Jusante do Aproveitamento	276
7.4.1.1.4.3.4	Considerações Sobre o Trecho de Jusante do AHE São Luiz do Tapajós	279
7.4.1.1.4.3.5	Conclusões	288
7.4.1.1.4.4	Qualidade dos Sedimentos	296
7.4.1.1.4.4.1	Procedimentos de Coleta e Análise.....	297
7.4.1.1.4.4.2	Apresentação e Avaliação dos Resultados de Qualidade dos Sedimentos	305
7.4.1.1.4.4.2.1	Composição Granulométrica	305
7.4.1.1.4.4.2.2	Potencial Hidrogeniônico, Nitrogênio e Fósforo Total e Carbono Orgânico Total	307
7.4.1.1.4.4.2.3	Metais (Alumínio, ferro, cromo, manganês, zinco, mercúrio, níquel, cobre, chumbo e cádmio)	320
7.4.1.1.4.4.2.4	Pesticidas Organoclorados e Organofosforados nos Sedimentos.....	340
7.4.1.1.4.4.2.5	Análises Multivariadas	341
7.4.1.1.4.4.3	Considerações Finais.....	342

LISTA DE QUADROS

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/01 - Rede de Amostragem da Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.	8
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/02 – Pontos Adicionais de Qualidade da Água para Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.	10
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/03 - Parâmetros Selecionados para Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.	25
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/04 - Registros de Campo - Ciclo Hidrológico 2012.	27
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/05 – Métodos de Acondicionamento e Preservação de Amostras - Ciclo Hidrológico 2012.	29
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/06- Metodologia para Análise de Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.	30
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01- Síntese dos Resultados de Temperatura do Ar (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	38
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 - Síntese dos Resultados de Temperatura da Água (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	42
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/03 - Síntese dos Resultados de Transparência da água (m) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	45
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 - Síntese dos Resultados de Condutividade Elétrica (µS/cm) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	49
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 - Síntese dos Resultados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	53
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06 - Síntese dos Resultados de pH (upH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	57
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/07- Síntese dos Resultados de Potencial Redox (mV) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	60
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08 - Síntese dos Resultados de Turbidez (UNT) por Biótopo - AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.	64
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 - Síntese dos Resultados de Alcalinidade Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	68
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10 - Síntese dos Resultados de Cloreto Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	71
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 - Síntese dos Resultados de Cor Verdadeira (mg Pt/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	75
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 - Síntese dos Resultados de Dureza Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	79

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 - Síntese dos Resultados de Ferro Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	83
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14- Síntese dos Resultados de Fósforo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	87
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15 - Síntese dos Resultados de Fósforo Orgânico (mg/L) por Biótopo – Ciclo Hidrológico 2012.	90
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16- Síntese dos Resultados de Ortofosfato (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	93
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17- Síntese dos Resultados de Nitrogênio Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	97
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/18 - Síntese dos Resultados de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	100
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19 - Síntese dos Resultados dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	105
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 - Síntese dos Resultados de Sulfato Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	109
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 - Síntese dos Resultados de DBO (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	112
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/22 - Síntese dos Resultados dos Coliformes Totais (NMP100/mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	115
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23 - Síntese dos Resultados de Escherichia coli (NMP100/mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	119
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 - Síntese dos Resultados de Clorofila a (µg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	122
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 - Síntese dos Resultados de Cobre Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	131
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/27 - Síntese dos Resultados de Cromo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	135
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/28 - Síntese dos Resultados de Manganês Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	138
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 - Síntese dos Resultados de Zinco Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	145
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.4/01 – Resultados do Índice de Qualidade da Água - Ciclo Hidrológico 2012.	148
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.5/01 - Análises Multivariadas das Águas Superficiais.	154
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/01 - Áreas das Bacias Contribuintes dos Segmentos.	168
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/02 - Vazões Médias Mensais Afluentes (m ³ /s).	168

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/01 - Fitomassa em toneladas por hectare e percentuais - Floresta Ombrófila Submontana.	170
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/02 - Fitomassa em toneladas por hectare e percentuais - Floresta Ombrófila Aluvial.	170
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/03 - Tipos de Ocupação da Área Abrangida pelo Reservatório.	171
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/04 - Densidade de Carbono Biodegradável.....	171
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/05 - Constantes das Equações Cinéticas.....	172
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/06 - Taxas de Biodegradação da Fitomassa Inundada.	173
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.4/01 - Análise dos Braços Tributários.	174
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01 – Segmentos Considerados nas Ações de Desmatamento.	180
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02 - Classificação do Estado Trófico – Rios.	187
Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03 - Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.	187
Quadro 7.4.1.1.2.6.4.4/01 - Parâmetros cinéticos obtidos em experimentos de degradação..	203
Quadro 7.4.1.1.3.2/01 - Localização dos Pontos de Amostragem de Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.	208
Quadro 7.4.1.1.3.2/02 – Períodos das Campanhas de Amostragens da Qualidade da Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.	214
Quadro 7.4.1.1.3.2/03 - Esquema de Amostragem de Qualidade da Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.	214
Quadro 7.4.1.1.3.2/04 – Parâmetros Selecionados para Análise das Águas Subterrâneas– Ciclo Hidrológico 2012.	215
Quadro 7.4.1.1.3.2/05 – Acondicionamento e Preservação de Amostras de Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.	217
Quadro 7.4.1.1.3.2/06 - Metodologia para Análise das Águas Subterrâneas– Ciclo Hidrológico 2012.....	218
Quadro 7.4.1.1.3.5.1/01 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas – Ciclo Hidrológico 2012.....	224
Quadro 7.4.1.1.3.5.1/02 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas – Ciclo Hidrológico 2012 (Continuação).....	226
Quadro 7.4.1.1.3.5.1/03 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas - Ciclo Hidrológico 2012 (Continuação).....	228
Quadro 7.4.1.1.3.5.1/04 - Análise Multivariada das Águas Subterrâneas.....	237
Quadro 7.4.1.1.4.1.1/01 - Estações Fluviométricas da Agência Nacional de Águas - ANA.....	242
Quadro 7.4.1.1.4.1.1/02 – Rede de Amostragem Hidrossedimentométrica.	243
Quadro 7.4.1.1.4.1.2.1/01 – Quantidades de Material Coletado em Campo.....	245

Quadro 7.4.1.1.4.1.2.2/01 - Classificação Granulométrica da <i>American Geophysical Union</i>	247
Quadro 7.4.1.1.4.2/01 – Seções Batimétricas Levantadas na Área do Reservatório.	250
Quadro 7.4.1.1.4.2/02 - Valores Estimativos da Descarga Sólida Total.....	254
Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/01 - Concentrações médias medidas em 5 seções do rio Tapajós.....	262
Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/02 - Concentrações medidas em séries históricas no rio Tapajós.	262
Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/03 - Curvas granulométricas médias nos trechos nos estudos de assoreamento e de erosão referentes ao material do leito.....	263
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/01 – Método de Engelund-Hansen para todo o trecho - condições naturais - rio Tapajós.....	265
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/02 – Método de Engelund-Hansen para todo o trecho - condições naturais - rio Jamanxim.	266
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/03 – Curva-Chave Sedimentométrica ajustada para as simulações...	269
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.2/01 – Método de Engelund e Hansen.	274
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.3/01 – Jusante do aproveitamento - sem barramento - Método de Engelund.	278
Quadro 7.4.1.1.4.3.4.3/02 – Jusante do aproveitamento - com barramento - Método de Engelund.	278
Quadro 7.4.1.1.4.3.5/01 – Concentrações de Descargas Sólidas na Calha do Tapajós – EIA- RIMA (2012).	289
Quadro 7.4.1.1.4.3.5/02 - Concentrações de Sedimentos no Tapajós – EIA-RIMA (2012).	289
Quadro 7.4.1.1.4.4.1/01 - Rede de Amostragem da Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012.....	299
Quadro 7.4.1.1.4.4.1/02 - Pontos Extras para Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012.....	301
Quadro 7.4.1.1.4.4.1/03 – Períodos das Campanhas de Amostras da Qualidade dos Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012.....	301
Quadro 7.4.1.1.4.4.1/04 - Parâmetros para Análise dos Sedimentos.....	302
Quadro 7.4.1.1.4.4.1/05 - Metodologia para Análise de Sedimentos.....	303
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/01- Síntese dos Resultados de pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	309
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/02- Síntese dos Resultados de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	312
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/03- Síntese dos Resultados de Fósforo Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	315

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/04- Síntese dos Resultados de Carbono Orgânico Total (%) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	319
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/01- Síntese dos Resultados da Concentração de Alumínio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	323
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/02- Síntese dos Resultados da Concentração de Ferro (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	326
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/03- Síntese dos Resultados da Concentração de Cromo (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	329
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/05- Síntese dos Resultados da Concentração de Zinco (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	335
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/06- Síntese dos Resultados da Concentração de Mercúrio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	338
Quadro 7.4.1.1.4.4.2.5/01 - Análises Multivariadas dos Sedimentos.	341

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 - Temperatura do Ar (°C) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	36
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 - Temperatura do Ar (°C) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	37
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/03 - Temperatura do Ar (°C) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	37
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 - Temperatura do Ar (°C) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012. ...	37
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 - Temperatura Média do Ar (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	39
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06 - Temperatura da Água (°C) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	40
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/07 - Temperatura da Água (°C) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	41
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08 - Temperatura da Água (°C) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	41
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 - Temperatura da Água (°C) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	41
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10 - Temperatura Média da Água (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	42

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 - Transparência da água (m) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	44
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 - Transparência da água (m) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	44
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 – Transparência da água (m) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	44
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14 - Transparência da água (m) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	45
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15 – Valores Médios de Transparência da água (m) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	46
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16 - Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	47
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 - Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	48
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/18 - Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	48
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19 - Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	48
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 – Valores Médios de Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	49
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	51
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/22 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	52
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	52
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	52
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 - Valores Médios de Oxigênio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	54
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 - pH (UpH) na Calha do Rio Tapajós -Ciclo Hidrológico 2012.....	55
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/27 - pH (UpH) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012. .	56
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/28 - pH (UpH) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	56
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 - pH (UpH) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	56
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 – Valores Médios de pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	58

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/31 – Potencial Redox (mV) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	59
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/32 – Potencial Redox (mV) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	59
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33 – Potencial Redox (mV) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	59
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34 – Potencial Redox (mV) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	60
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/35 - Valores Médios de Potencial Redox (mV) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	61
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/36 – Turbidez (UNT) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	63
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/37 – Turbidez (UNT) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	63
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/38 – Turbidez (UNT) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	63
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/39 - Turbidez (UNT) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012).	64
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/40 - Valores Médios de Turbidez (UNT) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	65
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/41 - Alcalinidade Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	66
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/42 - Alcalinidade Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	67
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/43 - Alcalinidade Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	67
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/44 - Alcalinidade Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012. .	67
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/45 - Valores Médios de Alcalinidade Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	69
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/46 – Cloreto Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	70
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/47 - Cloreto Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	70
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/48 - Cloreto Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	70
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/49 - Cloreto Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	71
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/50 - Valores Médios de Cloreto Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	72
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/51 - Cor Verdadeira (mgPt/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	73

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/52 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	74
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/53 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	74
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/54 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012..	74
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/55 – Valores Médios de Cor Verdadeira (mg Pt/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	76
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/56 - Dureza Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	77
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/57 - Dureza Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	77
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/58 - Dureza Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	78
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/59 - Dureza Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	78
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/60 - Valores Médios de Dureza Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	80
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/61 - Ferro Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	81
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/62 - Ferro Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	82
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/63 - Ferro Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	82
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/64 - Ferro Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	82
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/65 - Valores Médios de Ferro Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	84
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/66 – Fósforo Total (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	86
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/67 - Fósforo Total (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	86
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/68 – Fósforo Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012. ..	86
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/69 - Fósforo Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	87
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/70 – Valores Médios de Fósforo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	88
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/71 - Fósforo Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	88
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/72 - Fósforo Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	89

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/73 - Fósforo Orgânico (mg/L) nos Tributários Ciclo Hidrológico 2012.	89
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/74 - Fósforo Orgânico (mg/L) nas Lagoas Ciclo Hidrológico 2012.	89
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/75 - Valores Médios de Fósforo Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	91
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/76 - Ortofosfato (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	92
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/77 - Ortofosfato (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	92
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/78 - Ortofosfato (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	92
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/79 - Ortofosfato (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	93
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/80 - Valores Médios de Ortofosfato (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	94
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/81 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	96
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/82 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	96
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/83 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	96
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/84 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	97
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/85 - Valores Médios de Nitrogênio Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	98
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/86 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	99
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/87 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	99
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/88 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	100
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/89 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	100
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/90 - Valores Médios de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	101
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/91 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	103
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/92 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	104

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/93 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	104
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/94 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	104
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/95 - Valores Médios de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	106
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/96 - Sulfato Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	107
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/97 - Sulfato Total (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	107
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/98 - Sulfato Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012. ..	108
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/99 - Sulfato Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	108
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/100 - Valores Médios de Sulfato Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	108
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/101 - DBO (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	111
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/102 - DBO (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	111
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/103 - DBO (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	111
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/104 - DBO (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	112
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/105 - Valores Médios de DBO (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	113
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/106 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	114
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/107 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) na Calha do Rio Jamanxim Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	114
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/108 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	115
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/109 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	115
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/110 - Valores Médios de Coliformes Totais (NMP/100 mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	116
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/111 - <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	117
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/112 - <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	118

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/113 - <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	118
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/114 - <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012....	118
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/115 - Valores Médios de <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	120
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/116 - Clorofila <i>a</i> (µg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	121
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/117 - Clorofila <i>a</i> (µg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	121
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/118 - Clorofila <i>a</i> (µg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	121
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/119 - Clorofila <i>a</i> (µg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	122
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/120 - Valores Médios de Clorofila <i>a</i> (µg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	123
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/121 - Alumínio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	124
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/122 - Alumínio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	124
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/123 - Alumínio Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	125
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/124 - Alumínio Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	125
Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 - Síntese dos Resultados de Alumínio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	126
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/125 - Valores Médios de Alumínio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	127
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/127 - Cobre Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	130
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/128 - Cobre Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	131
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/129 - Valores Médios de Cobre Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	132
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/130 - Cromo Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	133
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/131 - Cromo Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	134
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/132 - Valores Médios de Cromo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	134

Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/133 - Manganês Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	136
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/134 - Manganês Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	137
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/135 - Manganês Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	137
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/136 - Manganês Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	137
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/137 - Valores Médios de Manganês Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	139
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/138 - Zinco Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	144
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/139 - Zinco Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	144
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/140 - Zinco Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	144
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/141 - Zinco Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	145
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/142 - Valores Médios de Zinco Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	146
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/01 - Índice de Qualidade da Água (IQA) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	149
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/02 - Índice de Qualidade da Água (IQA) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	149
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/03 - Índice de Qualidade da Água (IQA) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	149
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/04 - Índice de Qualidade da Água (IQA) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	150
Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/05 - Valores Médios de Índice de Qualidade da Água (IQA) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	150
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/01 - Temperatura da Água (°C) - Ciclo Hidrológico 2012.	231
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/02 - Condutividade (µS/cm) - Ciclo Hidrológico 2012.	232
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/03 - Índice do pH (UpH) - Ciclo Hidrológico 2012.	233
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/04 - Concentração de Ferro (mg/L) - Ciclo Hidrológico 2012.	234
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/05 - Concentração de Fluoreto (mg/L) - AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.	235
Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/06 - Concentração de Coliformes Totais - AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.	236

Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/01 - Composição Granulométrica dos Sedimentos na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	306
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/02 - Composição Granulométrica dos Sedimentos na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	306
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/03 - Composição Granulométrica dos Sedimentos nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	307
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/04 - Composição Granulométrica dos Sedimentos nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	307
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/01 - pH (UpH) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	308
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/02 - pH (UpH) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	308
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/03 - pH (UpH) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	308
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/04 - pH (UpH) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	309
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/05 - pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	310
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/06 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	311
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/07 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	311
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/08 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	311
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/09 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	312
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/10 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	313
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/11 - Fósforo Total (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.....	314
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/12 - Fósforo Total (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.....	314
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/13 - Fósforo Total (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012... 314	314
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/14 - Fósforo Total (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	315
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/15 - Fósforo Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	316
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/16 - Carbono Orgânico Total (%) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	317
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/17 - Carbono Orgânico Total (%) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	317
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/18 - Carbono Orgânico Total (%) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	318

Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/19 – Carbono Orgânico Total (%) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	318
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/20 – Carbono Orgânico Total (%) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	320
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/01 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	321
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/02 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	321
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/03 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	322
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/04 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	322
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/05 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	324
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/06 – Concentrações de Ferro (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	324
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/07 – Concentrações de Ferro (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	325
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/08 – Concentrações de Ferro (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	325
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/09 – Concentrações de Ferro (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	325
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/10 – Concentrações de Ferro (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	327
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/11 – Concentrações de Cromo (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	327
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/12 – Concentrações de Cromo (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	328
Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/13 – Concentrações de Cromo (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	328
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/14 – Concentrações de Cromo (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	328
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/15 – Concentrações de Cromo (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	330
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/16 – Concentrações de Manganês (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	330

Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/17 – Concentrações de Manganês (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	331
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/18 – Concentrações de Manganês (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	331
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/19 – Concentrações de Manganês (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.	331
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/20 – Concentrações de Manganês (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.	333
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/21 – Concentrações de Zinco (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	333
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/22 – Concentrações de Zinco (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	334
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/23 – Concentrações de Zinco (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.....	334
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/24 – Concentrações de Zinco (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	334
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/25 – Concentrações de Zinco (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	336
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/26 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.	336
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/27 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.	337
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/28 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.	337
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/29 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.....	337
Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/30 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.....	339

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.4.1.1.2.6.1.1/01 - Histograma Mensal de Precipitação - Estação Meteorológica de Itaituba – Ano de 2012.	2
Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.1.1/01 - Gráfico de Vazão Média Diária – Estação Fluviométrica de Buburé – ano de 2012.....	3
Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/01– Curva-chave no Rio Tapajós no Canal de Fuga da Usina	4

Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/02 – Curva-chave no Rio Tapajós em Itaituba	4
Figura 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 – Imagem de Satélite LANDSAT (2011) Mostrando Pluma de Material em Suspensão (azul clara) no Rio Crepori e na Margem Direita do Rio Tapajós.	102
Figura 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 – Imagem de Satélite LANDSAT (2011) Mostrando Pluma de Material em Suspensão (azul clara) no Rio Jamanxim e na Margem Direita do Rio Tapajós. As Manchas Isoladas no Rio Tapajós Representam Depósitos de Areia Submersos.	102
Figura 7.4.1.1.2.6.3.4.1/01 – Esquema de Compartimentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.....	166
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.	178
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02 – Oxigênio Dissolvido – Braços Tributários.....	178
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03 - DBO – Corpo Central do Reservatório.....	179
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/04 - DBO – Corpo Central do Reservatório.....	179
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/05 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.....	182
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/06 – Oxigênio Dissolvido – Braços Tributários.....	182
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/07 - DBO – Corpo Central do Reservatório.....	183
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/08 - DBO – Braços Tributários.....	183
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/09 – Amônia – Corpo Central do Reservatório.....	184
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/10 – Amônia – Braços Tributários.	184
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/11 – Nitrato – Corpo Central do Reservatório.	185
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/12 – Nitrato – Braços Tributários.	185
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/13 – Fósforo – Corpo Central do Reservatório.....	186
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/14 – Fósforo – Braços Tributários do Reservatório.....	187
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/01- Perfil de Temperatura – Corpo Central Junto ao Eixo.	190
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/02- Perfil de Temperatura – Igarapé Tucunaré.	191
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/03 - Perfil de Temperatura – rio Pimental.....	192
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/04 - Perfil de Temperatura – Igarapé Bathu.	193
Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/05 - Perfil de Temperatura – rio Jamanxim.	193
Figura 7.4.1.1.2.6.5/01 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.	204
Figura 7.4.1.1.2.6.5/02 – DBO – Corpo Central do Reservatório.	204
Figura 7.4.1.1.4.2/01 – Curva-chave de Sedimento Total – Alto Curso do Tapajós.	254
Figura 7.4.1.1.4.2/02 - Histograma Comparativo entre as Descargas Sólidas Totais.....	255
Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/01 – Esquema Topológico do Reservatório.....	257
Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/02 – Esquema Topológico do Trecho de Jusante.	258

Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/03 - Localização do trecho de interesse a Jusante do AHE São Luiz do Tapajós.....	258
Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/04 - Localização do trecho de interesse específico no canal esquerdo da ilha de Goyana.	259
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/01 - Perfil de fundo no Rio Tapajós em todo o trecho – Engelund.....	267
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/02 – Detalhe do perfil de fundo no Rio Tapajós a jusante do eixo – Engelund.	267
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/03 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim – Engelund.	268
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/04 – Perfil de fundo no Rio Tapajós em todo o trecho - com a curva-chave.	269
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/05 –Detalhe do perfil de fundo no Rio Tapajós a jusante do eixo - com a curva-chave.....	270
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/06 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim - com a curva-chave.....	270
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/07 – Comparação de resultados simulando com a curva-chave ajustada.	271
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/08 – Comparação dos resultados simulando com a curva-chave ajustada e o método de Engelund.	272
Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/09 – Detalhe da comparação no trecho de jusante.....	273
Figura 7.4.1.1.4.3.4.2/01 – Perfil de fundo no Rio Tapajós a montante da barragem – Engelund.	276
Figura 7.4.1.1.4.3.4.2/02 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim – Engelund.	276
Figura 7.4.1.1.4.3.4.3/01 - Perfil de fundo do rio Tapajós a jusante do Aproveitamento para o método de Engelund, comparando a situação natural e com o barramento após o período de 100 anos.....	277
Figura 7.4.1.1.4.3.5/01 - Dados de concentração em várias regiões do país.	291
Figura 7.4.1.1.4.3.5/02 - Casa de Força Principal.	292
Figura 7.4.1.1.4.3.5/03 - Casa de Força Secundária.....	293
Figura 7.4.1.1.4.3.5/04 – Estrutura Vertente.....	293
Figura 7.4.1.1.4.3.5/05 – Distribuição de Velocidades no Reservatório Próximo ao Barramento.	294

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2./01- Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos.....	11
Ilustração 7.4.1.1.4.3.2.1/01 – Localização das Seções Utilizadas na Modelagem Hidrossedimentométrica.....	260

LISTA DE FOTOS

Foto 7.4.1.1.3.2/01 - Ponto 01 – Poço Profundo em Três Bueiras/ Trairão – Escola Calim Miguel dos Anjos – Data: 01/07/2012.....	209
Foto 7.4.1.1.3.2/02 - Ponto 02 – Poço Profundo em Jamanxinzinho/Trairão – Madeireira Tapajós – Data: 01/07/2012.....	210
Foto 7.4.1.1.3.2/03 - Ponto 03 – Poço Profundo em Trairão– Escola Municipal Laudelino Baú – Data: 17/04/2012.....	210
Foto 7.4.1.1.3.2/04 - Ponto 04 – Poço Profundo em Itaituba - Frigorífico Frivata – Data: 17/04/2012.....	211
Foto 7.4.1.1.3.3/05 - Ponto 05 – Poço Tipo Cacimba – Pimental/Trairão – Pequeno Comércio e Residências – Data: 10/07/2012.....	211
Foto 7.4.1.1.3.2/06 - Ponto 06 – Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice – Data: 10/07/2012.....	212
Foto 7.4.1.1.3.2/07 - Ponto 07 – Poço Tipo Cacimba – Buburé/Itaituba – Hotel e Restaurante – Data: 16/07/2012.....	212
Foto 7.4.1.1.3.2/08 - Ponto 08 – Poço Profundo em Itaituba– Hotel Apiacás - Data: 17/04/2012.....	213
Foto 7.4.1.1.3.2/09 - Ponto 09 – Poço Profundo em Itaituba – Conjunto de 12 casas – Data: 17/04/2012.....	213
Foto 7.4.1.1.4.3.4/01 – Rio Tapajós nas proximidades da Ilha Goyana – Extensas planícies aluviais com lagoas marginais, ilhas e depósitos de areia em dunas.....	281
Foto 7.4.1.1.4.3.4/02 – Rio Tapajós nas proximidades de Itaituba – Complexo de ilhas com depósitos arenosos e presença de drenagem afogada.....	281
Foto 7.4.1.1.4.3.4/03 – Rio Tapajós nas proximidades de Brasília Legal – Extenso complexo de ilhas com lagoas marginais e presença de drenagens afogadas.....	282
Foto 7.4.1.1.4.3.4/04 – Rio Tapajós nas proximidades de Urucurituba – Cordões arenosos colonizados por vegetação aluvial nas proximidades da foz do rio Cupari, meandrante.....	282
Foto 7.4.1.1.4.3.4/05 – Rio Tapajós em Aveiro mostrando a zona de transição do trecho de montante para a ria jusante.....	283

Foto 7.4.1.1.4.3.4/06 – Rio Tapajós entre as localidades de Itapaúna a Uruará onde os depósitos arenosos estão praticamente ausentes.....	284
Foto 7.4.1.1.4.3.4/07 – Rio Tapajós na região de Amorim – Formação de barras arenosas com crescimento para montante formadas por ondas devido à ação dos alísios de NE.....	284
Foto 7.4.1.1.4.3.4/08 – Rio Tapajós em Alter do Chão – Formação de depósitos arenosos (praias), e drenagem afogada (Lago Verde).....	285
Foto 7.4.1.1.4.3.4/09 – Aspecto geral da confluência do rio Tapajós (água clara) com o rio Amazonas (água barrenta). Notar o barramento do rio Tapajós por uma sequência de deltas voltados para a calha do rio Tapajós.	286
Foto 7.4.1.1.4.3.4/10 – Aspecto geral do escoamento das águas do rio Tapajós adjacente à cidade de Santarém. Verificar o cordão de depósitos arenosos (praias) bordejando a MD do Tapajós e a formação de delta na MD do Amazonas.	287
Foto 7.4.1.1.4.3.4/11 – Aspecto da MD do rio Amazonas com formação de deltas voltados para o rio Tapajós. Notar que junto ao canal alimentador do delta ativo ocorre um complexo de vários deltas menores que avançam pela calha do Tapajós.	288

LISTA DE MAPAS

- Mapa 7.4.1.1.2.6/01 - Tipos de Amostragem por Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos
- Mapa 7.4.1.1.2.6/02 – Segmentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós – Subbacias e Reatores
- Mapa 7.4.1.1.2.6/03 - Segmentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós – Tipologia Vegetal e Uso do Solo
- Mapa 7.4.1.1.4/01 – Seções e Estações Hidrossedimentométricas

LISTA DE ANEXOS

- Anexo Geral 7.3.1.2/03 - Relatórios das Quatro Campanhas Hidrossedimentométricas
- Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01 - Qualidade das águas superficiais – Ilustrações Fotográficas: Campanhas de Campo (34 pontos IBAMA e 07 Pontos Extras) e Barco Laboratório.
- Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 - Qualidade das águas superficiais – (a) Dados de Medições de Campo, (b) Dados das Análises Laboratoriais e (c) Laudo das Análises Laboratoriais.
- Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/03 – Campanhas Extras de Mercúrio
- Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/04 – Modelagem Matemática de Qualidade das Águas do Reservatório

Anexo Geral 7.4.1.1.3 – Qualidade das Águas Subterrâneas – Laudos das Análises Laboratoriais.

Anexo Geral 7.4.1.1.4/01 – Qualidade dos Sedimentos – Ilustrações Fotográficas: Campanhas de Campo.

Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 – Qualidade dos Sedimentos – (a) Dados das Análises Laboratoriais e (b) Laudos das Análises Laboratoriais.

Anexo Geral 7.4.1.1.4/03 – Dados dos Levantamentos Hidrossedimentométricos

Anexo Geral 7.4.1.1.4/04 - Modelagem Hidrossedimentométrica

Anexo Digital 7.4.1.1.2.6/01 - Dados de Saída Referentes a Modelagem de Qualidade da Água

Anexo Digital 7.4.1.1.2.6/02 - Dados de Saída da Modelagem de Estratificação Térmica do Reservatório.

Anexo Digital 7.4.1.1.4/01 - Dados de Entrada e Saída Referentes a Modelagem Hidrossedimentométrica

7.4.1.1.2.6 Qualidade das Águas Superficiais

Neste item é apresentado o diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais integrante do Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Aproveitamento Hidrelétrico de São Luiz do Tapajós - AHE São Luiz do Tapajós.

Os trabalhos foram norteados pelo Termo de Referência - TR do IBAMA Tapajós (Processo nº 02001.0003643/2009-77), emitido em 17 de fevereiro de 2012, e respectivo Plano de Trabalho.

7.4.1.1.2.6.1 Aspectos Hidrodinâmicos e Meteorológicos

A seguir são apresentados os principais aspectos hidrodinâmicos e regime de precipitação e de vazões observados durante o ano de 2012, período em que foram desenvolvidas as campanhas de monitoramento da qualidade da água e limnologia.

7.4.1.1.2.6.1.1 Regime de Precipitação

Para a caracterização do regime de precipitação, utilizaram-se os dados observados na estação de Itaituba operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O regime de precipitação do ano de 2012 apresentou um padrão sazonal acentuado, com trimestre mais chuvoso incidindo entre os meses de janeiro a março. A precipitação máxima nesse período ocorreu durante o mês de janeiro, totalizando 348,4 mm. O trimestre mais seco compreendeu os meses de julho a setembro, com mínima verificada no mês de setembro, cuja precipitação total alcançou 71,0 mm.

O total precipitado no ano de 2012 foi de 2.272,7 mm, conforme histograma mensal de chuva apresentado na **Figura 7.4.1.1.2.6.1.1/01**.

O comportamento peculiar observado no ano de 2012 não retrata propriamente uma condição de precipitação média normalmente verificada na região. Registros históricos de longo termo apontam que o período úmido está compreendido entre os meses de fevereiro e abril com máximas incidindo em março.

7.4.1.1.2.6.1.2 Curso do Rio Tapajós

O eixo do AHE São Luiz do Tapajós está projetado a aproximadamente 53 km a montante da cidade de Itaituba, entre as comunidades de Pimental e de São Luiz do Tapajós. Essa região é conformada por uma série de pequenas quedas d'água, que se distribuem em trecho de 5 km do rio, onde se destacam as corredeiras de São Luiz do Tapajós. Ao pé dessa corredeira, está projetada a casa de força principal do

empreendimento, enquanto que a montante desse trecho está prevista a casa de força completar.

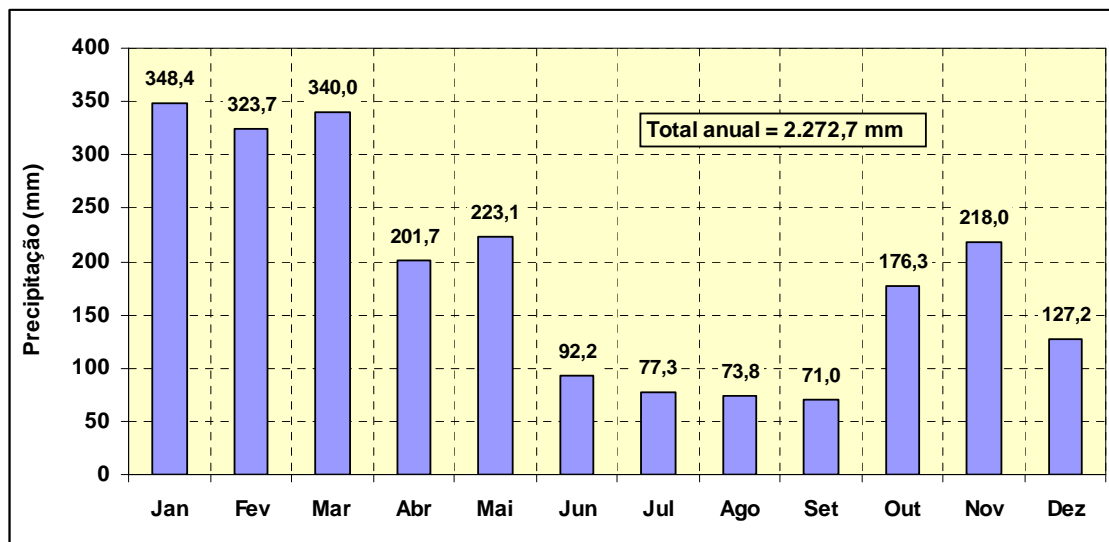


Figura 7.4.1.1.2.6.1.1/01 - Histograma Mensal de Precipitação - Estação Meteorológica de Itaituba – Ano de 2012.

O reservatório do AHE São Luiz do Tapajós irá operar a fio d'água, com nível d'água máximo normal fixado na cota 50 metros. O lago formado, com área de 729,25 km², deverá se desenvolver ao longo de um estirão com extensão de aproximadamente 136 km ao longo do curso do rio Tapajós. No braço do rio Jamanxim, principal tributário afluente pela margem direita, o remanso deverá se estender por 56 km.

O rio Tapajós exibe um comportamento hidrodinâmico distinto ao considerar os seus trechos do alto e do baixo curso, os quais são delimitados pela corredeira de São Luiz do Tapajós, que determina uma transição de nível d'água de aproximadamente 8 metros.

No alto curso do rio Tapajós, são observados trechos de corredeiras entremeados por segmentos de águas mais tranquilas em função da presença de substrato rochoso que define pontos de controle hidráulico ao longo de sua calha de escoamento.

O trecho do baixo curso do rio Tapajós apresenta um comportamento hidrodinâmico diverso do alto curso, com um regime de vazões diretamente influenciado pelas variações de níveis d'água do rio Amazonas, que propagam seus efeitos para montante até o pé da corredeira de São Luiz do Tapajós.

7.4.1.1.2.6.1.2.1 Alto Curso do Tapajós

Para a caracterização do regime de vazão do alto curso do Tapajós foram utilizados os dados da estação Fluviométrica de Buburé operada pela Agência Nacional de Águas – ANA.

O regime de vazão observado no ano de 2012 apresentou um trimestre úmido abrangendo os meses de fevereiro a abril e máxima vazão incidindo em 03 de março de 2012 com média diária de 28.976 m³/s. O trimestre mais seco compreendeu o período de agosto a outubro com mínima diária incidindo em 20 de setembro de 2012, onde foi registrada uma vazão de 3.640 m³/s, conforme gráfico de vazão média mensal apresentado na **Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.1./01**.

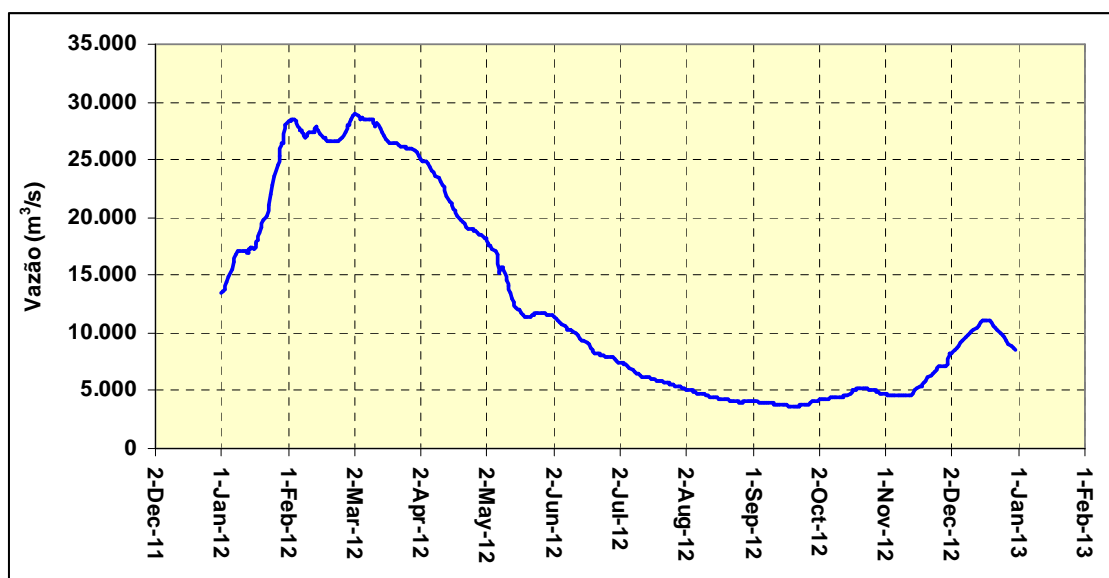


Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.1./01 - Gráfico de Vazão Média Diária – Estação Fluviométrica de Buburé – ano de 2012.

7.4.1.1.2.6.1.2.2 Baixo Curso do Tapajós

Na extensão do baixo curso do Tapajós, as variações de níveis d'água resultam de um efeito combinado de equilíbrio de forças entre o fluxo de vazões geradas na área da bacia e os efeitos do remanso propagados em função do regime de vazões do rio Amazonas.

O efeito do remanso do Amazonas pode ser evidenciado através dos gráficos apresentados nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.1.2.2/01** e **7.4.1.1.2.6.1.2.2/02**, onde as vazões são correlacionadas com as medições históricas de níveis d'água resultando em uma

nuvem de pontos mais dispersa na faixa de baixas vazões, onde essa influência é mais determinante.

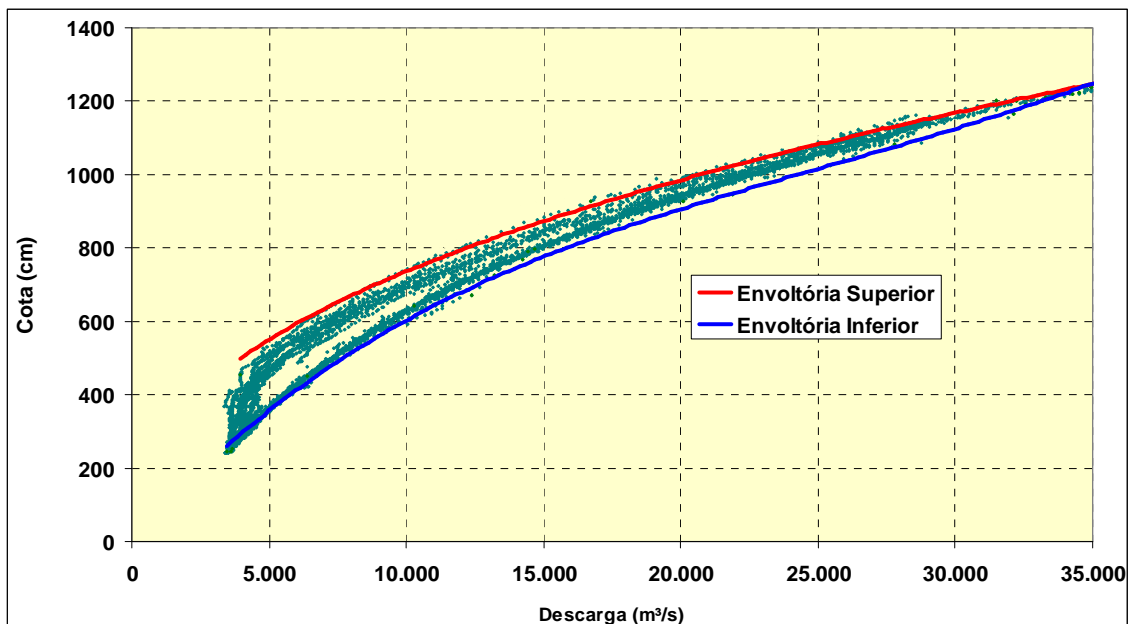


Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/01– Curva-chave no Rio Tapajós no Canal de Fuga da Usina

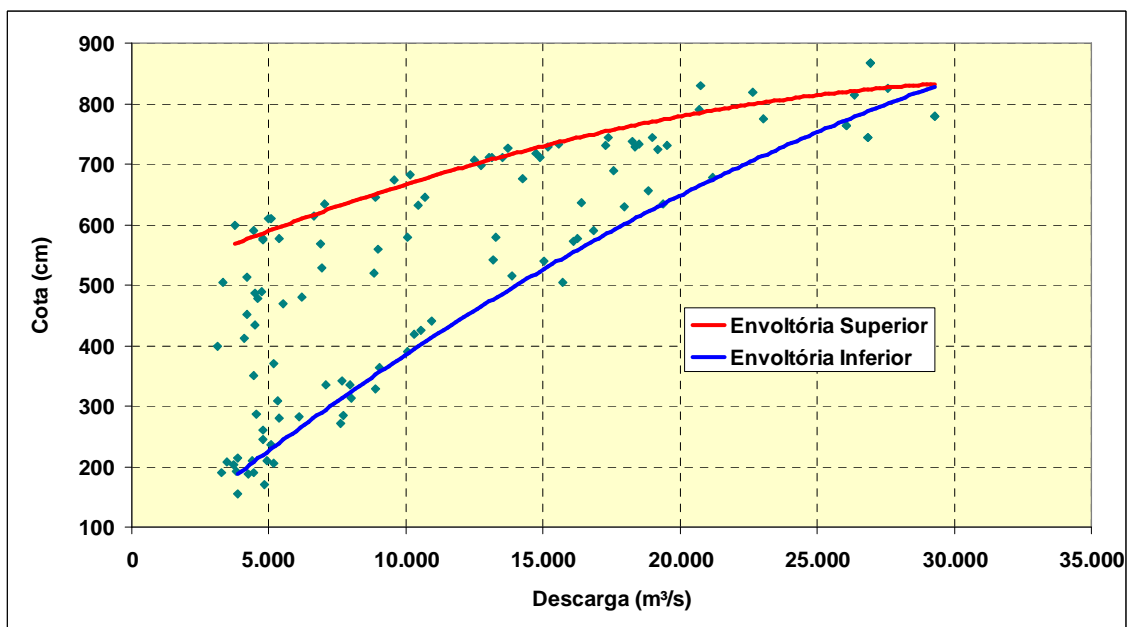


Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/02 – Curva-chave no Rio Tapajós em Itaituba

Na região onde está projetado o canal de fuga principal da usina, a influência do remanso do Amazonas é mais reduzida, em torno de 2 metros, como ilustra a Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/01. Cabe destacar que o canal de fuga da casa de força

complementar está projetado acima das corredeiras de São Luiz do Tapajós, em trecho não influenciado pelo remanso do rio Amazonas.

Já, o efeito do remanso do rio Amazonas, ao longo da calha do rio Tapajós, reduz gradativamente à medida que as vazões afluentes aumentam e tendem a ser minimizadas quando as vazões do rio Tapajós atingem patamares da ordem de 30.000 m³/s. Na faixa de baixas vazões, em torno de 4.000 m³/s, o efeito do remanso apresenta uma variação de 4,0 m em Itaituba como ilustra a Figura 7.4.1.1.2.6.1.2.2/02.

7.4.1.1.2.6.2 Dados das Campanhas de Amostragem

7.4.1.1.2.6.2.1 Aspectos Gerais e Dados Utilizados

A qualidade da água nos sistemas fluviais resulta de uma complexa interação entre elementos e fenômenos naturais e as intervenções de origem antrópica na paisagem. A drenagem das precipitações pluviométricas, por escoamento superficial e infiltração no solo, incorpora materiais alóctones que são carregados influenciando as características físicas e químicas da água. Além disso, as características de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica condicionam este processo com consequências importantes sobre o funcionamento dos sistemas aquáticos.

A interferência antrópica na qualidade das águas superficiais também varia, podendo ser concentrada, quando efluentes domésticos ou industriais são lançados nos corpos d'água, ou difusa, via sedimentos, nutrientes e defensivos agrícolas de áreas antropizadas para fins agrícolas.

A gestão da qualidade das águas superficiais depende do conhecimento das condições naturais de variação dos ambientes aquáticos e da magnitude das interferências antrópicas.

O regime pluviométrico intenso que caracteriza a bacia do rio Tapajós contribui para a sua elevada disponibilidade hídrica, com valores de vazões médias de longo termo próximos de 13.000 m³/s. Considerando a área da bacia contribuinte no local do aproveitamento de 452.783 km², verifica-se uma produtividade hídrica elevada com valores médios específicos da ordem de 28,7 L/s/km².

Nas áreas de influência direta (AID) e diretamente afetada (ADA) do AHE São Luiz do Tapajós, o baixo índice de uso e ocupação do solo, aliado à elevada disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, é um dos principais fatores que contribui para a boa qualidade das águas do rio Tapajós. No trecho do futuro reservatório, verifica-se a

presença de corredeiras, com águas veiculando em leito conformado em substrato rochoso, o que garante a oxigenação de suas águas.

Na região, destacam-se as atividades garimpeiras de extração de ouro, realizadas por meio de diversas dragas e balsas estacionadas nos cursos do rio Tapajós, Jamaxim e tributários afluentes. Nos tributários, são utilizadas também escavadeiras com esteiras (conhecidas localmente como PCs), “balsa de terra” (conhecida como tatuzão) para o desmonte hidráulico e posterior sucção do cascalho aurífero (chupadeira) nos garimpos de baixão (planície aluvionar), que fornecem grande quantidade de sedimentos para jusante. Dentre os contribuintes mais afetados por esta prática, encontram-se os rios Jamaxim, Crepori, Bom Jardim, São João, Butica, Farmácia, Ratão, tributários da margem direita do rio Tapajós.

Os lançamentos pontuais de esgotos domésticos pelos núcleos populacionais são pouco expressivos nas áreas de influência do empreendimento. A maior contribuição advém da região urbana de Itaituba, situada a jusante do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.

Nesse sentido, os levantamentos de qualidade da água tiveram como objetivo principal avaliar os aspectos físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos do sistema aquático em estudo, levando-se em conta a diversidade de biótopos existentes - calhas dos rios Tapajós e Jamaxim, tributários, praias, pedrais e lagoas.

No total, foram desenvolvidas quatro campanhas realizadas nos seguintes períodos:

- Cheia: 03/04 a 01/05/2012
- Vazante: 26/06 a 18/07/2012
- Seca: 10/09 a 09/10/2012
- Enchente: 21/11 a 13/12/2012

De modo geral, os resultados obtidos das campanhas de monitoramento da qualidade da água evidenciam que os ecossistemas aquáticos, na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, mantêm características físicas, químicas e bacteriológicas condizentes com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2) para a maioria dos parâmetros analisados, o que indica boa qualidade ambiental.

Dentre os aspectos mais relevantes verificados nas análises, destaca-se a elevada turbidez das águas encontradas em alguns igarapés devido à presença das atividades garimpeiras.

7.4.1.1.2.6.2 Referencial Metodológico

- Rede de Amostragem

A concepção da rede de amostragem da qualidade da água superficial teve como base a inserção do barramento e do reservatório do AHE Tapajós no sistema hidrográfico do rio Tapajós, considerando a configuração da rede hídrica, os principais tributários, as drenagens existentes nas proximidades do eixo com possibilidade de eutrofização, a presença de atividades garimpeiras, com controle de pontos em função da hierarquização hídrica e usos do solo.

A estratégia adotada para a distribuição dos pontos amostrais (universo amostral) levou em consideração três critérios principais: representação da heterogeneidade de ecossistemas, representação das áreas que serão diretamente afetadas (ADA) e das que sofrerão influência direta (AID) ou indireta (AII), além da representação da variabilidade temporal (fases do ciclo hidrológico).

A rede de amostragem do ecossistema aquático para o empreendimento é composta por 34 pontos previstos no Plano de Trabalho, situados nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, nos tributários, nas lagoas, nas praias e em pedrais. Esses pontos estão distribuídos em um trecho de cerca de 350 km do rio Tapajós, compreendido entre a localidade de Mamãe Anã, a montante (nas proximidades da foz do rio Crepori), e a localidade de Santa Cruz (aproximadamente 110 km a jusante da cidade de Itaituba).

O **Quadro 7.4.1.1.2.6.2/01** apresenta a distribuição da rede amostral nos diferentes ambientes da área de influência do AHE São Luiz do Tapajós. A denominação dos pontos de coleta é composta pela sigla dos ambientes amostrados – CT (calha do rio Tapajós), PD (pedrais), PR (praias), CJ (calha do rio Jamanxim), TR (tributários) e LA (lagoas), seguida de numeração crescente no contra-fluxo do curso d'água, de jusante para montante.

Nesta extensão foram considerados também os principais tributários do rio Tapajós, dentre os quais se destacam o rio Jamanxim como o mais expressivo em termos de dimensão de bacia contribuinte e, na sequência, o rio Crepori.

No presente estudo, foram selecionados seis pontos adicionais para análise de parâmetros físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos e um ponto extra para medições locais (através de sondas) de acordo com o **Quadro 7.4.1.1.2.6.2/02**.

As amostragens nesses pontos adicionais tiveram por objetivo obter uma melhor caracterização da qualidade da água e das fontes de poluição derivadas das

atividades garimpeiras, além de fornecer subsídios para aplicação de modelagem matemática prevista no âmbito do prognóstico ambiental do empreendimento.

Cabe destacar que os pontos CT1, CT2, CT3, PR1, PD1 e PR2 estão inseridos na calha do rio Tapajós, no seu baixo curso. Os demais pontos da calha desse rio (PD2, CT4, CT5, PD3, PR3, CT6, PD4, PR4, CT6A, CT7A e CT7) estão localizados no seu alto curso, acima das corredeiras de São Luiz do Tapajós, não sendo, portanto, influenciados pelo remanso do rio Amazonas.

Na **Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2./01** - Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos, apresentada em escala 1:1.000.000, estão esquematizados os pontos de amostragem situados fora do limite da AID do empreendimento.

No **Mapa 7.4.1.1.2.6/01 - Tipos de Amostragem por Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos (Volume 9 – Mapas)**, apresentado em escala 1:100.000 (Folhas 1/2 e 2/2), abarcam os pontos inseridos na AID e ADA do empreendimento.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/01 - Rede de Amostragem da Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em SIRGAS 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
Calha do Rio Tapajós	CT1	Rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro	683.071	9.597.268
	CT2	Rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras	630.410	9.537.115
	CT3	Rio Tapajós - jusante do futuro reservatório - montante de Itaituba	603.075	9.519.812
	CT4	Futuro Reservatório - rio Tapajós - eixo da barragem	579.945	9.493.500
	CT5	Futuro Reservatório - rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Jamanxim	570.878	9.484.766
	CT6	Futuro Reservatório - rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Jutai	520.751	9.442.359
	CT7	Rio Tapajós - montante da confluência com o rio Crepori	445.780	9.355.888
	PD1	Pedral - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	582.031	9.505.713
	PD2	Pedral - rio Tapajós - cachoeira São Luiz do Tapajós	580.349	9.499.181

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em SIRGAS 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
	PD3	Futuro Reservatório - pedral - rio Tapajós - entre os rios Jamanxim e Tucunaré	568.633	9.484.223
	PD4	Pedral - rio Tapajós - próximo da foz do rio Ratão	500.375	9.413.090
	PR1	Praia - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	584.190	9.514.038
	PR2	Praia - margem direita do rio Tapajós - próximo ao canal de restituição	583.677	9.501.166
	PR3	Futuro Reservatório - praia - rio Tapajós - montante do rio Jamanxim	549.159	9.480.779
	PR4	Praia - rio Tapajós - montante do rio Crepori	461.032	9.361.717
Calha do Rio Jamanxim	CJ8	Futuro Reservatório - rio Jamanxim - próximo à confluência com o rio Tapajós	561.986	9.472.803
	CJ9	Futuro Reservatório - rio Jamanxim a montante do igarapé Jamanxinzinho	560.701	9.445.144
	CJ10	Rio Jamanxim - montante do futuro reservatório	562.205	9.427.424
	PD5	Futuro Reservatório - pedral - rio Jamanxim - próximo à foz do igarapé Jamanxinzinho	560.420	9.459.211
	PD6	Pedral - rio Jamanxim - montante da cachoeira Santa Helena	563.088	9.420.871
	PR5	Futuro Reservatório - praia - rio Jamanxim - próximo à confluência com o rio Tapajós	562.191	9.470.906
Tributários	TR1	Rio Itapacurá - jusante do futuro reservatório	605.179	9.511.703
	TR2	Futuro Reservatório - igarapé Bathu - próximo ao eixo da barragem	583.291	9.495.961
	TR3	Futuro Reservatório - igarapé Lajinha - montante da confluência com o rio Jamanxim	554.940	9.476.525
	TR4	Futuro Reservatório - rio Mariazinha	541.272	9.484.752
	TR5	Futuro Reservatório - igarapé Jutai	515.171	9.440.157
	TR6	Rio Crepori - montante do futuro reservatório	468.287	9.362.312
	TR7	Futuro Reservatório - igarapé Jamanxinzinho	564.661	9.455.663

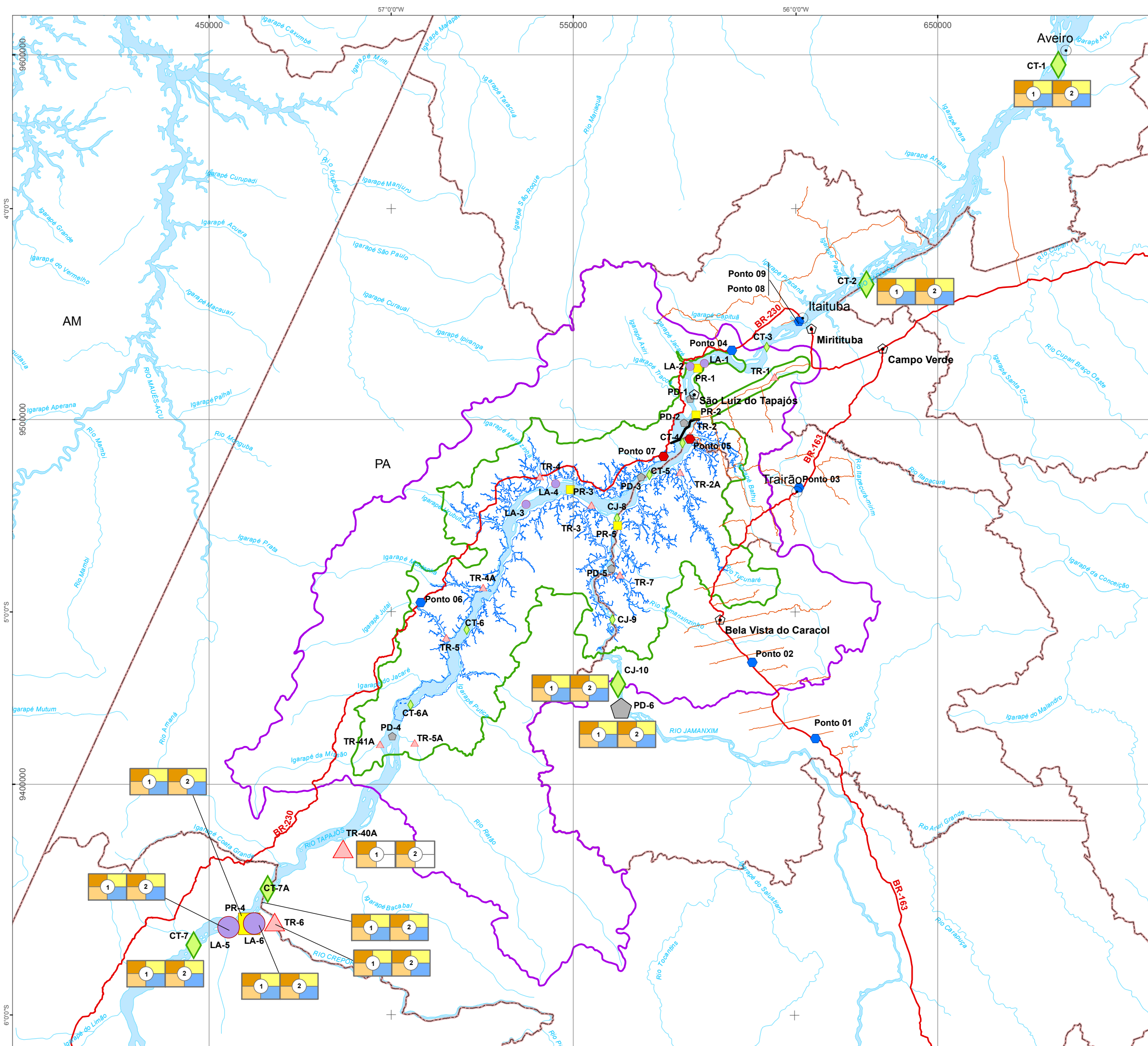
Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em SIRGAS 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
Lagoas	LA1	Lagoa em ilha no rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	585.985	9.515.355
	LA2	Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	582.080	9.514.552
	LA3	Futuro Reservatório - lagoa em ilha no rio Tapajós - montante da confluência com o rio Mariazinha	536.971	9.476.716
	LA4	Futuro Reservatório - lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Mariazinha	545.236	9.482.337
	LA5	Lagoa em ilha no rio Tapajós a montante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório	455.387	9.360.763
	LA6	Lagoa na margem direita do rio Tapajós a montante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório	462.390	9.361.839

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2/02 – Pontos Adicionais de Qualidade da Água para Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em Sirgas 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
Tributários	TR2A	Futuro reservatório - rio Tucunaré	579.326	9.485.605
	TR4A	Futuro reservatório - igarapé da Montanha	523.542	9.454.064
	TR5A	Rio Ratão - montante do futuro reservatório	505.590	9.411.831
	TR40A	Igarapé Bom Jardim ou Bacabal - montante do futuro reservatório	486.896	9.382.319
	TR41A	Igarapé da Missão - montante do futuro reservatório	486.896	9.382.319
Calha do Rio Tapajós	CT6A	Futuro reservatório - rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Ratão	502.250	9.419.142
	CT7A	Rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório	466.157	9.371.266.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.



Legenda

- Sedes Municipais
- Sede Distrital
- Eixo do Barramento
- Via principal
- Via secundária
- Área de Influência Indireta
- Área de Influência Direta
- Limite Municipal
- Reservatório
- Hidrografia
- Massa d'água

Representação das Tipologias de Ambientes

- CT - Calha do Rio Tapajós
- CJ - Calha do Rio Jamanxim
- LA - Lagoa
- PD - Pedral
- PR - Praia
- TR - Tributário

Pontos de Coleta em Poço Tubular Profundo e Caçimba

- Poço Tubular Profundo
- Caçimba

Chave Geral para Leitura da Legenda

Representação da Sazonalidade

- Campanha de Cheia
- Campanha de Vazante
- Campanha de Seca
- Campanha de Enchente

Representação dos Tipos de Amostragem por Ambientes

Água
01 - Qualidade da Água Superficial

Sedimentos
02 - Qualidade dos Sedimentos

Obs: Para os pontos de Qualidade da Água e dos Sedimentos da AID/ADA ver detalhe no mapa Pontos de Qualidade da Água e dos Sedimentos folhas 1/2 e 2/2

Localização Regional

1:1.000.000

Projeção UTM - Sirgas 2000
Fuso 21S

Fonte:
CNEC WorleyParsons, 2012.

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
AHE SÃO LUIZ DO TAPAJÓS**

Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos

ILUSTRAÇÃO 7.4.1.1.2.6.2/01
Data: Abril/2014

- Caracterização dos Pontos de Coleta

A seguir são descritas as principais características dos pontos da rede de amostragem estabelecida no presente estudo, tendo como base as informações obtidas durante o ciclo hidrológico de 2012. O registro fotográfico consta nas Fotos 7.4.1.1.2.6.2.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.2/347 do **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01 (Volume 7 – Anexos Gerais)**, que inclui 320 fotos dos 34 pontos do Plano de Trabalho aprovado pelo IBAMA e do barco laboratório de apoio de campo (**Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01a; Volume 7 – Anexos Gerais**) e 27 fotos de 7 pontos extras (**Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01b; Volume 7 – Anexos Gerais**).

Quanto às mensurações da largura e profundidades dos pontos de coleta é importante salientar as seguintes questões:

O comportamento do regime de vazões impõe variações nos níveis d'água no curso do rio Tapajós e tributários laterais e estas variações se refletem na inundação das margens e mata ciliar, nos períodos de cheia e enchente, conformando um ambiente característico de igapó. Em função da ocorrência de extravazamento da calha natural do rio, com a água adentrando no interior da floresta, não é possível determinar com precisão a largura do rio nesses períodos.

No período de seca, os níveis d'água normalmente retornam ao limite da calha natural de escoamento do rio, conformando um perímetro alinhado com a vegetação presente nas margens. Em função desses aspectos, as dimensões da largura da superfície líquida do ponto de coleta consideram como limites a calha normal de escoamento limitada pela fronteira natural da mata residente.

As profundidades dos pontos de coleta podem apresentar variações entre campanhas, não refletindo necessariamente a diferença esperada entre os respectivos períodos sazonais, pois as amostragens sofrem pequenos ajustes de localização decorrentes das irregularidades que ocorrem na morfologia do leito dos corpos d'água.

Vale ressaltar que, na quarta campanha de amostragem, realizada no período de enchente (21/11 a 13/12/2012), não foram efetuadas coletas nos pontos CJ8, PD5, PR5, TR3 e TR7 em função da restrição de acesso a estes locais, próximos a Terras Indígenas.

– **Calha do Rio Tapajós**

Ao longo da calha do rio Tapajós foram avaliados no total 17 pontos, numa extensão de aproximadamente 350 km, desde o ponto CT7, situado a montante do rio Crepori

nas proximidades de Mamãe Anã, até o trecho próximo à cidade de Aveiro, dos quais onze estão no Alto Tapajós e seis no Baixo Tapajós. Nesse ambiente, estão considerados os pontos de calha propriamente dita (CT1 a CT7, e dois pontos extras - CT6A e CT7A), além de quatro pontos em pedrais (PD1 a PD4) e quatro em praias (PR1 a PR4), conforme detalhados a seguir.

✓ Ponto CT1

O ponto CT1 foi estabelecido na calha do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório, cerca de 3 km a jusante da comunidade Santa Cruz e 4 km a montante de Aveiro. Pelo seu posicionamento, o ponto CT1 recebe o fluxo das águas gerado em toda a área de influência do AHE São Luiz do Tapajós. No entorno, a mata ciliar está alterada, com trechos de vegetação suprimida, principalmente a jusante, em Aveiro, onde residem cerca de 15.261 habitantes (IBGE, 2010).

Ao longo das quatro campanhas, registrou-se nesse ponto larguras entre 1,5 a 3,7 km, profundidades entre 15,2 a 22 m e velocidades de correnteza entre 0,25 m/s a 0,60 m/s. Observou-se nesse local extenso banco de macrófitas aquáticas emergentes (*Echinochloa polystachya*), principalmente na campanha de cheia.

✓ Ponto CT2

O ponto CT2 está localizado na calha do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório, cerca de 18 km a jusante de Itaituba e 2,5 km abaixo da comunidade Pederneiras (margem direita), no município de Rurópolis. O rio Tapajós, nesse ponto, recebe a contribuição do igarapé Pagão, na margem esquerda, que drena algumas comunidades, tais como Moradisco e São João, entre outras pertencentes ao município de Itaituba.

A mata ciliar nas imediações encontra-se parcialmente alterada, com trechos de vegetação suprimida na margem esquerda do rio. Os registros de campo indicam largura do rio Tapajós em torno de 2 km, profundidade entre 1 e 7 m, e velocidade de correnteza variável entre 0,28 m/s e 0,72 m/s. Durante o ciclo hidrológico de 2012, verificou-se também um banco de macrófitas aquáticas emergentes (*Paspalum repens*), com maior expressão na campanha de cheia.

✓ Ponto CT3

O ponto CT3 está situado na calha central do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório, cerca de 12 km a montante da cidade de Itaituba e 6 km a jusante da comunidade Itapacurá, no município de Rurópolis. O principal contribuinte neste trecho é o igarapé Capituã, que desemboca logo a jusante na margem esquerda. Esse

igarapé é cruzado pela rodovia BR 230 - Transamazônica e por rodovias secundárias que dão acesso às comunidades de Boa Vista, Ramal da Pista e Nova Vila.

No ponto avaliado, a mata ciliar encontra-se parcialmente alterada, sendo observados trechos de vegetação suprimida. Durante as coletas, registrou-se largura em torno de 1,0 km, profundidade na faixa de 14,3 a 23 m e velocidade da correnteza entre 0,24 m/s e 1 m/s.

✓ Ponto CT4

O ponto CT4 foi estabelecido na calha central do rio Tapajós, na área do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós, a aproximadamente 6 km a jusante de Buburé (margem esquerda) e Palhal (margem direita). Os principais contribuintes da margem direita são o rio Tucunaré e o igarapé Pimental, que está situado próximo à comunidade de mesmo nome.

A mata ciliar do entorno deste ponto encontra-se preservada, observando-se na campanha de enchente banco de macrófitas aquáticas flutuantes do gênero *Eichhornia* (aguapé). Os registros de campo evidenciam largura do rio entre 2,0 a 2,4 km, profundidade entre 2,1 e 3,7 m e velocidade de correnteza entre 1,1 m/s a 1,6 m/s.

✓ Ponto CT5

O ponto CT5 corresponde ao local de amostragem situado na área do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós, a jusante da confluência com o rio Jamanxim e adjacente à confluência com o igarapé Mambuaí. Esse curso d'água drena extensa área de vegetação na área do Parque Nacional da Amazônia antes de ser cruzado, próximo à sua desembocadura, pela BR 230 - rodovia Transamazônica, principal via de acesso regional. A mata ciliar neste local do rio encontra-se preservada

As comunidades mais próximas são Ilha do Remédio (margem direita) e Santo Antônio (margem esquerda), a montante do local de coleta. Durante as amostragens, registrou-se largura na faixa de 1,7 e 2,0 km, profundidade entre 10 e 18,4 m e velocidade máxima de escoamento das águas de 2,0 m/s.

✓ Ponto CT6

O ponto CT6 encontra-se localizado na calha do rio Tapajós, a jusante da confluência com o igarapé Jutaizinho e o rio Jutaí (TR05), principais afluentes da margem esquerda desse trecho, na área do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.

A margem direita, com mata ciliar preservada, é ocupada pela Floresta Nacional de Itaituba. Na margem oposta, ocorrem trechos de vegetação suprimida nas imediações das comunidades de Palmital, São Tomé e Mangueira. Verificou-se na época seca a presença de muitas dragas de garimpo em atividade na calha do rio Tapajós.

Durante as coletas, a largura desse trecho variou entre 2,0 km e 2,8 km, a profundidade entre 10 m e 18,4 m e a velocidade da correnteza entre 1,36 m/s e 2,0 m/s.

✓ Ponto CT6A

Trata-se de um ponto extra, posicionado na calha do rio Tapajós, a jusante da desembocadura do rio Ratão, entre os pontos PD4 (a montante) e CT6 (a jusante). A comunidade mais próxima a este ponto é Morceirão, que se encontra cerca de 5 km a montante do local de amostragem, inserida na Área de Proteção Ambiental de Tapajós. Esse ponto foi adicionado com o objetivo de verificar possível interferência do garimpo no rio Ratão com os trechos de jusante e montante do rio Tapajós e complementar a rede básica referente a modelagem matemática.

Registrou-se nesse ponto largura de aproximadamente 2,7 km, profundidade entre 2,8 m e 4,7 m e velocidade da correnteza máxima de 1,7 m/s.

✓ Ponto CT7

O Ponto CT7 situa-se na calha do rio Tapajós, a montante da confluência com o rio Crepori e do igarapé Cantagalo. Esse ponto está inserido a montante da comunidade Mamãe Anã, na margem esquerda, em região caracterizada por ilhotas e pedrais na calha do rio. Na margem direita, encontra-se a Floresta Nacional do Crepori.

Observou-se em campo mata ciliar parcialmente alterada, ocorrendo trechos com vegetação suprimida e bancos de macrófitas aquáticas flutuantes do gênero *Eichhornia* (aguapé).

Durante as coletas, identificou-se nesse ponto largura entre 1,5 km e 3,3 km, profundidade oscilando entre 2,2 m e 4,8 m e velocidade da correnteza em torno de 0,8 m/s.

✓ Ponto CT7A

Ponto extra, localizado na calha do rio Tapajós, a jusante da confluência com o rio Crepori e próximo à comunidade São Francisco (situada na margem direita), próximo ao limite da Floresta Nacional do Crepori.

Durante as coletas, observou-se no local largura de aproximadamente 1,7 km, com profundidade entre 4,8 m e 17 m, e velocidade de escoamento de até 1,2 m/s.

✓ Ponto PD1

O ponto PD1 está localizado na região do Pedral do Pereira, no rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós nas imediações da confluência do igarapé Tracoá. Logo a jusante, encontram-se as comunidades Vila São Luiz do Tapajós (margem direita) e Vila Rayol (margem esquerda) em área com maior nível de antropização.

A mata ciliar no local encontra-se preservada. Durante as coletas, registrou-se no PD1 largura estimada em 2,5 km, com profundidade variando entre 1,6 m e 3,2 m e velocidade da correnteza máxima de 2,2 m/s.

✓ Ponto PD2

O ponto PD2 corresponde ao local de amostragem situado em pedral no rio Tapajós, no trecho de corredeiras, conhecido como Cachoeira de São Luiz do Tapajós, nas imediações do eixo projetado do AHE São Luiz do Tapajós.

A montante do ponto (cerca de 3 km) encontra-se a comunidade Pimental, na margem direita, onde desembocam os igarapés Pimental e Bathu (TR2) próximo ao ponto CT4. A mata ciliar se mantém preservada, especialmente na margem esquerda onde se insere o Parque Nacional da Amazônia.

Durante as coletas, esse ponto apresentou largura em torno de 2 km, profundidade entre 1 m e 3,2 m e velocidade da correnteza entre 1 m/s a 2,4 m/s.

✓ Ponto PD3

O ponto PD3 está posicionado em trecho de pedral das corredeiras do Limão, no rio Tapajós, na área do futuro reservatório, a montante do ponto CT5, entre os rios Jamanxim e Tucunaré, a jusante das comunidades da Ilha do Remédio (margem direita) e Santo Antônio (margem esquerda).

Durante as coletas, registrou-se nesse pedral largura entre 1,5 km e 2 km, profundidade variável entre 0,9 m e 3,5 m e velocidade de escoamento das águas entre 0,1 m/s e 1,6 m/s.

Nesse trecho do rio Tapajós, a mata ciliar é preservada, sendo observado banco de macrófitas aquáticas emergentes (*Byttneria genistella* e Angiosperma), com maior expressão no período de enchente.

✓ Ponto PD4

O ponto PD4 encontra-se situado em zona de pedral das corredeiras do Mongubal, na calha do rio Tapajós, a montante da área do futuro reservatório, à altura da confluência do rio Ratão e da comunidade Boca do Rato, na margem direita, que é ocupada pela Área de Proteção Ambiental do Tapajós.

A mata ciliar se mantém preservada. Observou-se na enchente a ocorrência de macrófitas aquáticas flutuantes do gênero *Eicchornia* (aguapé). Durante as coletas, esse ponto apresentou largura entre 2,5 km e 5,0 km, profundidade entre 1,0 m e 3,5 m e velocidade de correnteza entre 0,6 m/s e 0,9 m/s.

✓ Ponto PR1

O ponto PR1 encontra-se situado em trecho de praia, na margem direita do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório. Nesse segmento do rio Tapajós, encontra-se a ilha da Goiânia, com mais de 1 km de extensão, onde está posicionado o ponto amostrado na lagoa LA01.

O principal afluente nesse trecho é o igarapé Jacaré, contribuinte da margem esquerda, que drena os povoados de Nova Califórnia, Três Irmãos, Nova Conquista, antes de ser atravessado pela BR-230 – rodovia Transamazônica, que passa também nas proximidades de Nova Canaã (km 37) e Santo Antônio (km 42).

Cabe destacar que essa praia é utilizada pela população local para atividades de lazer na época seca, sendo observado em alguns períodos lixo nas margens. Verificou-se em campo mata ciliar preservada.

Durante as coletas, identificou-se nesse ponto largura em torno de 2,7 km, profundidade entre 0,38 m e 4,9 m e velocidade de correnteza em até 0,3 m/s.

✓ Ponto PR2

O ponto PR2 corresponde ao ponto de amostragem localizado em trecho de praia, próximo ao canal de restituição projetado, na margem direita do rio Tapajós, a jusante do ponto PD2, nas imediações da desembocadura do igarapé das Furnas. Encontrase distante cerca de 1 km a jusante das comunidades Vila Piriquito e São Francisco, também situadas na margem direita do rio Tapajós. Na margem oposta, encontra-se o Parque Nacional da Amazônia.

A mata ciliar está preservada. Nesse ponto, registrou-se largura entre 200 m e 600 m, profundidade variável entre 1,1 m e 4,9 m e velocidade máxima de 0,4 m/s.

✓ Ponto PR3

O ponto PR3 de praia encontra-se situado na calha do rio Tapajós, na área do futuro reservatório, a montante do rio Jamanxim e da desembocadura do igarapé Lajinha (TR3). Essa faixa arenosa está posicionada à aproximadamente 2,5 km de distância a jusante da comunidade Bonfim, localizada na margem direita do rio Tapajós. A mata ciliar encontra-se preservada.

Durante as coletas, identificou-se nesse ponto largura do rio entre 2 km e 3,3 km, profundidade entre 2,6 m e 5,9 m e velocidade de correnteza até 0,4 m/s.

✓ Ponto PR4

O ponto PR4 de praia encontra-se localizado na margem direita do rio Tapajós, a montante da confluência com o rio Crepori, próximo à ilha do Papagaio, a montante do futuro reservatório. Os principais afluentes desse trecho são os igarapés Cordas Quatro e Camarú, contribuintes a montante da margem esquerda e direita, respectivamente. Na margem oposta, a montante, encontra-se a comunidade Mamãe Anã.

Observou-se no local mata ciliar parcialmente alterada, com trechos de vegetação suprimida. Durante as coletas, esse trecho apresentou largura de aproximadamente 300 m, profundidade entre 0,33 m a 2,3 m e velocidade de correnteza máxima de 0,2 m/s.

– **Calha do Rio Jamanxim**

No curso do rio Jamanxim foram analisados 6 pontos, numa extensão de aproximadamente 60 km, desde a cachoeira Santa Helena (ponto PD6), até as proximidades da sua confluência com o rio Tapajós (ponto CJ8). Nesse ambiente, são considerados os pontos de calha propriamente dito (CJ8 a CJ10), além de dois pontos em pedrais (PD5 e PD6) e um em praia (PR5), conforme descrito a seguir.

✓ Ponto CJ8

O ponto CJ8 de amostragem encontra-se situado no rio Jamanxim, na área do futuro reservatório, próximo à confluência com o rio Tapajós, a jusante da desembocadura do igarapé São Raimundo, afluente da margem direita. A comunidade mais próxima é a Aldeia Boa Fé, localizada na margem direita, a jusante da desembocadura do rio Jamanxim.

Durante as coletas, verificou-se nesse ponto largura aproximada de 1.500 m, profundidade na faixa entre 3 m e 6,7 m e velocidade da correnteza máxima de 0,7 m/s.

✓ Ponto CJ9

O ponto CJ9 foi estabelecido no rio Jamanxim, na área do futuro reservatório, a montante do igarapé Jamanxinzinho e a jusante da cachoeira do Caí. No local, a mata ciliar encontra-se preservada.

Durante as coletas, registrou-se nesse ponto largura em torno de 1.500 m, profundidade entre 1,6 m e 4,8 m e velocidade da correnteza variando na faixa entre 0,1 m/s e 1,3 m/s.

✓ Ponto CJ10

O ponto CJ10 encontra-se posicionado no rio Jamanxim, a montante da área do futuro reservatório e a jusante da cachoeira Santa Helena. No entorno do ponto CJ10, a mata ciliar encontra-se preservada.

Durante as coletas, esse trecho do rio Jamanxim apresentou largura entre 60 m e 350 m, profundidade variável entre 3,4 m e 6,8 m e velocidade de correnteza em até 0,7 m/s.

✓ Ponto PD5

O ponto PD5 encontra-se situado em trecho de pedral no rio Jamanxim, imediatamente a jusante da foz do rio Jamanxinzinho. Durante as coletas, registrou-se nesse pedral largura de aproximadamente 500 m, profundidade entre 0,6 m e 2,9 m, e velocidade de correnteza máxima de 1,2 m/s.

✓ Ponto PD6

O Ponto PD6 localiza-se em trecho de pedral no rio Jamanxim, a montante da cachoeira Santa Helena e da área do futuro reservatório. A mata ciliar encontra-se preservada.

As medições locais apontam, nesse trecho do rio Jamanxim, largura de aproximadamente de 400 m, profundidade entre 1,2 m e 7,3 m e velocidade da correnteza oscilando entre 0,89 m/s a 3,0 m/s.

✓ Ponto PR5

O ponto PR6 situa-se em praia localizada no rio Jamanxim, próximo à confluência com o rio Tapajós, a montante do ponto CJ8. No local, a mata ciliar preservada, sendo observadas algumas moradias no entorno.

Durante as coletas, constatou-se nesse ponto largura de aproximadamente 700 m, profundidade variável entre 0,5 m e 4,9 m e velocidade da correnteza em até 0,5 m/s.

– **Tributários**

A avaliação dos tributários no âmbito do AHE São Luiz do Tapajós incluiu 12 cursos d'água, dos quais 7 são considerados pontos extras (TR2A, TR4A, TR5A, TR40A e TR41A) em relação ao Plano de Trabalho, conforme detalhado a seguir. Nesse conjunto, foi analisado o rio Itapacurá (TR1), afluente da margem direita do baixo curso do rio Tapajós. No alto curso desse rio, foram analisados 4 tributários da margem esquerda (TR4, TR4A, TR5 e TR41A) e 6 da margem direita (TR2, TR2A, TR3, TR5A, TR40A e TR6). No principal afluente do rio Tapajós, o rio Jamanxim, foi amostrado um tributário da margem direita, o igarapé Jamanxinzinho (TR7).

✓ Ponto TR1

O ponto TR1 está situado no rio Itapacurá, tributário da margem direita do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório, próximo à comunidade de São Francisco.

Observaram-se, no entorno desse tributário diversas moradias, bem como vários trechos de mata ciliar alterada e suprimida. As medições locais indicam largura de aproximadamente 80 m, profundidade entre 1,6 m e 8,1 m, e velocidade máxima de correnteza de 0,2 m/s.

✓ Ponto TR2

O local de amostragem do ponto TR 2 foi estabelecido no igarapé Bathu, tributário da margem direita do rio Tapajós, a montante do eixo da barragem do futuro reservatório, próximo à comunidade de Pimental. As águas desse tributário são usadas pela população do entorno para atividades de lazer. A mata ciliar encontra-se parcialmente suprimida em alguns trechos.

As medições locais evidenciam largura de aproximadamente 50 m, profundidade entre 0,4 m e 2,6 m e velocidade da correnteza máxima de 0,92 m/s.

✓ Ponto TR2A

Ponto extra, situado no rio Tucunaré, na margem direita do rio Tapajós, a jusante da confluência do rio Jamanxim. A comunidade mais próxima é Palhal, situada nas imediações de sua foz. Na margem oposta, encontra-se a localidade de Buburé. Durante as coletas, verificou-se nesse ponto largura de aproximadamente 40 m, profundidade entre 0,6 m e 5,1 m e velocidade de correnteza em até 0,7 m/s.

✓ Ponto TR3

O ponto TR3 localiza-se no igarapé Lajinha, tributário da margem direita do rio Tapajós, a montante da foz do rio Jamanxim, na área do futuro reservatório. Durante as coletas, registrou-se no local largura de aproximadamente 20 m, profundidade entre 1,2 m e 3,3 m e velocidade em até 0,44 m/s. Em função da presença de obstáculos no percurso desse igarapé, que impediram a navegação, esse ponto foi ajustado cerca de 3,7 km a jusante da coordenada estabelecida no Plano de Trabalho.

✓ Ponto TR4

O ponto de amostragem TR4 encontra-se localizado no rio Mariazinha, tributário da margem esquerda do rio Tapajós, na área do futuro reservatório, próximo à ponte da rodovia Transamazônica.

Nesse tributário a mata ciliar encontra-se em geral preservada, exceto no entorno da ponte dessa rodovia, onde há trechos de vegetação suprimida e materiais remanescentes das obras civis.

Nas campanhas de vazante e seca, constatou-se o desenvolvimento de macrófitas aquáticas anfíbias (*Tabernaemontana rupícola*).

✓ Ponto TR4A

O ponto TR4A refere-se a ponto extra, situado no igarapé da Montanha, tributário da margem esquerda do rio Tapajós. Esse igarapé é atravessado pela rodovia Transamazônica (BR-230), à altura do km 170.

Os registros de campo apontam largura em torno de 30 m, profundidade entre 0,7 m e 1,8 m e velocidade da correnteza máxima de 0,9 m/s.

✓ Ponto TR5

O ponto TR5 foi estabelecido no igarapé Jutaí, tributário da margem esquerda do rio Tapajós, a montante do igarapé da Montanha (TR4). Esse curso d'água é atravessado pela rodovia Transamazônica (BR-230) à altura do km 186 antes de passar pela

comunidade de Sapucaia. Nas imediações da foz do igarapé Jutaí, encontram-se as comunidades de Praia Chique e de Nova Canaã.

Nesse tributário, foram observados bancos de areia, além de desmatamento em alguns trechos das margens ocasionado, possivelmente, pela ação da atividade de garimpo.

Os registros de campo evidenciam largura de aproximadamente 15 m, profundidade entre 1 m e 3,3 m e velocidade da correnteza variável entre 0,3 m/s e 0,8 m/s.

✓ Ponto TR5A

O ponto TR5A trata-se de ponto extra, definido no rio Ratão, afluente da margem direita do rio Tapajós, que deságua nas imediações do pedral PD4. A comunidade mais próxima é a Boca do Rato, situada a jusante do ponto de amostragem. Esse ponto extra teve por objetivo além da complementação da malha para modelagem matemática, também verificar a contribuição das atividades garimpeiras permitindo verificar sua relação com os trechos de jusante e montante do rio Tapajós.

Durante as coletas, registrou-se nesse ponto largura em torno de 50 m, profundidade entre 0,9 m e 4,4 m e velocidade da correnteza entre 0,72 m/s e 0,94 m/s. Esse tributário caracteriza-se por manter uma intensa atividade garimpeira.

✓ Ponto TR6

O ponto TR6 localiza-se no rio Crepori, afluente da margem direita do rio Tapajós, a montante da área do futuro reservatório. Esse tributário apresenta leito argiloso e raso, assim como mata ciliar totalmente alterada, com trechos de vegetação suprimida.

Nesse ponto foram observados bancos de areia no leito do rio e margens escavadas, devido à intensa atividade garimpeira desenvolvida nesse curso d'água.

Durante as coletas, registrou-se nesse ponto largura de aproximadamente 200 m, profundidade entre 0,9 m e 4,6 m e velocidade máxima de correnteza de 1 m/s.

✓ Ponto TR7

O ponto TR7 está posicionado no igarapé Jamanxinzinho, um dos tributários formadores da margem direita do rio Jamanxim, a montante do ponto PD5. Esse tributário apresenta mata ciliar preservada e alguns trechos de pedrais. Durante as coletas, aferiu-se no rio Jamanxinzinho largura de aproximadamente 30 m, profundidade entre 0,7 m e 4,1 m e velocidade da correnteza máxima de 0,8 m/s.

✓ Ponto TR40A

Ponto extra, posicionado no igarapé Bom Jardim (ou Bacabal), contribuinte da margem direita do rio Tapajós, a jusante do rio Crepori. A comunidade de Bacabalzinho, uma das mais próximas do local de amostragem, situa-se a montante, na margem oposta do rio Tapajós.

Os registros de campo apontam largura em torno de 40 m, profundidade entre 2,0 m e 4,8 m e velocidade de correnteza entre 0,36 m/s e 0,7 m/s.

✓ Ponto TR41A

O ponto TR41A trata-se de ponto extra, situado no igarapé da Missão (ou Mongubal), próximo à sua desembocadura na margem esquerda do rio Tapajós, após a confluência do igarapé Mongubal, seu principal tributário da margem esquerda. O igarapé da Missão é cruzado a montante pela rodovia Transamazônica (BR-230), à altura do km 235, passando a seguir pela comunidade de Village e, posteriormente, pelo povoado Boca da Missão, situado nas imediações de sua foz.

Durante as coletas, registrou-se nesse igarapé largura em torno de 40 m, profundidade variável entre 0,9 m e 1,7 m e velocidade de correnteza entre 0,6 m/s e 0,75 m/s.

– **Lagoas**

A rede de amostragem do AHE São Luiz do Tapajós abrangeu seis lagoas, sendo duas localizadas no baixo curso do rio Tapajós (LA1 e LA2) e quatro no alto curso desse rio (LA3, LA4, LA5 e LA6). As lagoas LA1, LA3 e LA5 estão situadas em ilhas, enquanto as demais lagoas estão localizadas nas margens do rio Tapajós (LA2 e LA4 - margem esquerda; LA6 - margem direita), conforme descrito a seguir.

✓ Ponto LA1

Essa lagoa está localizada na denominada ilha da Goiânia, na calha do rio Tapajós, a jusante da área do futuro reservatório. Situa-se nas proximidades do povoado de Nova Canaã (margem esquerda) e a jusante das comunidades de Santo Antônio (margem esquerda), São Raimundo e Vila São Luiz do Tapajós (margem direita).

Essa lagoa apresenta mata ciliar preservada, largura em torno de 50 m, profundidade entre 0,76 m e 6,7 m. Na campanha de cheia, registrou-se a ocorrência de macrófitas emergentes (*Paspalum repens*).

✓ Ponto LA2

Lagoa situada na margem esquerda do rio Tapajós a jusante do futuro barramento. Situa-se nas proximidades do povoado de Santo Antônio (margem esquerda), São Raimundo e Vila São Luiz do Tapajós (margem direita). A mata ciliar encontra-se preservada, sendo registrada nas campanhas de cheia e vazante a ocorrência de macrófitas aquáticas anfíbias e emergentes (*Ipomoea* e *Oxycaryum cubense*).

Durante as coletas, verificou-se nesse ponto largura de aproximadamente 35 m, profundidade entre 0,8 m e 7,6 m.

✓ Ponto LA3

Lagoa posicionada na ilha Mambuaí, na calha do rio Tapajós, na área do futuro reservatório, a montante da confluência com o rio Jamanxim e com o igarapé Mariazinha, próximo à comunidade Guabiraba (margem direita). No local, a mata ciliar encontra-se preservada.

Os registros de campo indicam largura de aproximadamente 100 m, profundidade entre 1,5 m e 4,7 m.

✓ Ponto LA4

Este local, conhecido como lagoa das Piranhas, situa-se na margem esquerda do rio Tapajós, na área do futuro reservatório, a jusante da confluência com o rio Mariazinha, próximo à comunidade de Bonfim, situada na margem oposta.

Em seu entorno a mata ciliar encontra-se preservada. Durante as coletas, registrou-se nessa lagoa largura de aproximadamente 45 m, profundidade entre 1,1 m e 4,2 m.

✓ Ponto LA5

O ponto LA5 está situado em lagoa existente em ilha do rio Tapajós, conhecida como Ilha da Fazenda, a montante da confluência com o rio Crepori e fora do futuro reservatório. Encontra-se próxima à comunidade Mamãe Anã, situada na margem esquerda do rio Tapajós. Conforme observado na maioria das lagoas amostradas, a mata ciliar encontra-se preservada.

Os registros de campo indicam largura de aproximadamente 50 m, com profundidade entre 0,9 m e 1,9 m.

✓ Ponto LA6

Esse ponto situa-se em uma lagoa na margem direita do rio Tapajós, a montante da confluência com o rio Crepori e fora da área do futuro reservatório. A comunidade mais próxima desse ponto é a Mamãe Anã, que se localiza a montante na margem esquerda do Tapajós.

Durante as coletas, registrou-se nesse ponto largura de aproximadamente 55 m, profundidade entre 0,8 m e 3,9 m.

• Parâmetros Selecionados

Com o objetivo de caracterizar a qualidade das águas superficiais na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, selecionou-se um conjunto de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos tradicionalmente utilizados em estudos dessa natureza, tendo como base a Resolução CONAMA 357/2005 e as informações dispostas no Termo de Referência - TR.

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/03**, a seguir, constam os parâmetros selecionados, a unidade adotada no presente estudo e os respectivos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2, como é o caso dos corpos d'água que drenam as áreas de influência do empreendimento.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/03 - Parâmetros Selecionados para Qualidade das Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012.

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Unidade	VMP
Alcalinidade Total	mg/L	-
Alcalinidade de Bicarbonato	mg/L	-
Alcalinidade de Carbonato	mg/L	-
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,1
Arsênio Total	mg/L	0,01
Cádmio Total	mg/L	0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01
Cianeto Livre	mg/L	0,005
Cloreto Total	mg/L	250
Clorofila <i>a</i>	µg/L	30
Cobre Dissolvido	mg/L	0,009
Cobre Total	mg/L	-
Condutividade Elétrica*	µS/cm	-
Cromo Total	mg/L	0,05
Cor Verdadeira	mgPt/L	75

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Unidade	VMP
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	mg/L	5
Demanda Química de Oxigênio – DQO	mg/L	-
Dureza Total	mg/L	-
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
Ferro Total	mg/L	-
Fluoreto Total	mg/L	1,4
Fosfato Orgânico	mg/L	-
Fósforo Total	mg/L	0,030 (lênticos); 0,050
Manganês Total	mg/L	0,1
Mercurio Total	mg/L	0,0002
Níquel Total	mg/L	0,025
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7 (pH ≤ 7,5); 2,0 (7,5 < pH ≤ 8,0);
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-
Ortofosfato	mg/L	-
Oxigênio Dissolvido **	mg/L	≥5,0
Oxigênio Saturado *	%	-
pH **	upH	6,0 - 9,0
Potássio	mg/L	-
Potencial Redox *	mV	-
Profundidade *	m	-
Salinidade *	‰	-
Sólidos Dissolvidos Totais **	mg/L	500
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-
Sólidos Totais	mg/L	-
Sulfato Total	mg/L	250
Temperatura da Água e do Ar *	°C	-
Transparência *	m	-
Turbidez	UNT	100
Velocidade da Correnteza *	m/s	-
Zinco Total	mg/L	0,18
Coliformes Totais	NMP/100mL	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	-

LEGENDA: VMP - Valores Máximos Permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas classe 2; para os parâmetros oxigênio dissolvido e pH os valores representam, respectivamente, o valor mínimo permitido pela legislação e a faixa limite.

NOTA: * Parâmetros analisados em campo. ** Parâmetros analisados em campo e em laboratório

FONTE: Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) – Artigo 15

As coletas das amostras de água foram realizadas na calha central dos rios, em profundidade de 0,15 a 0,30 m. Foi realizada também a avaliação dos perfis verticais de temperatura da água, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio - DQO, turbidez, condutividade elétrica e pH à meia profundidade e próximas ao fundo, nos pontos de coleta de sistemas lóticos que ultrapassaram 5 metros. Nas lagoas com profundidades maiores que 3 metros, adotou-se o mesmo padrão, com medições adicionais também em duas profundidades.

- Procedimentos de Campo

Previamente à amostragem, foram anotadas em cada ponto de coleta informações relevantes sobre os cursos d'água avaliados, visando dar subsídios à interpretação dos resultados analíticos, conforme orientação sintetizada no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/04**.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/04 - Registros de Campo - Ciclo Hidrológico 2012.

Registros	Procedimentos
Localização geográfica	Coordenadas com GPS, relacionando com aquelas definidas na rede de amostragem.
Uso do solo e demais alterações antrópicas	Descrição do uso do solo predominante no entorno. Avaliação de eventuais alterações resultantes de atividades potencialmente impactantes aos sistemas aquáticos (assoreamento, acúmulo de resíduos, atividades garimpeiras entre outros).
Vegetação	Observação do grau de preservação da mata ciliar.
Características das águas superficiais	Avaliação das condições gerais das águas, como coloração predominante, eventual presença de resíduos, manchas de óleo, espumas, floração de algas, entre outros.
Largura, profundidade e velocidade da correnteza	Determinação da profundidade e velocidade nos locais de amostragem com uso de equipamentos de medição direta.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

Esses dados estão consolidados nos Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 (Campanha de cheia), 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 (Campanha de vazante), 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 (Campanha de seca) e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 (Campanha de enchente) do **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais)**, contendo as seguintes informações: identificação do ponto com os códigos adotados pelo projeto, curso

d'água, data e hora de coleta, assim como ocorrência de chuva nas últimas 24 horas. A respectiva documentação fotográfica consta do Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01 (Volume 7 – Anexos Gerais).

As anotações relativas às condições predominantes do entorno, grau de preservação da mata ciliar, características das águas superficiais, largura, profundidade, velocidade de correnteza são apresentadas na caracterização dos pontos de coleta (**Item 7.4.1.1.2.6.2.2**).

Os trabalhos de campo incluíram medições diretas com uso de equipamentos e sondas específicas para determinação dos seguintes parâmetros: temperatura do ar (Termômetro HT 7020), profundidade (Eco Sonda Marca Speedtech Instruments Mod. SM-5), velocidade de corrente (fluxímetro Marca JDC Eletronic Flowwatch FL-K2), transparência da água (disco de Secchi), temperatura da água e oxigênio dissolvido (Oxímetro e Termômetro WTW oxi 3151), pH (pHmetro - Thermo orion 250A+), condutividade e salinidade (Thermo orion 115 A+), turbidez (Turbidímetro Orion AQ 3010) e potencial redox (ORP - Misura Line ML 1010).

As campanhas consideraram também a coleta de amostras visando à obtenção da concentração do oxigênio dissolvido. Apesar de serem realizadas medições locais através de equipamentos multisensores, a considerar o controle de qualidade das medições deste parâmetro, optou-se por realizar a sua fixação em campo e sua concentração confirmada em laboratório (instalado em barco de apoio), através da utilização do método analítico de Winkler.

Os valores do método analítico foram posteriormente comparados com os dados obtidos em campo e os resultados de ambos os métodos apontaram valores de concentrações coerentes. As informações apresentadas neste documento consideram as medições locais obtidas através das sondas.

Para a coleta de águas superficiais utilizou-se como referência o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (CETESB, 2011) e Standard Methods (21st Edition – 2005). Em cada ponto, os frascos foram mergulhados entre 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, em sentido contrário à correnteza. As coletas em profundidade foram tomadas por meio de garrafa tipo “Van Dorn”.

A seguir, no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/05**, encontram-se listadas as recomendações referentes ao tipo de frasco, método de preservação e demais procedimentos adotados durante os trabalhos de campo.

Os frascos foram refrigerados a 4°C e mantidos nessa temperatura durante o período de transporte até o laboratório analítico, localizado na cidade de São Paulo - ATEMAE - Assessoria Técnica em Serviços para o Meio Ambiente Ltda. Os processos de acondicionamento e remessa das amostras foram realizados com a maior brevidade possível, objetivando minimizar o intervalo de tempo entre as coletas e as análises.

Uma parte das análises, especialmente aquelas com reduzido tempo de validade, foi executada em laboratório instalado em um dos barcos de apoio conforme ilustram as Fotos 7.4.1.1.2.6.2.2/19 a 7.4.1.1.2.6.2.2/60 do Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/01 (Volume 7 – Anexos Gerais).

As tarefas de processamento das amostras de água também contaram com o apoio de barco, em campo, onde foram processadas as análises laboratoriais, filtragem de amostras, preservação da clorofila e controle da temperatura da incubadora (21°C) para processamento da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e Oxigênio Dissolvido pelo método analítico de Winkler, além de análises de colimetria (coliformes totais e *Escherichia coli*).

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/05 – Métodos de Acondicionamento e Preservação de Amostras - Ciclo Hidrológico 2012.

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Frasco	Preservação
Alcalinidade Total	P	R
Alcalinidade de Carbonato	P	R
Alcalinidade de Bicarbonato	P	R
Arsênio e Metais (exceto Ferro Dissolvido)	P(LE) / V(LE)	HNO ₃ – pH<2 R
Cloreto Total	P	R
Clorofila a	VA	R
Cor Verdadeira	P/V	R
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO	P/V	R
Demanda Química de Oxigênio – DQO	P/V	R; H ₂ SO ₄ pH< 2,0
Dureza Total	P(LE)/V(LE)	R; HNO ₃ pH<2
Ferro Dissolvido	P(LE)/V(LE)	R; HNO ₃ após filtração
Fósforo Orgânico e Total	P/V	R; H ₂ SO ₄ pH<2
Nitrato	P	R
Nitrito	P	R
Nitrogênio Amoniacal Total	P/V	R; H ₂ SO ₄ pH< 2,0
Nitrogênio Kjeldahl Total	P/V	R; H ₂ SO ₄ pH< 2,0
Nitrogênio Orgânico	P/V	R; H ₂ SO ₄ pH< 2,0

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Frasco	Preservação
Ortofosfato	P/V	R
Oxigênio Dissolvido	V	R
pH	P/V	Ensaio Imediato
Sólidos Dissolvidos Totais	P/V	R
Sólidos Suspensos Totais	P/V	R
Sulfato Total	P	R
Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i>	P; esterilizado	R

LEGENDA: P – frasco polietileno; V - vidro neutro ou borossilicato; VA - vidro âmbar; R - Refrigeração a 4°C; (LE) - Lavagem Especial.

FONTE: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 21st Edition -2005 e Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011)*

- Análises em Laboratório

Em laboratório, as análises das amostras foram executadas segundo as normas técnicas preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005), conforme sintetizado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/06**, que indica também o limite de quantificação do método analítico (LQM).

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.2/06- Metodologia para Análise de Águas Superficiais - Ciclo Hidrológico 2012

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
Alcalinidade Total	Titulação potenciométrica até pH pré determinado	mg/L	2	SM 21 2320 B
Alcalinidade de Bicarbonato	Titulação potenciométrica até pH pré determinado	mg/L	2	SM 21 2320 B
Alcalinidade de Carbonato	Titulação potenciométrica até pH pré determinado	mg/L	2	SM 21 2320 B
Alumínio Dissolvido	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,1	SM 21 3111 D
Arsênio Total	Método do Dietilditiocarbamato de Prata - Método colorimétrico	mg/L	0,01	SM 21 3500-As B
Cádmio Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,001	SM 21 3111 B
Chumbo Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,01	SM 21 3111 B
Cianeto Livre	Colorimetria-Bis-Pirazolona	mg/L	0,004	SM 21 4500 E

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
Cloreto Total	Titulométrico - Método de nitrato mercúrico	mg/L	0,5	SM 21 4500 C
Clorofila a	Espectrofotometria	µg/L	2,50	SM 21 10200 H
Cobre Dissolvido e Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,002	SM 21 3111 B
Cromo Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,01	SM 21 3111 B
Cor Verdadeira	Comparação visual	mgPt/L	5	SM 21 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Diluição e incubação a 20°C por 5 dias	mg/L	2	SM 21 5210 B
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Titulométrico	mg/L	6	SM 21 5220 C
Dureza Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	2	SM 21 3111 B
Ferro Dissolvido e Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,03	SM 21 3111 B
Fluoreto Total	Colorimetria	mg/L	0,1	SM 21 4500-F D
Fósforo Orgânico e Total	Colorimetria - Ácido Ascórbico	mg/L	0,003	SM 21 4500-P E
Manganês Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,002	SM 21 3111 B
Mercúrio Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,0002	SM 21 3112 B
Níquel Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,002	SM 21 3111 B
Nitrato	Colorimetria - Ácido Fenoldissulfônico	mg/L	0,02	CETESB L5. 137
Nitrito	Colorimetria - Suldanimida e N-(1-Naftil) Etilenodiamina	mg/L	0,005	SM 21 4500 B
Nitrogênio Amoniacal Total	Colorimetria - Nesslerização com destilação prévia	mg/L	0,05	CETESB L5. 136
Nitrogênio Kjeldahl Total	Colorimetria - Determinação do nitrogênio na forma de amônia	mg/L	0,05	SM 21 4500-N B
Nitrogênio Orgânico	Cálculo Diferença de NKT e Nitr. Amoniacal	mg/L	0,02	SM 21 4500-Norg B
Ortofosfato	Colorimetria - Ácido Ascórbico	mg/L	0,003	SM 21 4500-P E
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler modificado	mg/L	0,1	SM 4500-O B
Potássio	Espectrofotometria de	mg/L	0,1	SM 21 3111 B

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
	absorção atômica - Emissão de Chama			
Sólidos Dissolvidos Totais	Gravimétrico	mg/L	1	SM 21 2540 C
Sólidos Suspensos Totais	Gravimétrico	mg/L	1	SM 21 2540 D
Sulfato Total	Turbidimétrico	mg/L	2	SM 21 4500-SO ₄ ²⁻ E
Turbidez	Nefelométrico	UNT	0,02	SM 21 2130 B
Zinco Total	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,001	SM 21 3111 B
Coliformes Totais	Colilert	NMP/100 mL	1	SM 21 9223
<i>Escherichia coli</i>	Colilert	NMP/100 mL	1	SM 21 9223

LEGENDA: LQM - Limite de Quantificação do Método

FONTE: CETESB L5. - Normas Técnicas da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; SM - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition (2005)

- Análises dos Dados

Para a análise geral da qualidade de água, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água - IQA adaptado pela CETESB (1976) que incorpora nove parâmetros considerados de maior relevância para a qualidade da água bruta: pH, Oxigênio Dissolvido - OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, coliformes termotolerantes (utilizado *E. coli*), nitrogênio, fósforo total, sólidos totais, turbidez e temperatura da água.

Os valores resultantes desse indicador variam entre 0 e 100, sendo os resultados expressos em cinco categorias: Ótima ($79 < IQA \leq 100$); Boa ($51 < IQA \leq 79$); Regular ($36 < IQA \leq 51$); Ruim ($19 < IQA \leq 36$) e Péssima ($IQA \leq 19$). Assim definido, o IQA reflete a interferência por efluentes orgânicos, nutrientes e sólidos presentes na água.

- Análise Univariada e Multivariada

Para a descrição do comportamento dos dados avaliados foram realizadas análises univariadas mediante cálculo de estatística descritiva básica para os temas relacionados à qualidade das águas superficiais. Nesse sentido, utilizaram-se medidas de tendência central e de dispersão: média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e erro padrão.

As análises multivariadas incluíram correlações (bivariadas) precedidas de verificação da normalidade da distribuição dos dados, a partir da aplicação do teste de Shapiro-Wilk. Pelo fato da maior parte dos resultados ter indicado distribuições conjuntas diferentes da distribuição normal, optou-se pelo uso do coeficiente de correlação de postos de Spearman, que é utilizado como alternativa não paramétrica ao coeficiente de Pearson.

No cálculo dos coeficientes de correlação de Spearman (r) e também do teste de normalidade foi adotado o nível de significância estatística (p) de 95%. Este nível representa um valor de confiabilidade de um resultado, ou seja, indica que a probabilidade de que a relação entre as variáveis tenha ocorrido ocasionalmente é menor do que 5% ($p < 0,05$).

A avaliação dos resultados dos coeficientes de correlação foi baseada na escala proposta por COHEN (1988), que considera a faixa entre 0,10 e 0,29 como correlação fraca, valores entre 0,30 e 0,49 como correlações moderadas, e valores superiores a 0,50 indicam correlações fortes.

Para os parâmetros das águas superficiais, foram elaboradas correlações gerais, abrangendo todos os resultados registrados durante os quatro períodos do ciclo hidrológico, nos quatro biótopos avaliados. Foram efetuadas também correlações específicas por biótopos e por períodos, com base nos resultados mais significativos das correlações gerais. A apresentação dos dados das correlações recebeu ainda uma subdivisão em três grupos: metais, nutrientes e parâmetros indicadores de características físico-químicas das águas.

7.4.1.1.2.6.2.3 Apresentação e Avaliação dos Resultados

Neste item são apresentados os resultados obtidos (subitem 7.4.1.1.2.6.2.3.2), sendo precedido de uma contextualização regional sobre as áreas de influência do empreendimento (subitem 7.4.1.1.2.6.2.3.1).

7.4.1.1.2.6.2.3.1 Contextualização Regional

O rio Tapajós enquandra-se na tipologia de rios amazônicos de águas claras, dotados de elevada transparência e pobres em sais minerais, com baixo conteúdo de cálcio e de magnésio, que lhes confere baixa condutividade e também menor capacidade de tamponamento das águas, resultando em ambientes com pH levemente ácido a neutro.

O baixo índice de uso e ocupação do solo que caracteriza a região, aliado à elevada disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, é um dos principais fatores que contribui

para a boa qualidade das águas do rio Tapajós. A presença de corredeiras, com águas veiculando em leito conformado em substrato rochoso, garante a oxigenação de suas águas, que são consideradas adequadas para manutenção da vida aquática aeróbia.

O padrão estrutural dos ecossistemas aquáticos na área de estudo é fortemente condicionado pelo ciclo hidrológico regional. Os eventos de cheia (fevereiro a abril), de vazante (maio a julho), de seca (agosto a outubro) e de enchente (novembro a janeiro) são determinantes para a qualidade do sistema hídrico e a estruturação das comunidades aquáticas.

Para as análises das águas superficiais, foram considerados de forma mais ampla, dados da rede de coleta de qualidade da água situadas também no âmbito da AII, com a inclusão de pontos de amostragens localizados no curso do Tapajós e tributários a montante e a jusante dos limites da AID/ADA. As configurações espaciais destas redes são mostradas em escala 1:100.000 no Mapa 7.4.1.1.2.6/01 - Tipos de Amostragem por Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos (Volume 9 – Mapas) e na Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2./01 - Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos, apresentado em escala 1:1.000.000, anteriormente já apresentados.

7.4.1.1.2.6.2.3.2 Resultados Obtidos

Neste item são apresentados os resultados das análises da qualidade das águas no âmbito da área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, englobando as quatro campanhas realizadas nos seguintes períodos de cheia (03/04 a 01/05/2012), vazante (26/06 a 18/07/2012), seca (10/09 a 09/10/2012) e enchente (21/11 a 13/12/2012), segundo anteriormente especificado.

Os resultados obtidos das medições de campo constam no **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais)** - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 (Campanha de cheia), 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 (Campanha de vazante), 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 (Campanha de seca) e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 (Campanha de enchente).

Os valores dos parâmetros de qualidade da água resultantes das análises laboratoriais constam no **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais)** - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

No **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 8 – Anexos Gerais)** - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33 são apresentados os resultados das análises laboratoriais referentes aos parâmetros Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) correspondentes às amostragens realizadas em níveis de superfície, meio e fundo.

Os laudos que contêm esses resultados constam do Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais). Os resultados obtidos foram comparados aos valores máximos permitidos (VMP) regulamentados pela Resolução CONAMA n° 357/05 para águas doces Classes 2.

A seguir, descreve-se o significado dos parâmetros avaliados em cada ponto da rede amostral, consolidando as informações apresentadas nos referidos, segundo as campanhas realizadas (cheia, vazante, seca e enchente) e de acordo com os distintos biótopos amostrados: calha do rio Tapajós e respectivos pedrais e praias; calha do rio Jamanxim e respectivos pedrais e praias, além de tributário e lagoas.

A análise de cada parâmetro compreende também uma síntese obtida ao longo do ciclo hidrológico de 2012, período no qual foram realizadas as quatro campanhas de amostragem, indicando por biótopo avaliado: o número de amostras analisadas (n), o valor médio, o mínimo e máximo encontrado, o respectivo desvio padrão e erro padrão obtidos em torno da média.

Esses dados são também representados em gráficos com os valores registrados em cada ponto, finalizando com uma representação gráfica contendo os valores médios, segundo o biótopo e a campanha realizada, permitindo assim estabelecer comparações entre os ambientes amostrados ao longo do ciclo hidrológico de 2012.

Os resultados destacados em vermelho nos anexos e nos quadros apresentados no texto referem-se às concentrações que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2, como é o caso dos corpos d'água em estudo.

- Temperatura do Ar e da Água

A temperatura do corpo d'água está associada às velocidades das reações químicas e à dissolução dos gases na água, sendo influenciada por fatores diversos tais como localização geográfica, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade do local amostrado.

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos e exercendo

importante influência na concentração de oxigênio dissolvido. Os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, bem como gradientes ótimos para migração, desova e incubação de ovos, entre outras atividades componentes do seu ciclo de vida. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites de temperatura apenas para lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

Na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, no ciclo hidrológico de 2012, a temperatura do ar variou entre 23,6°C (ponto TR4 - rio Mariazinha), no período de cheia, a 45,0°C (ponto PR3 - praia - rio Tapajós - montante do rio Jamanxim), no período de seca, conforme os **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04**.

Esta ampla variação de temperatura do ar decorre de diversos fatores como: sazonalidade (período do ano) e hora do dia em que a campanha foi realizada; condições do tempo durante a amostragem associadas à cobertura de nuvens e à incidência de chuva; condições particulares do local de coleta relacionadas à presença de vegetação circundante geralmente observada nos tributários.

O **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01** apresenta a síntese dos resultados da temperatura do ar, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Considerando-se todas as campanhas de qualidade da água, observaram-se maiores valores da temperatura do ar durante o período de seca e menores durante o período de cheia, conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05**.

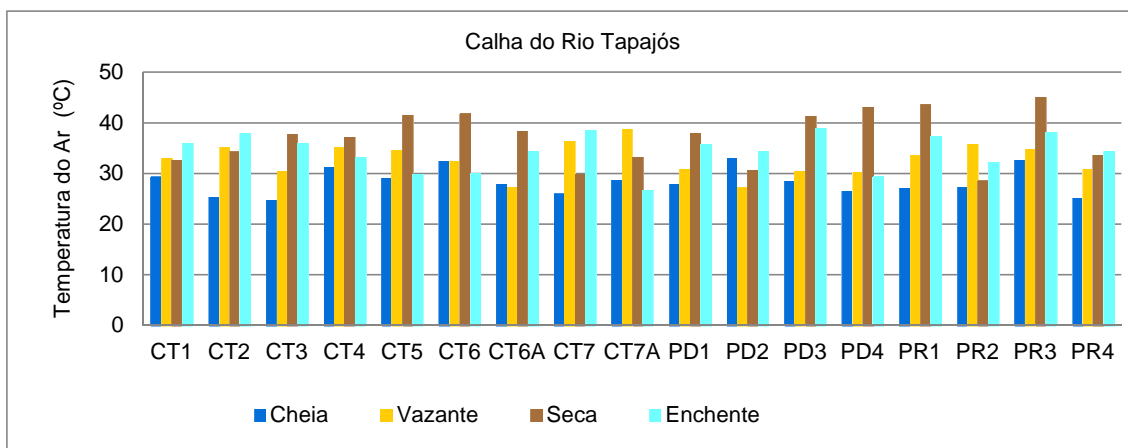


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 - Temperatura do Ar (°C) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012

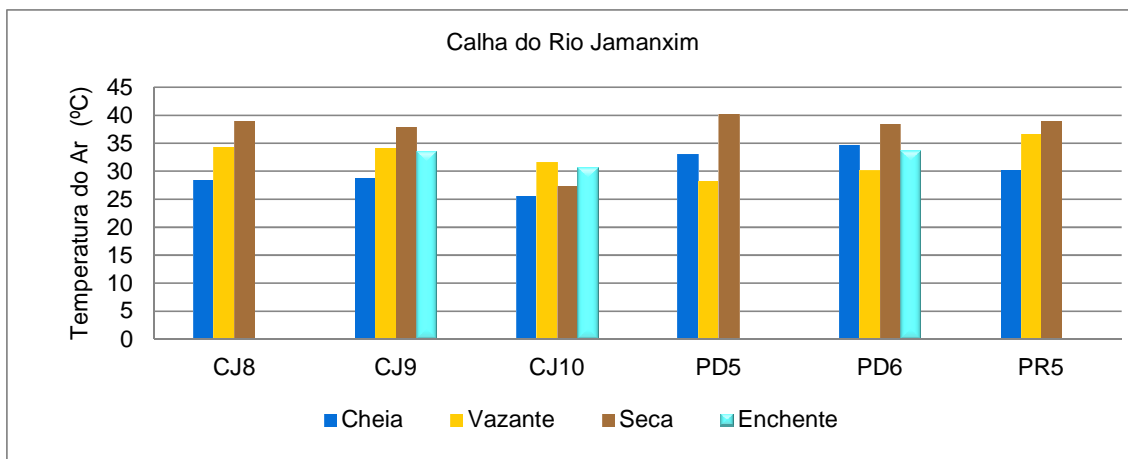


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 - Temperatura do Ar (°C) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

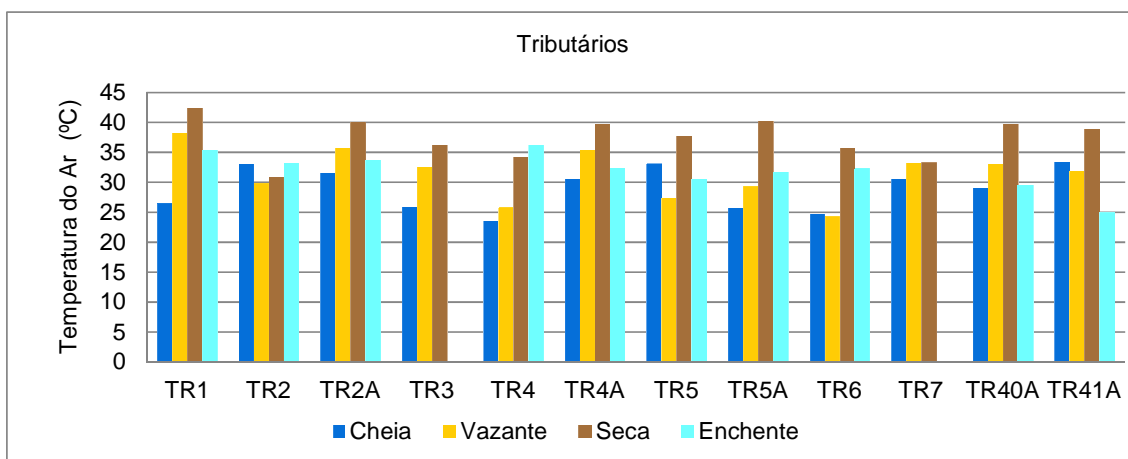


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/03 - Temperatura do Ar (°C) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

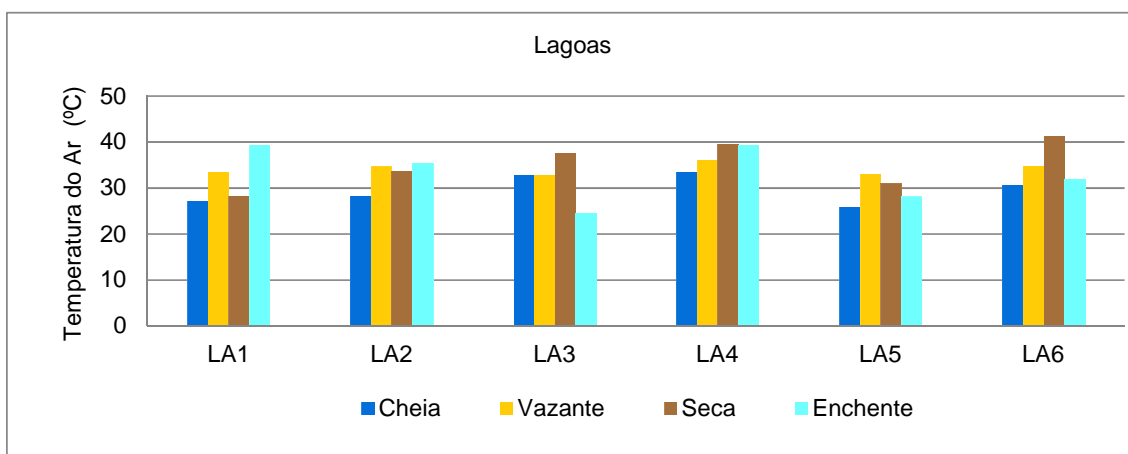


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 - Temperatura do Ar (°C) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01- Síntese dos Resultados de Temperatura do Ar (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	28,40	32,74	37,08	34,33	33,14
	Mínimo	24,70	27,20	28,60	26,70	24,70
	Máximo	33,10	38,70	45,00	38,90	45,00
	Desvio Padrão	2,64	3,19	5,15	3,63	4,86
	Erro Padrão	0,64	0,77	1,25	0,88	0,59
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	30,08	32,45	37,00	32,67	33,05
	Mínimo	25,60	28,20	27,40	30,70	25,60
	Máximo	34,60	36,60	40,20	33,70	40,20
	Desvio Padrão	3,28	3,08	4,76	1,70	4,30
	Erro Padrão	1,34	1,26	1,94	0,98	0,94
Tributários	n	12	12	12	10	46
	Média	28,97	31,38	37,44	32,01	32,45
	Mínimo	23,60	24,30	30,90	25,00	23,60
	Máximo	33,40	38,20	42,40	36,20	42,40
	Desvio Padrão	3,53	4,20	3,39	3,17	4,73
	Erro Padrão	1,02	1,21	0,98	1,00	0,70
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	29,67	34,12	35,17	33,12	33,02
	Mínimo	25,80	32,80	28,20	24,50	24,50
	Máximo	33,40	36,10	41,30	39,40	41,30
	Desvio Padrão	3,06	1,25	5,12	6,06	4,53
	Erro Padrão	1,25	0,51	2,09	2,47	0,92

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

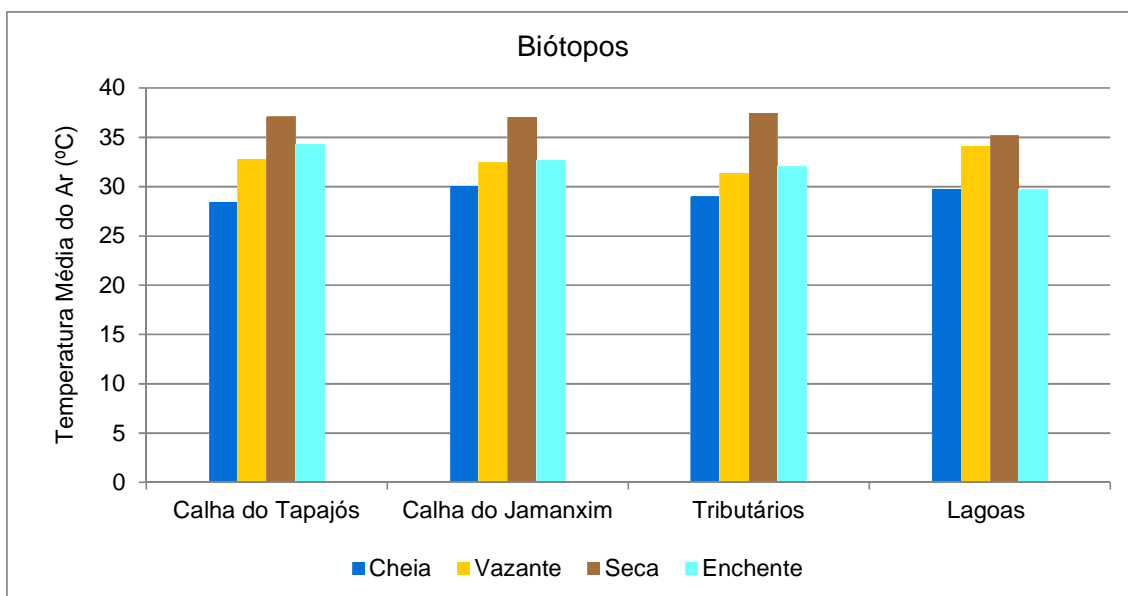


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 - Temperatura Média do Ar (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

A temperatura das águas superficiais variou de 22,7 °C no período de cheia (PD5 - futuro reservatório - pedral - rio Jamanxim - próximo à foz do igarapé Jamanxinzinho e TR40A - Igarapé Bom Jardim ou Bacabal - montante do futuro reservatório) a 36,0°C no período de seca (ponto LA4 - lagoa do rio Tapajós - jusante do rio Mariazinha). Foram observados maiores valores médios de temperatura da água na calha do rio Tapajós e nas lagoas, em relação aos tributários, que mantiveram temperaturas oscilando entre 22,7°C e 30,1°C, conforme mostram os **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10**.

Essa variação deve-se fundamentalmente ao horário de coleta, às condições predominantes do tempo (ensolarado, nublado ou com chuvas), entre outros fatores locais, como sombreamento ocasionado pela vegetação.

As variações anuais da temperatura da água estão diretamente associadas ao padrão sazonal da temperatura do ar com valores mínimos verificados no período da cheia e máximos no período da seca. As temperaturas relativamente mais baixas registradas nos tributários possivelmente resultaram da menor insolação de suas águas, em função da presença da vegetação ciliar.

As maiores temperaturas da água em geral observadas nas lagoas devem-se também à baixa circulação da água. A temperatura mais elevada implica menor solubilidade do gás oxigênio na água e acarreta geralmente maior atividade microbiana de decomposição da matéria orgânica, fatores que propiciam a queda nas taxas de oxigênio dissolvido nesses ambientes.

O **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02** apresenta a síntese dos resultados deste parâmetro referente às quatro campanhas de amostragem de qualidade da água, para os quatro diferentes biótopos analisados.

Medições de temperatura da água nos perfis de profundidade revelaram variações discretas, com uma tendência, em geral, de redução dos valores deste parâmetro próximo ao fundo.

Para esta aferição, foram considerados os pontos da rede de amostragem mais profundos da calha do rio Tapajós - CT1 (jusante de Itaituba - próximo a Aveiro); CT2 (jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras), CT3 (jusante do futuro reservatório - montante de Itaituba), CT5 (rio Tapajós - jusante do rio Jamanxim), CT6 (rio Tapajós - jusante do rio Jutai) e CT7A (rio Tapajós - jusante do rio Crepori); da calha do rio Jamanxim - CJ8 (próximo à confluência com o rio Tapajós); CJ10 (montante do futuro reservatório); e das lagoas do rio Tapajós LA1, LA2, LA4, LA5 e LA6.

Em termos gerais, a variação da temperatura nos perfis de profundidade foi baixa, sendo que as maiores oscilações foram constatadas no período de seca, nos pontos das lagoas do rio Tapajós LA2, com 28,6°C na superfície e 26,5°C no fundo, e LA1, com 29,2°C na superfície e 27,5°C no fundo.

As medições realizadas constam no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20, 7.4.1.2.6.2.3.2/25, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26a a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

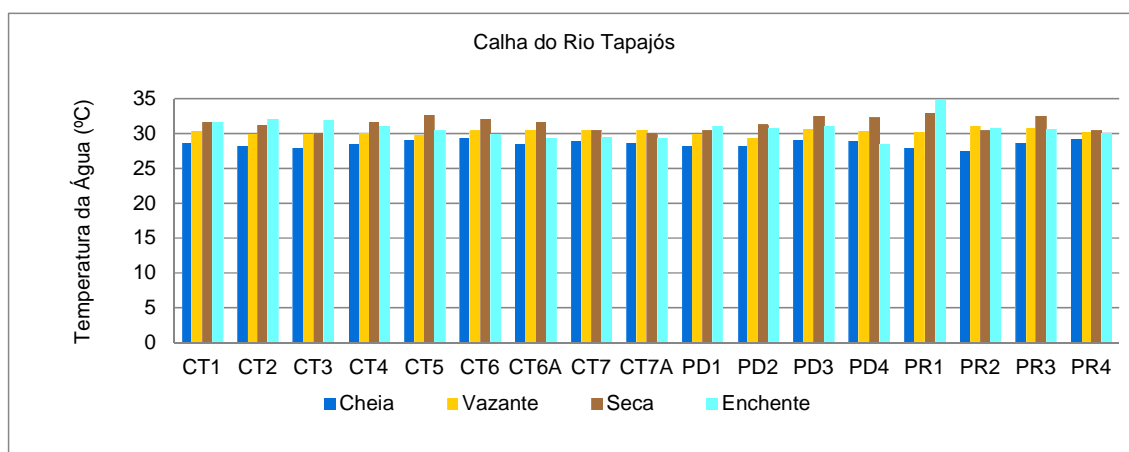


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06 - Temperatura da Água (°C) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

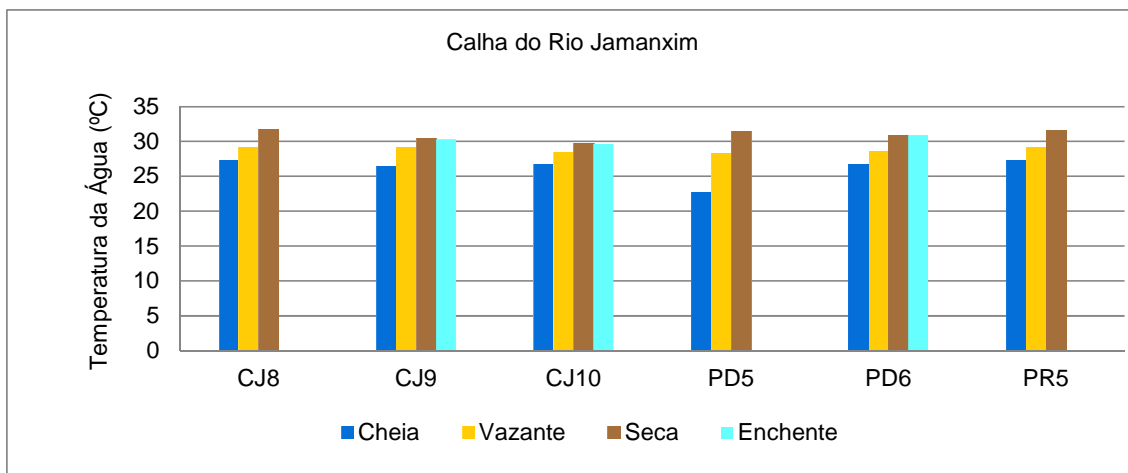


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/07 - Temperatura da Água (°C) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

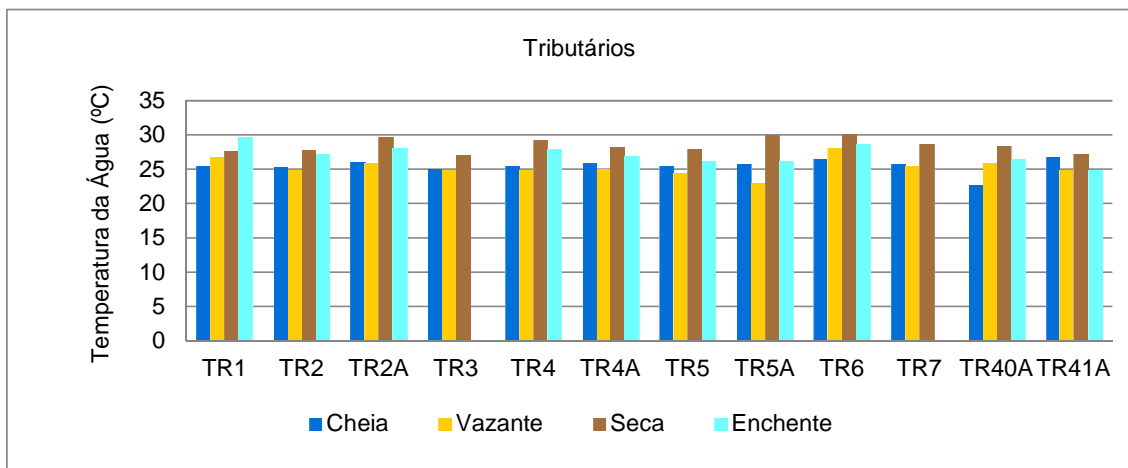


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08 - Temperatura da Água (°C) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

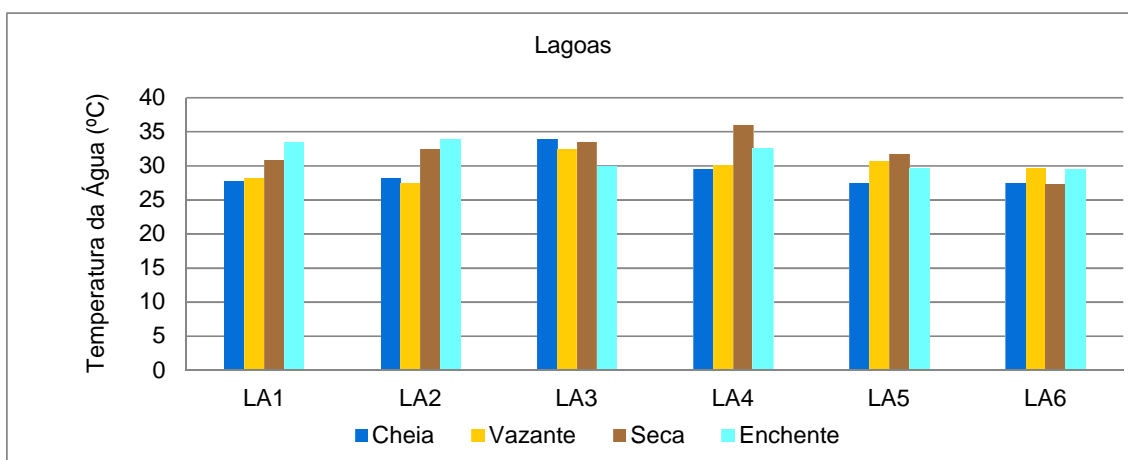


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 - Temperatura da Água (°C) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 - Síntese dos Resultados de Temperatura da Água (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	28,53	30,23	31,41	30,75	30,23
	Mínimo	27,50	29,30	30,10	28,50	27,50
	Máximo	29,30	31,00	32,90	34,80	34,80
	Desvio Padrão	0,52	0,41	0,96	1,43	1,40
	Erro Padrão	0,13	0,10	0,23	0,35	0,17
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	26,22	28,80	31,00	30,27	29,07
	Mínimo	22,70	28,30	29,80	29,60	22,70
	Máximo	27,30	29,20	31,70	30,90	31,70
	Desvio Padrão	1,76	0,38	0,75	0,65	2,18
	Erro Padrão	0,72	0,15	0,31	0,38	0,48
Tributários	n	12	12	12	10	46
	Média	25,49	25,33	28,48	27,20	26,62
	Mínimo	22,70	23,00	27,10	24,90	22,70
	Máximo	26,80	28,00	30,10	29,70	30,10
	Desvio Padrão	1,00	1,25	1,04	1,40	1,75
	Erro Padrão	0,29	0,36	0,30	0,44	0,26
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	29,07	29,75	31,97	31,53	30,58
	Mínimo	27,50	27,50	27,30	29,50	27,30
	Máximo	33,90	32,40	36,00	33,90	36,00
	Desvio Padrão	2,48	1,76	2,90	2,02	2,50
	Erro Padrão	1,01	0,72	1,18	0,83	0,51

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

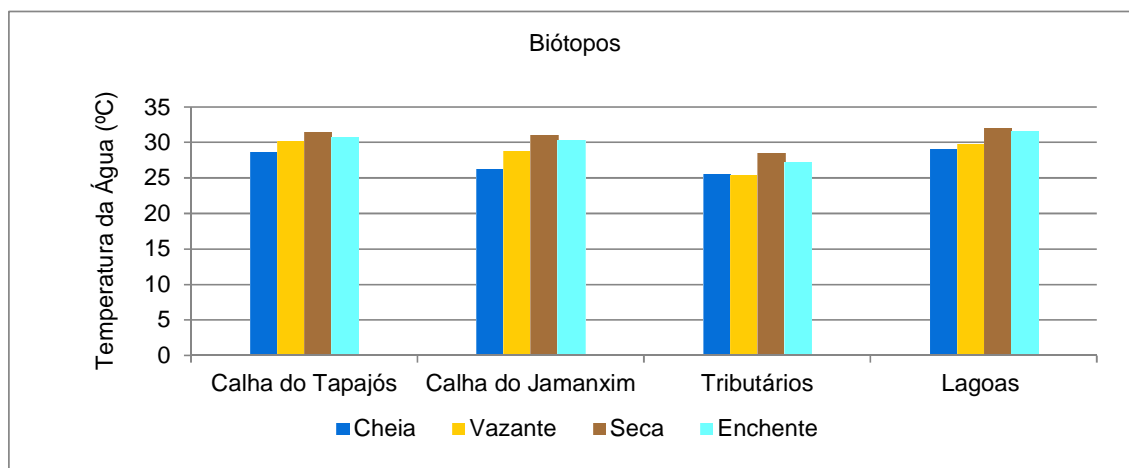


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10 - Temperatura Média da Água (°C) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Transparência da Água

A transparência da água medida através do disco de Secchi registra a atenuação da radiação solar na coluna d'água, que varia conforme a presença de substâncias particuladas.

As radiações luminosas proporcionam a chamada “zona fótica”, que compreende a região da massa d'água iluminada com até 1% da luz solar condicionando processos biológicos, especialmente a fotossíntese. Em geral, 99% da radiação solar que atinge a água são absorvidas nos dez primeiros metros de profundidade (BRANCO, 1986; TUNDISI, 2008).

Os valores de transparência da água variaram de 0,07 m (TR40A - igarapé Bom Jardim) a 1,64 m (CT1 - rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro), ambos referentes ao período de vazante (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14**). Segundo CUNHA (2006), os rios de águas claras da região Amazônica, como o Tapajós, são caracterizados pela elevada transparência.

No presente diagnóstico, a calha do rio Tapajós apresentou níveis mais elevados de transparência da água, superiores a 0,44 m, com média de 0,86 m no ciclo hidrológico de 2012 (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/03**).

Os menores índices de transparência da água foram verificados, em geral, durante o período de enchente conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15**. Este fato reflete a maior concentração de carga de lavagem dos terrenos marginais em decorrência das primeiras chuvas normalmente incidentes nesta época do ano.

Para os tributários, os menores níveis de transparência são diretamente influenciados pelo uso do solo aliado ao regime de precipitações locais que contribui para o arraste de material sólido em suspensão (Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13). Dentre os tributários analisados, destacaram-se pela baixa transparência os cursos do Crepori (TR6), do Ratão (TR5A) e do Bom Jardim (TR40A), cujas águas, na maioria das campanhas, apresentaram altas concentrações de sólidos em suspensão decorrente das atividades garimpeiras.

Cabe destacar que alguns pontos localizados nos tributários apresentaram transparência total da água, como é o caso do igarapé Bathu (TR2) com profundidade do ponto de coleta igual a 0,4 m na seca, 0,8 m na vazante e 0,5 m na enchente; do rio Tucunará (TR2A) com profundidade de 0,6 m (seca); do rio Mariazinha (TR4) com profundidade de 0,6 m na enchente e do igarapé Jamanzinho (TR7) com profundidade de 0,7 m na campanha de seca. Esses pontos que deram transparência total não foram representados nos gráficos abaixo.

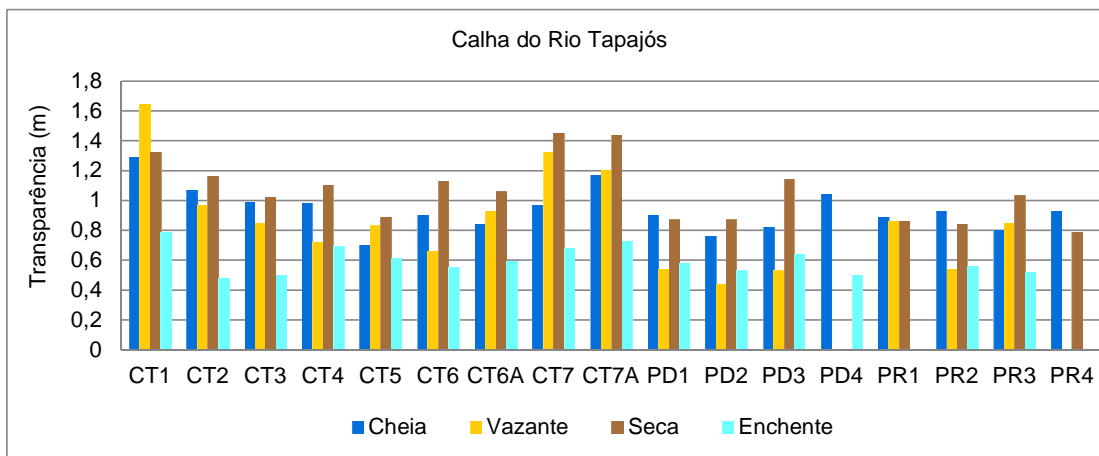


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 - Transparência da água (m) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012

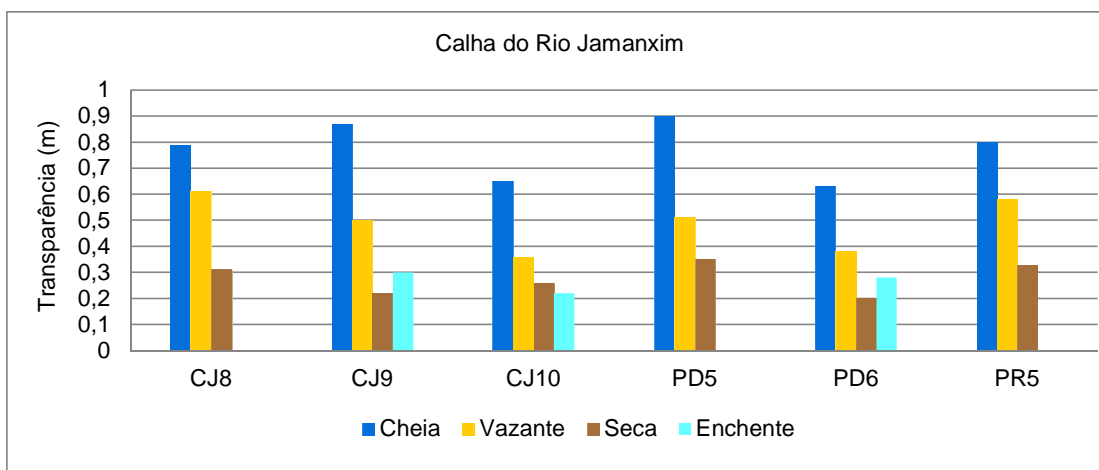


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 - Transparência da água (m) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

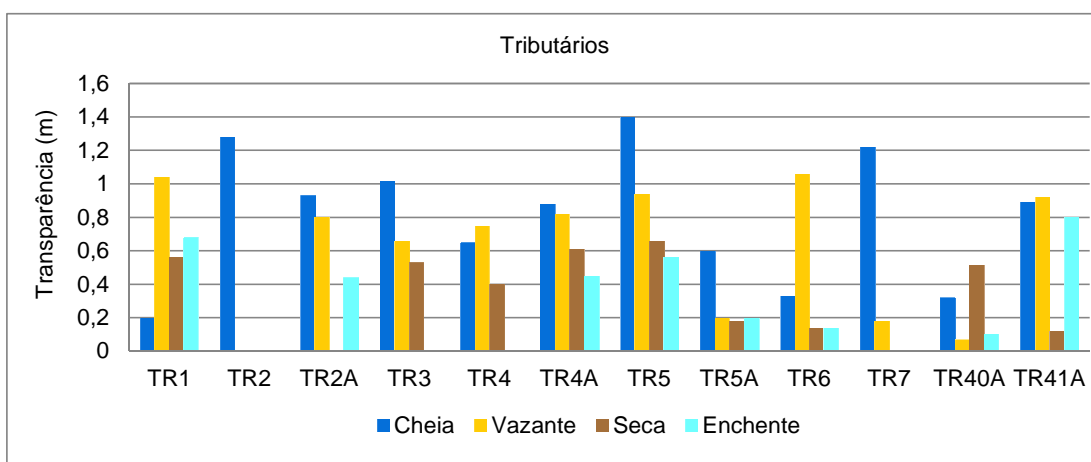


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 - Transparência da água (m) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

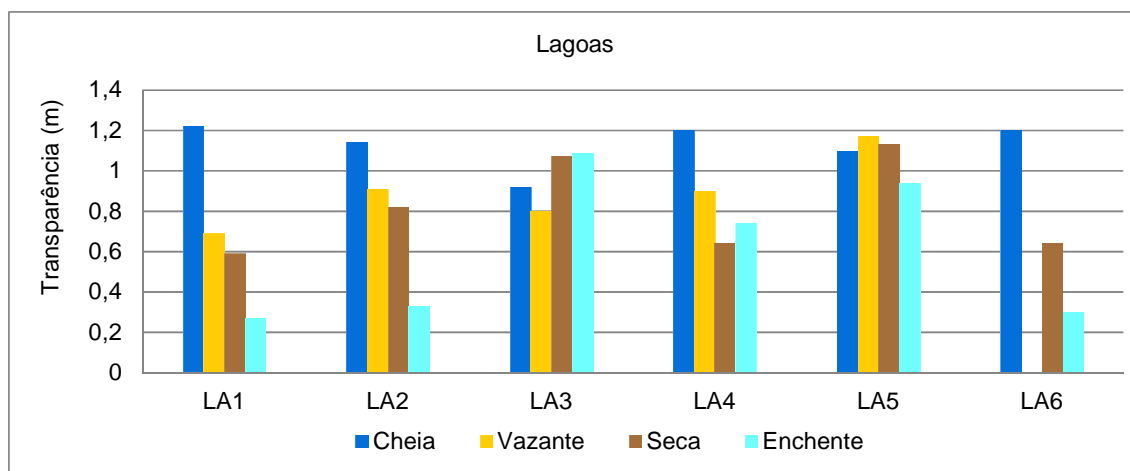


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14 - Transparência da água (m) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/03 - Síntese dos Resultados de Transparência da água (m) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,94	0,86	1,06	0,60	0,86
	Mínimo	0,70	0,44	0,79	0,48	0,44
	Máximo	1,29	1,64	1,45	0,79	1,64
	Desvio Padrão	0,15	0,33	0,21	0,09	0,27
	Erro Padrão	0,04	0,08	0,05	0,02	0,03
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,77	0,49	0,28	0,27	0,45
	Mínimo	0,63	0,36	0,20	0,22	0,20
	Máximo	0,90	0,61	0,35	0,30	0,90
	Desvio Padrão	0,11	0,10	0,06	0,04	0,23
	Erro Padrão	0,05	0,04	0,02	0,02	0,05
Tributários	n	12	12	12	10	46
	Média	0,81	0,68	0,41	0,42	0,58
	Mínimo	0,20	0,07	0,12	0,10	0,07
	Máximo	1,40	1,06	0,66	0,80	1,40
	Desvio Padrão	0,40	0,36	0,21	0,26	0,36
	Erro Padrão	0,11	0,10	0,06	0,08	0,05
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	1,13	0,89	0,82	0,61	0,86
	Mínimo	0,92	0,69	0,59	0,27	0,27
	Máximo	1,22	1,17	1,13	1,09	1,22
	Desvio Padrão	0,11	0,18	0,24	0,36	0,30
	Erro Padrão	0,05	0,07	0,10	0,15	0,06

LEGENDA: n – número de amostras **FONTE:** CNEC WorleyParsons, 2012

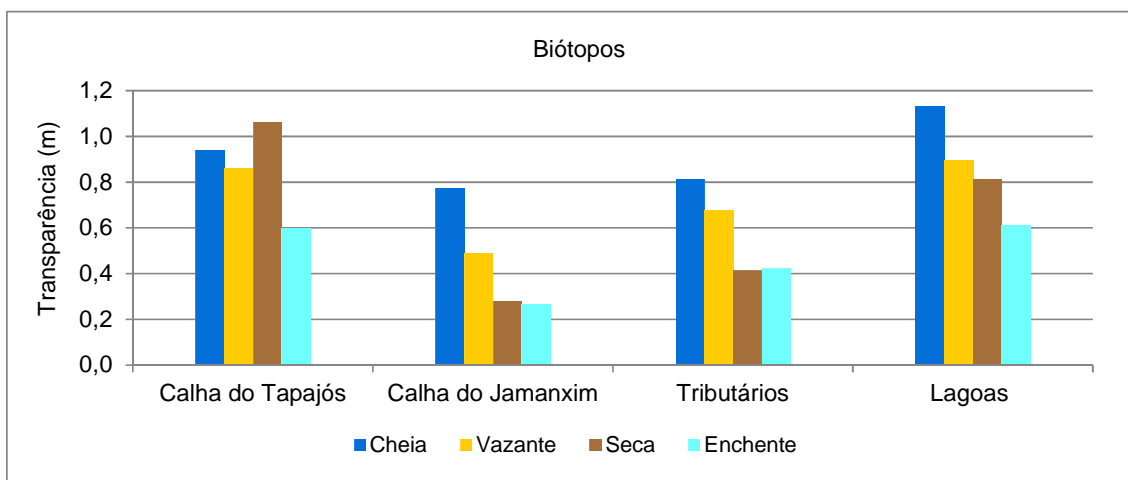


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15 – Valores Médios de Transparência da água (m) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade do meio aquático em conduzir corrente elétrica em função da concentração dos íons presentes, como cloretos, sendo influenciada pela temperatura e pH. Apesar de a Resolução CONAMA 357/2005 não apresentar padrões estabelecidos para a condutividade elétrica, valores elevados desta variável podem indicar a presença de esgotos domésticos ou de outra fonte de poluição.

Os resultados de condutividade elétrica variaram de 11,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (LA6 - lagoa do rio Tapajós - montante da confluência com o rio Crepori), durante o período de vazante, a 37,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PR5 – praia do rio Jamanxim), no período de seca, conforme mostram os **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19**.

Os menores índices de condutividade elétrica foram verificados no período de cheia em função da menor concentração de íons nas águas. Condição inversa foi observada durante o período de seca quando, de forma geral, foram registrados maiores índices de condutividade.

O **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04** apresenta a síntese dos resultados referentes às quatro campanhas de qualidade da água para os quatro diferentes biótopos amostrados.

Na avaliação dos biótopos da área de influência do AHE São Luis do Tapajós, foram observados no rio Jamanxim valores de condutividade elétrica relativamente mais elevados (média do ciclo hidrológico igual a 28,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Índices menos elevados de condutividade elétrica foram verificados no rio Tapajós (média do ciclo hidrológico

igual a 16,3 $\mu\text{S/cm}$), que registrou um padrão médio de pouca variação ao longo do ano (Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20**).

Resultado similar (14,5 $\mu\text{S/cm}$) também foi obtido no rio Tapajós, à altura de Itaituba em pesquisa realizada pelo HiBam (1997). Trabalho conduzido no baixo curso do rio Tapajós, desde a vila de São Luiz até sua foz no Amazonas (Duncan & Fernandes, 2010) revela também baixa condutividade no período de cheia, com média de 14,4 $\pm 13,1 \mu\text{S/cm}$.

Em geral, valores baixos de condutividade são característicos dos rios da Amazônia de águas claras, como é o caso do Tapajós e também do Xingu. Esses ambientes aquáticos são pobres em sais minerais, com baixo conteúdo de cálcio e de magnésio, o que confere também menor capacidade de tamponamento (OTCA; PNUMA; OEA, 2006), resultando em águas com pH levemente ácido a neutro (SIOLI, 1950; JUNK e FURCH, 1980 e FURCH et al, 1982, apud CETEM, 1997).

Na análise da condutividade elétrica nos perfis de profundidade, realizada para os pontos da rede de amostragem mais profundos (acima de 5 metros para ambientes lóticos e 3 metros para ambientes lênticos), foram verificadas pequenas variações. A máxima diferença foi obtida na lagoa do rio Tapajós - LA2 (jusante do futuro reservatório), no período de vazante, sendo 23,6 $\mu\text{S/cm}$ na superfície e 40,6 $\mu\text{S/cm}$ no fundo.

Os resultados indicam que, em geral, os pontos amostrados constituem ambientes de mistura completa condicionada pelo regime de altas vazões, conforme dados apresentados no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) – Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

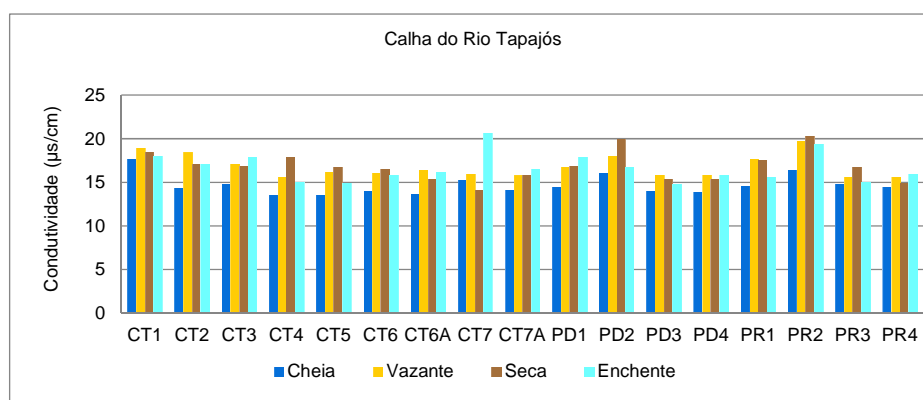


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16 - Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

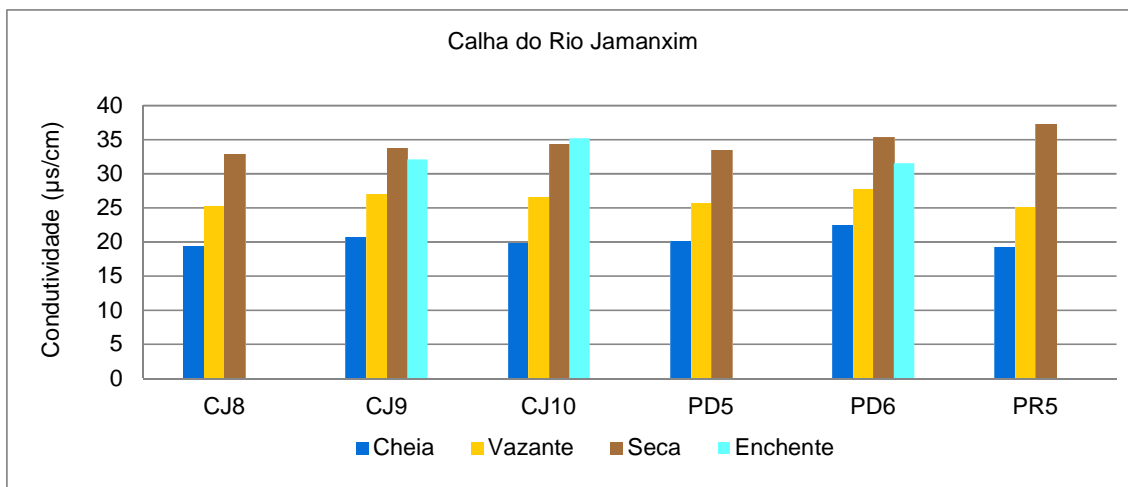


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 - Condutividade Elétrica (µS/cm) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

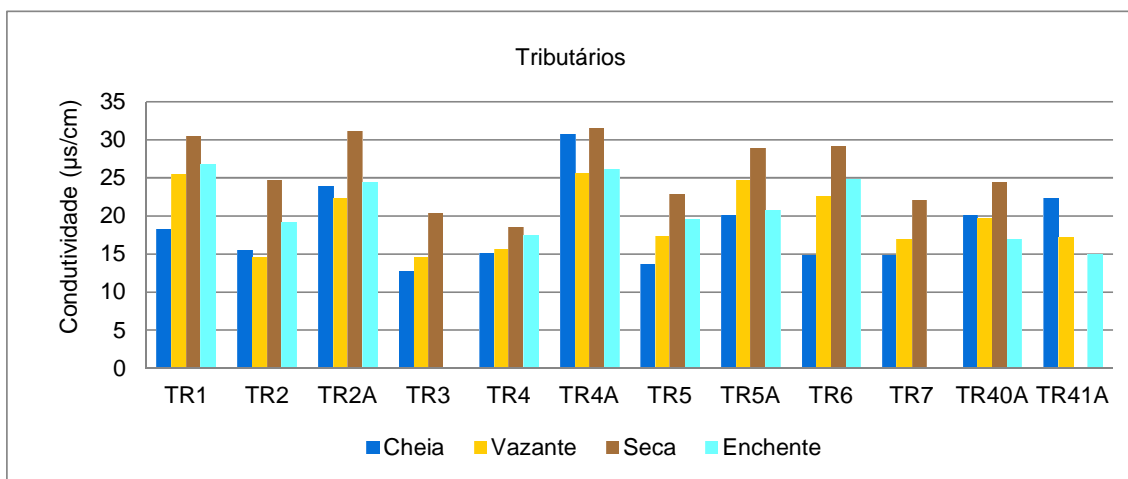


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/18 - Condutividade Elétrica (µS/cm) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

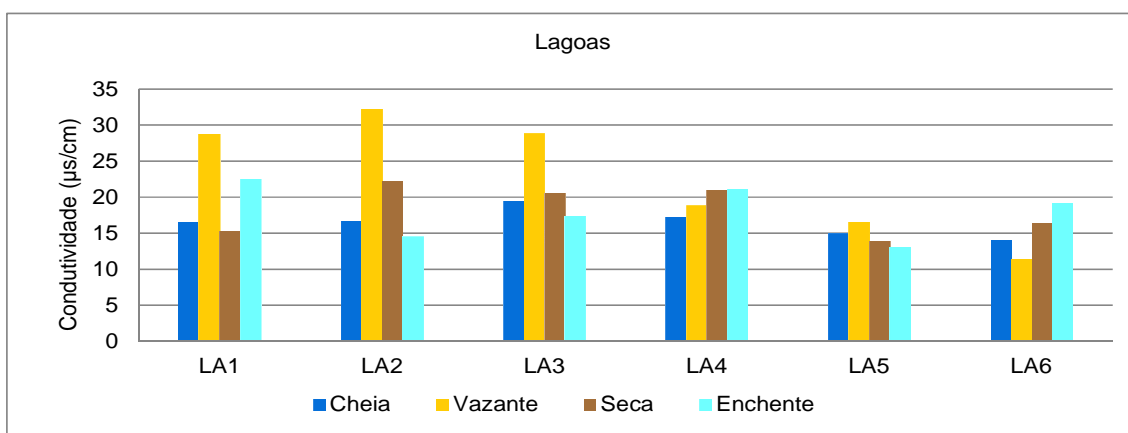


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19 - Condutividade Elétrica (µS/cm) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04 - Síntese dos Resultados de Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	14,66	16,81	16,84	16,68	16,24
	Mínimo	13,50	15,60	14,10	14,80	13,50
	Máximo	17,70	19,70	20,30	20,60	20,60
	Desvio Padrão	1,14	1,29	1,68	1,64	1,70
	Erro Padrão	0,28	0,31	0,41	0,40	0,21
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	20,27	26,23	34,48	32,93	28,48
	Mínimo	19,30	25,10	32,90	31,50	19,30
	Máximo	22,40	27,70	37,20	35,20	37,20
	Desvio Padrão	1,15	1,03	1,56	1,99	6,06
	Erro Padrão	0,47	0,42	0,64	1,15	1,32
Tributários	n	12	12	11	10	45
	Média	18,55	19,77	25,87	21,15	21,33
	Mínimo	12,80	14,60	18,50	15,00	12,80
	Máximo	30,80	25,60	31,60	26,80	31,60
	Desvio Padrão	5,25	4,23	4,62	4,18	5,26
	Erro Padrão	1,52	1,22	1,39	1,32	0,78
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	16,43	22,73	18,23	17,93	18,83
	Mínimo	14,00	11,40	13,90	13,10	11,40
	Máximo	19,40	32,20	22,20	22,40	32,20
	Desvio Padrão	1,88	8,30	3,46	3,65	5,20
	Erro Padrão	0,77	3,39	1,41	1,49	1,06

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

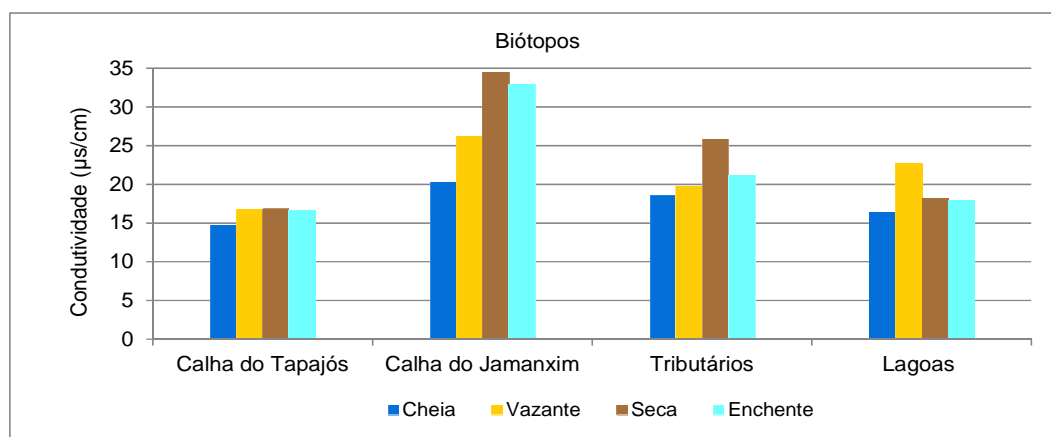


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 – Valores Médios de Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Oxigênio Dissolvido (OD) e Oxigênio Saturado

A concentração de oxigênio dissolvido nas águas é de alta relevância, pois condiciona a sobrevivência de seres aquáticos aeróbios. Na ausência de oxigênio dissolvido, passam a prevalecer no sistema aquático condições anaeróbicas, que interferem na sobrevivência de organismos aeróbios, inclusive peixes, além de contribuir para a formação de um ambiente redutor, tornando os metais pesados e os compostos de fósforo mais solúveis e biodisponíveis no ambiente.

Durante as quatro campanhas realizadas para o AHE São Luiz do Tapajós, os índices de oxigênio dissolvidos se mantiveram, em geral, acima de 5 mg/L, padrão mínimo regulamentado pela CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2.

As maiores incidências de valores abaixo deste padrão foram verificadas nas lagoas, com OD mínimo de 2,0 mg/L no ponto LA2 (lagoa do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório), durante o período de vazante. A máxima concentração de oxigênio dissolvido (8,0 mg/L) foi observada no ponto TR1 (rio Itapacurá - jusante do futuro reservatório), durante o período de seca, conforme mostram os **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24**.

O **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05** apresenta a síntese dos resultados de oxigênio dissolvido referentes às quatro campanhas de amostragem de qualidade da água, para os quatro diferentes biótopos avaliados.

As menores taxas de oxigênio dissolvido foram registradas nas lagoas que, em função das características próprias deste tipo de ambiente, de baixa circulação de água e de alta concentração de matéria orgânica, favorecem maiores depleções nos teores desse gás, conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25**. Contudo, nos horários de maior incidência solar, essa depleção pode ser compensada parcialmente com o oxigênio produzido pelas algas por meio do processo fotossintético.

As maiores vazões que caracterizam os rios Tapajós e Jamanxim e a presença de trechos de correnteza são propícios à oxigenação do ambiente, resultando em concentrações de oxigênio satisfatórias em toda a extensão amostrada ao longo do ciclo hidrológico.

Medições realizadas nos perfis de profundidade revelaram variações discretas nos valores de oxigênio dissolvido nas calhas e nos tributários, enquanto que nas lagoas as variações foram mais acentuadas, indicando uma tendência de decréscimo dos valores de oxigênio dissolvido próximo ao fundo, como mostra o Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a

7.4.1.1.2.6.2.3.2/20, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

No geral, a variação de oxigênio dissolvido esteve abaixo de 1,5 mg/L entre a superfície e o fundo desses pontos, com exceção para a lagoa do rio Tapajós LA4 (jusante do rio Mariazinha), no período de cheia, onde ocorreu 3,9 mg/L de diferença entre as concentrações de superfície e fundo.

A saturação de oxigênio dissolvido foi mínima, nos períodos de enchente e seca, na lagoa do rio Tapajós - LA5 (53,4%) e no rio Mariazinha - TR4 (68,7%), respectivamente. Verificou-se supersaturação em 15 pontos da calha do rio Tapajós (11 pontos na seca e 4 pontos na enchente), dois da calha do rio Jamanxim (PD5 e PD6 - período de seca), um dos tributários (TR1 - rio Itapacurá - período de seca) e um das lagoas (LA1 - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório - período de enchente), onde foram obtidos momentaneamente resultados superiores a 100% de saturação.

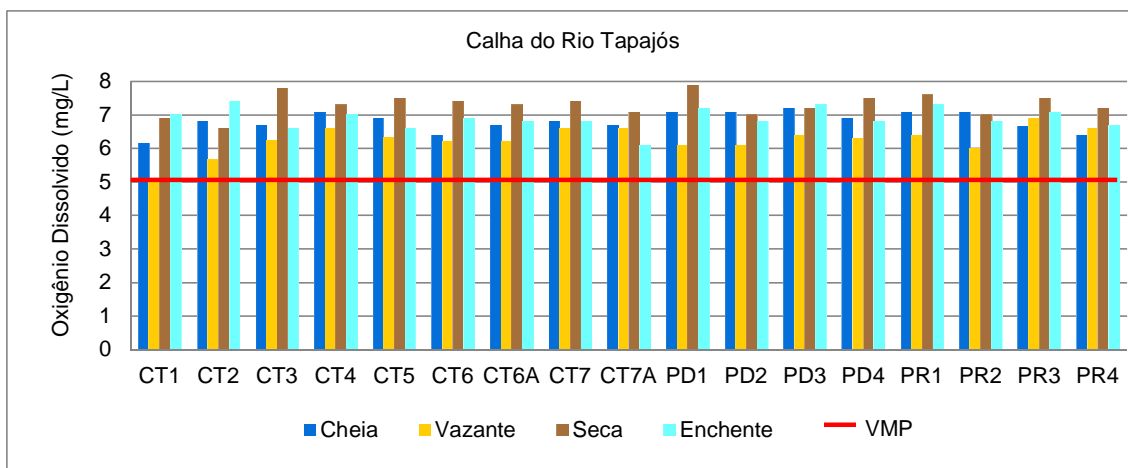


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Mínimo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

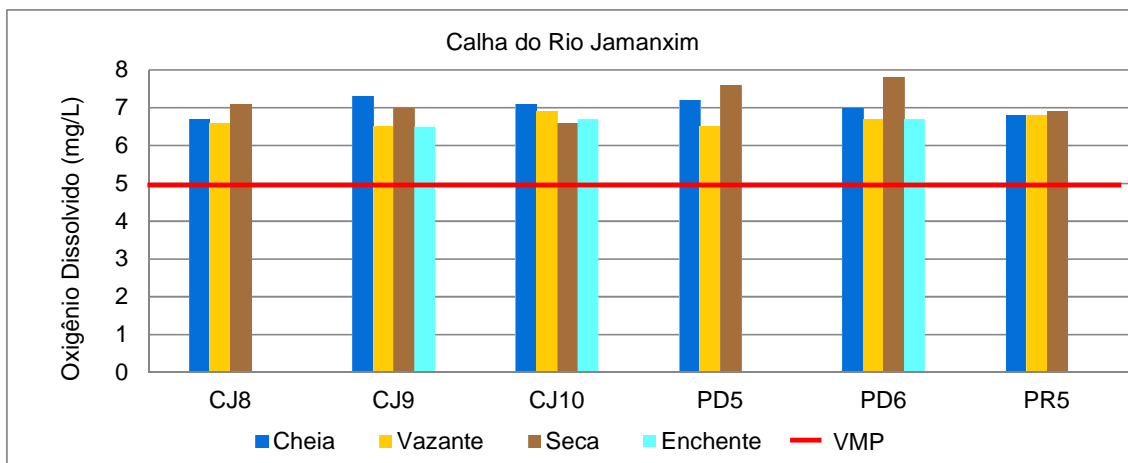


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/22 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

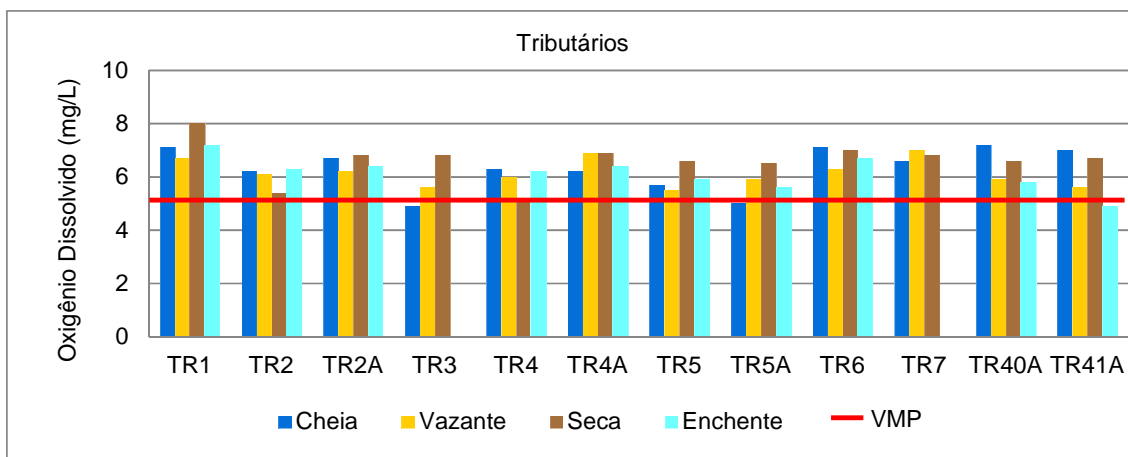


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

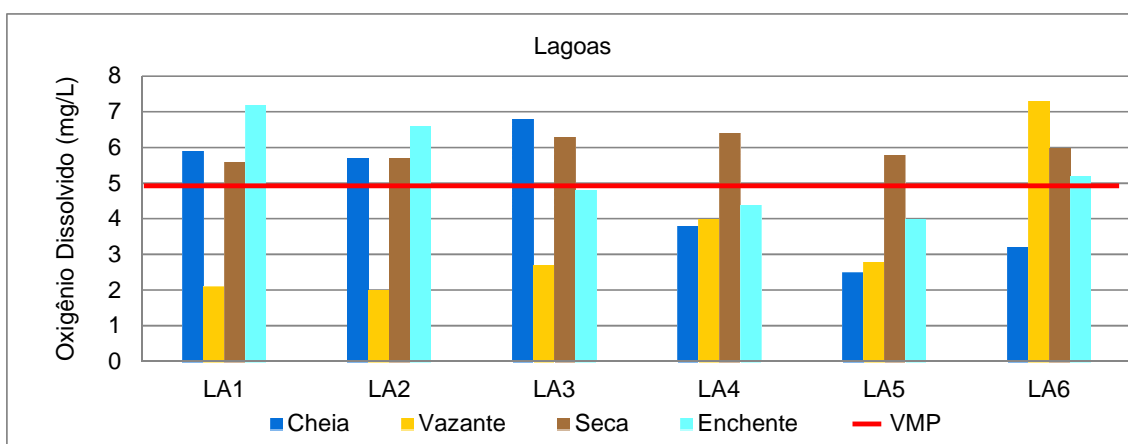


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 - Oxigênio Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Mínimo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 - Síntese dos Resultados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	6,81	6,26	7,31	6,89	6,82
	Mínimo	6,17	5,10	6,60	6,10	5,10
	Máximo	7,20	6,90	7,90	7,40	7,90
	Desvio Padrão	0,30	0,41	0,33	0,32	0,50
	Erro Padrão	0,07	0,10	0,08	0,08	0,06
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	7,02	6,67	7,17	6,63	6,87
	Mínimo	6,70	6,50	6,60	6,50	6,50
	Máximo	7,30	6,90	7,80	6,70	7,80
	Desvio Padrão	0,23	0,16	0,45	0,12	0,35
	Erro Padrão	0,09	0,07	0,18	0,07	0,08
Tributários	n	12	12	12	10	46
	Média	6,33	6,14	6,61	6,14	6,31
	Mínimo	4,90	5,50	5,20	4,90	4,90
	Máximo	7,20	7,00	8,00	7,20	8,00
	Desvio Padrão	0,79	0,50	0,72	0,63	0,68
	Erro Padrão	0,23	0,15	0,21	0,20	0,10
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	4,65	3,48	5,97	5,37	4,87
	Mínimo	2,50	2,00	5,60	4,00	2,00
	Máximo	6,80	7,30	6,40	7,20	7,30
	Desvio Padrão	1,72	2,00	0,33	1,27	1,67
	Erro Padrão	0,70	0,82	0,13	0,52	0,34

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

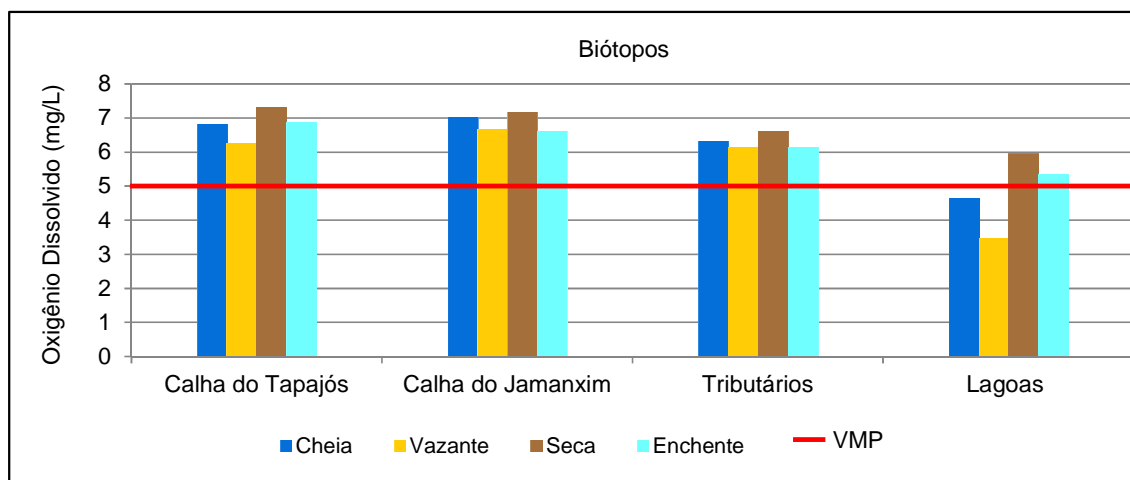


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 - Valores Médios de Oxigênio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Mínimo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra. Sua influência nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e na toxicidade de compostos diversos. A Resolução CONAMA 357/2005 determina, para águas classe 2, faixa de pH entre 6 a 9.

Durante as campanhas, o pH obtido através de medições diretas em campo variou entre 5,01 (TR4 - rio Mariazinha), durante o período de cheia, a 8,31 (PR1 - praia - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório), durante a campanha de enchente, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29**.

Medição de pH realizado no rio Tapajós em Itaituba pelo HIBAM no mês de outubro (ABDO et. al, 1997) mostra o mesmo valor (6,7) que a média constatada no presente diagnóstico na época seca. Segundo anteriormente mencionado, o baixo conteúdo de cálcio e de magnésio encontrado em rios de águas claras, como o Tapajós, confere menor capacidade de tamponamento, resultando em águas ácidas.

As amostragens conduzidas no âmbito do AHE São Luiz do Tapajós revelaram índices médios de pH ligeiramente mais elevados nos períodos de seca e enchente e menores nos períodos de cheia e vazante devido possivelmente à parcela da vegetação inundada que sofre decomposição biológica, resultando em maior nível de acidez das águas.

Essa mesma constatação foi observada no estudo desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM, 1997) na bacia do rio do Rato (ou Ratão), na qual evidenciou-se que a inundação de grandes áreas na época das chuvas leva ao carreamento de substâncias húmicas o que promoveu uma redução do pH neste rio (5,90-6,20).

No presente estudo, as lagoas tiveram em média menores índices de pH que os demais biótopos provavelmente em função do processo de decomposição da matéria orgânica que tende a se acumular neste ambiente (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30**).

Medições de pH efetuadas nos perfis de profundidade revelaram valores mais elevados nos períodos de seca e enchente, com máximo de 7,26 no ponto CT3 (rio Tapajós- jusante do futuro reservatório - montante de Itaituba; enchente), e menores nos períodos de cheia e vazante, com mínimo de 3,19 no fundo do ponto CT6 (rio Tapajós - jusante do rio Jutaí; cheia), mostrando uma ligeira tendência de redução em ambientes mais profundos.

A maior variação de pH, considerando os perfis de profundidade, foi constatada no ponto CT6 (rio Tapajós - jusante do rio Jutaí), na cheia, com valor equivalente à 6,13 na superfície e 3,19 no fundo. Em contrapartida, registrou-se menor variação no ponto CT7A (rio Tapajós - jusante do rio Crepori), com valor de 6,88 na superfície e 6,92 no fundo, como consta no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

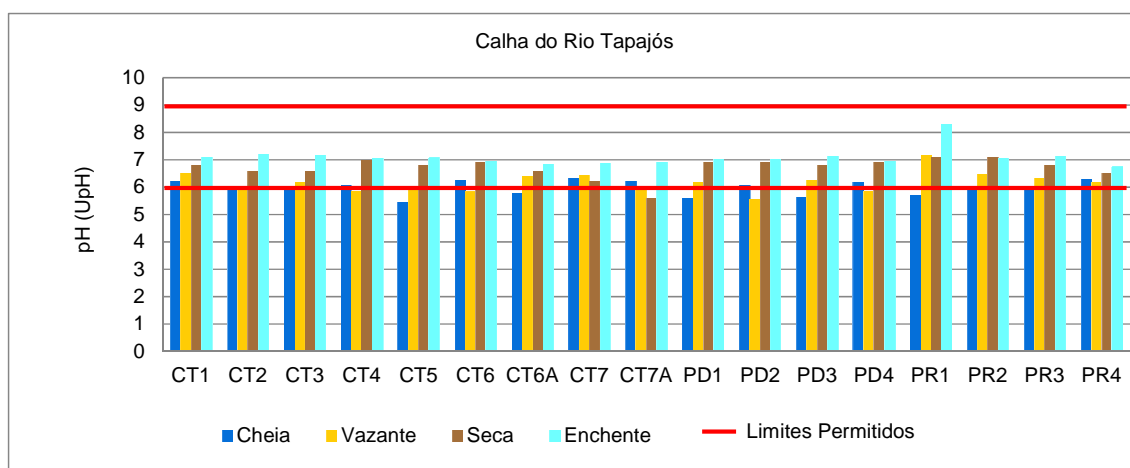


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 - pH (UpH) na Calha do Rio Tapajós -Ciclo Hidrológico 2012.

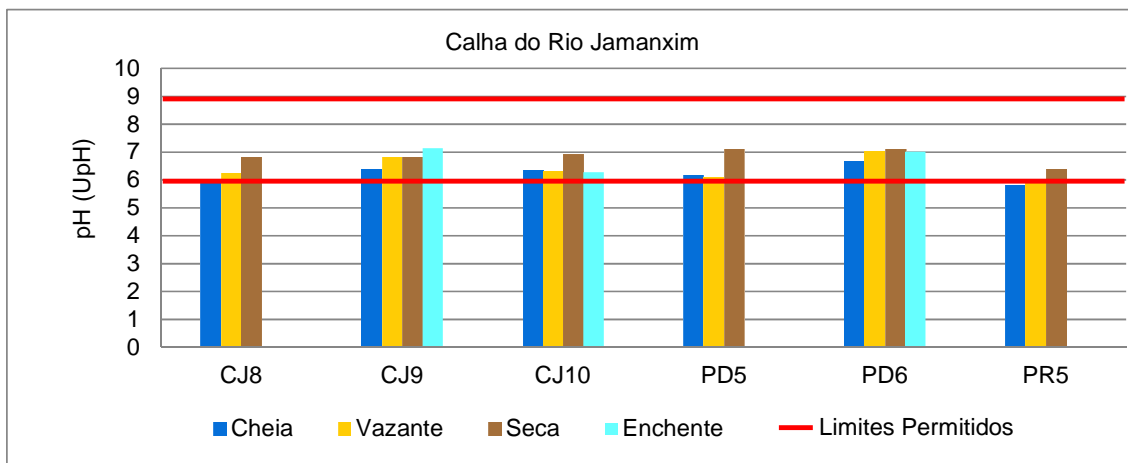


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/27 - pH (UpH) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

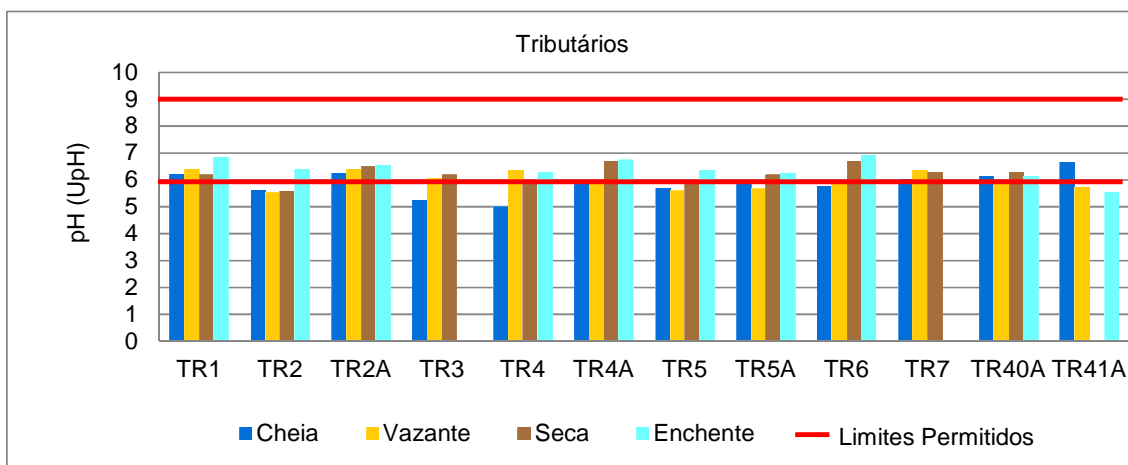


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/28 - pH (UpH) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

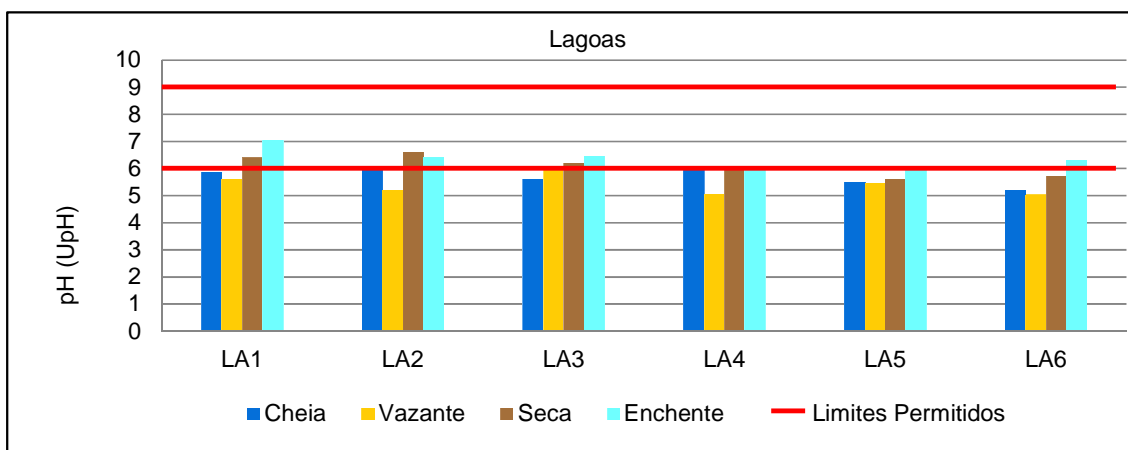


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 - pH (UpH) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/06 - Síntese dos Resultados de pH (upH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	5,98	6,19	6,71	7,09	6,49
	Mínimo	5,45	5,57	5,60	6,75	5,45
	Máximo	6,33	7,18	7,10	8,31	8,31
	Desvio Padrão	0,26	0,36	0,37	0,34	0,55
	Erro Padrão	0,06	0,09	0,09	0,08	0,07
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	6,21	6,41	6,85	6,81	6,57
	Mínimo	5,80	5,94	6,40	6,28	5,80
	Máximo	6,65	7,02	7,10	7,14	7,14
	Desvio Padrão	0,31	0,42	0,26	0,47	0,43
	Erro Padrão	0,13	0,17	0,11	0,27	0,09
Tributários	n	12	12	11	10	45
	Média	5,87	6,00	6,23	6,40	6,13
	Mínimo	5,01	5,52	5,60	5,52	5,01
	Máximo	6,65	6,40	6,70	6,91	6,91
	Desvio Padrão	0,45	0,32	0,33	0,40	0,42
	Erro Padrão	0,13	0,09	0,10	0,13	0,06
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	5,70	5,39	6,10	6,35	5,88
	Mínimo	5,22	5,04	5,60	5,94	5,04
	Máximo	6,01	5,99	6,60	7,05	7,05
	Desvio Padrão	0,30	0,37	0,39	0,41	0,51
	Erro Padrão	0,12	0,15	0,16	0,17	0,10

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

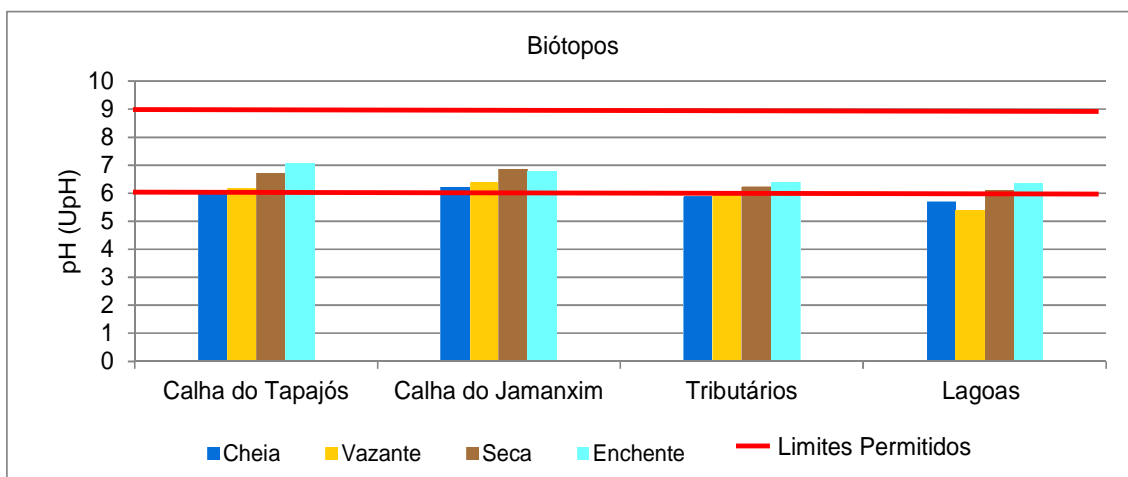


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 – Valores Médios de pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Potencial Redox

O potencial eletroquímico ou potencial redox (ORP - *Oxidation Reduction Potential*) é a espontaneidade, ou a tendência de uma espécie química adquirir elétrons e, desse modo, ser reduzida. Cada espécie tem seu potencial intrínseco de redução. Não há limites estabelecidos na legislação para esta variável.

Em síntese, o potencial redox quantifica a existência de oxidantes ou agentes redutores no meio líquido. Ambientes com potencial redox elevado são favoráveis à manutenção de microorganismos estritamente aeróbios, enquanto valores negativos do potencial indicam locais altamente redutores com déficit de oxigênio e favorecem o crescimento de organismos facultativos ou anaeróbios.

Em geral, os valores de potencial redox nos ambientes analisados na superfície da água variaram de 160 mV (LA1 - Lagoa do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório), durante a campanha de vazante, a 355 mV (PD6 - Pedral - rio Jamanxim - montante da cachoeira Santa Helena), durante o período de seca, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/31 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34**.

As amostragens revelaram, em média, valores ligeiramente mais elevados nos períodos de cheia e seca e índices mais reduzidos durante a vazante, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/07** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/35**. Entre os biótopos, as diferenças foram também pouco acentuadas, com uma tendência a resultados menores nas calhas do Tapajós e do Jamanxim, com valores médios durante o ciclo hidrológico entre 260 e 270 mV, respectivamente.

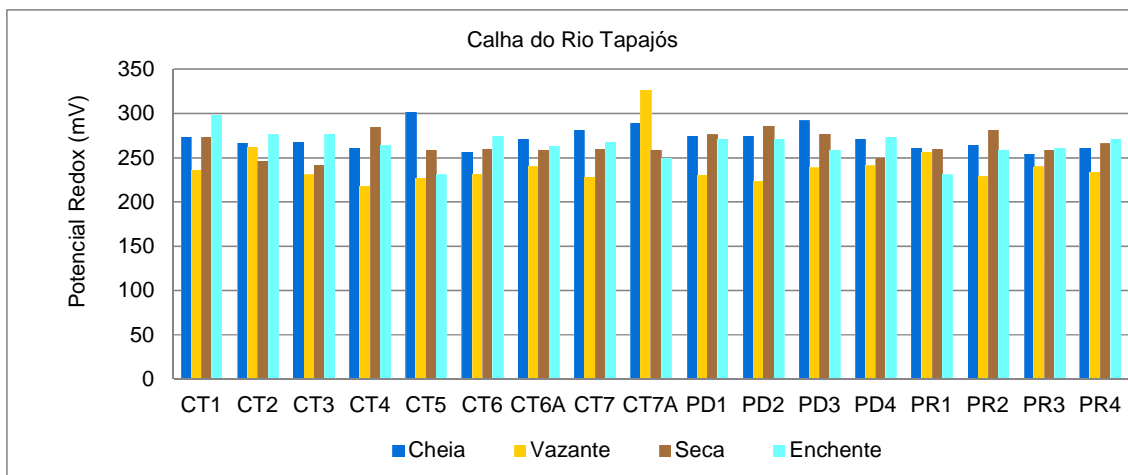


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/31 – Potencial Redox (mV) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

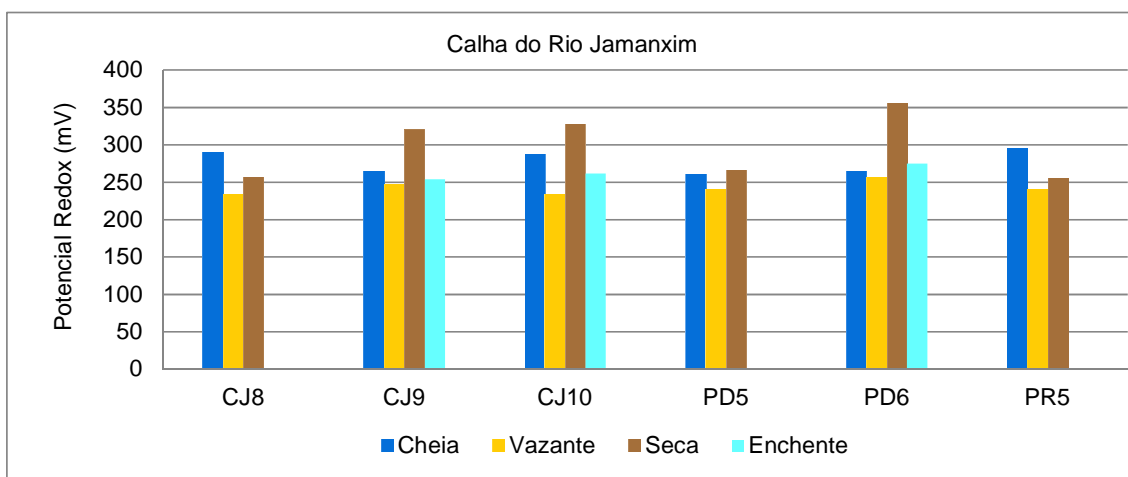


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/32 – Potencial Redox (mV) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

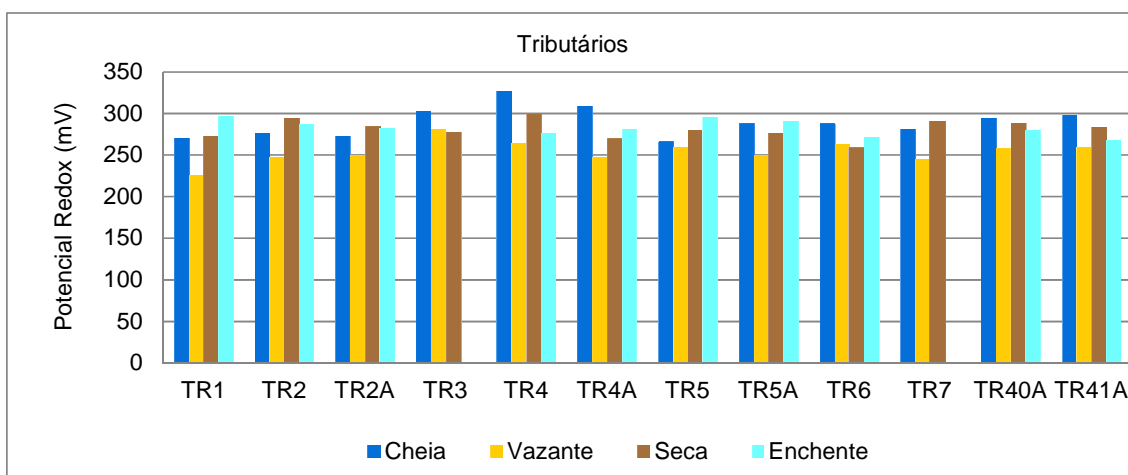


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33 – Potencial Redox (mV) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

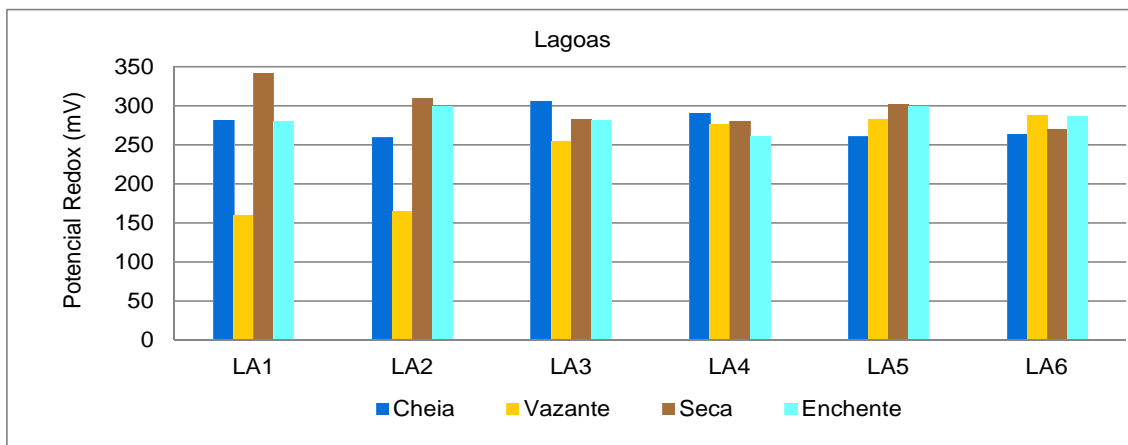


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34 – Potencial Redox (mV) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/07- Síntese dos Resultados de Potencial Redox (mV) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	271,71	240,73	264,41	264,47	260,33
	Mínimo	254,00	218,00	242,00	231,00	218,00
	Máximo	301,00	326,00	286,00	298,00	326,00
	Desvio Padrão	12,84	24,48	13,21	16,34	20,66
	Erro Padrão	3,11	5,94	3,21	3,96	2,51
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	277,17	242,00	296,67	263,67	269,88
	Mínimo	261,00	233,00	255,00	254,00	233,00
	Máximo	295,00	256,00	355,00	275,00	355,00
	Desvio Padrão	15,08	8,90	42,70	10,60	31,83
	Erro Padrão	6,16	3,63	17,43	6,12	6,95
Tributários	n	12	12	12	10	46
	Média	289,42	254,25	281,42	283,10	277,05
	Mínimo	266,00	226,00	259,00	268,00	226,00
	Máximo	327,00	281,00	299,00	297,00	327,00
	Desvio Padrão	17,90	13,38	11,13	9,67	19,07
	Erro Padrão	5,17	3,86	3,21	3,06	2,81
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	277,17	237,83	297,83	285,17	274,50
	Mínimo	259,00	160,00	270,00	262,00	160,00
	Máximo	306,00	288,00	342,00	300,00	342,00
	Desvio Padrão	19,03	59,45	26,19	14,26	39,56
	Erro Padrão	7,77	24,27	10,69	5,82	8,07

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

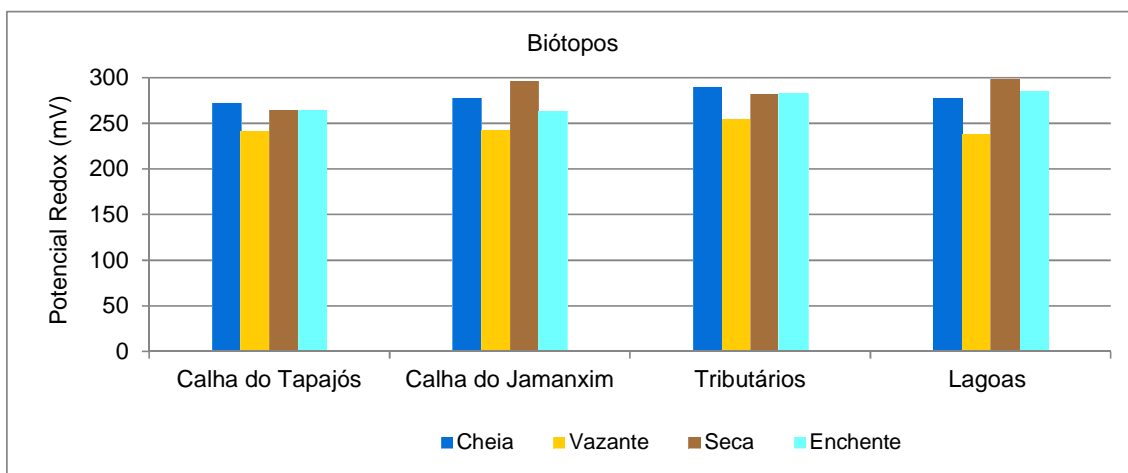


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/35 - Valores Médios de Potencial Redox (mV) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Turbidez

A turbidez da água é a medida da sua capacidade em dispersar luz em função das partículas em suspensão (silte, argila e microrganismos). Valores mais elevados de turbidez geralmente são observados na época chuvosa e podem interferir na atividade fotossintética dos corpos d'água.

As amostragens revelaram, de forma geral, índices de turbidez médios mais elevados nos períodos de seca e enchente e menores nos períodos de cheia e vazante. O valor de turbidez detectado no rio Tapajós em Itaituba pelo HIBAM no mês de outubro (ABDO et. al, 1997), de 6,5 UNT, equivale ao resultado médio registrado na calha do rio Tapajós na época seca (6,18 UNT) no diagnóstico do AHE São Luiz do Tapajós, caracterizando ambientes de águas límpidas com pouco material em suspensão.

A extrapolação do valor máximo permitido de 100 UNT, conforme determina a Resolução CONAMA 357/2005 para águas classe 2, foi verificada nos seguintes tributários: rio Jamanxim (CJ10 - montante do futuro reservatório) com 151 UNT, durante o período de enchente; rio Ratão (TR5A) com 318 UNT, durante o período de seca; rio Crepori (TR6) com 132 e 202 UNT, nas campanhas de seca e enchente, respectivamente, e igarapé Bom Jardim (TR40A) com 694 e 299 UNT, nas campanhas de seca e enchente, respectivamente, em função das atividades garimpeiras em desenvolvimento nestes mananciais (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/36 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/39**).

A extrapolação do valor máximo permitido de 100 UNT, conforme determina a Resolução CONAMA 357/2005 para águas classe 2, foi verificada nos seguintes

tributários: rio Jamanxim (ponto CJ10 - rio Jamanxim - montante do futuro reservatório) com 151 UNT, durante o período de cheia; rio Ratão (ponto TR5A) com 318 UNT, durante o período de seca; rio Crepori (ponto TR6 - rio Crepori) com 132 e 202 UNT, nas campanhas de seca e enchente, respectivamente, e igarapé Bom Jardim (ponto TR40A - igarapé Bom Jardim) com 294 e 694 UNT, nas campanhas de seca e enchente, respectivamente, em função das atividades garimpeiras em desenvolvimento nestes mananciais (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/36 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/39**).

As maiores incidências de valores que superaram o limite máximo de 100 UNT verificadas nos tributários analisados e na calha do rio Jamanxim estão fortemente influenciadas pelas atividades garimpeiras aliadas às baixas vazões que caracterizaram o período seco e o início da enchente no ano hidrológico de 2012. (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/40**).

Levantamento desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Mineral durante os anos de 1992/1993 na bacia do rio do Rato (ou Ratão) no contexto do Projeto Itaituba (CETEM, 1997) evidenciou que, no período de estiagem (setembro/outubro), esse curso d'água apresentava valores muito altos de turbidez, entre 300 e 1.000 UNT, devido ao aporte de material particulado proveniente do garimpo. Na época de cheia (janeiro a maio), verificaram-se baixos valores de turbidez, inferiores a 6 UNT, refletindo a diluição de sólidos em suspensão e a redução da atividade garimpeira na estação chuvosa.

Medições dos índices de turbidez realizadas nos perfis de profundidade no presente estudo revelaram variações muito discretas, mostrando tendência de mistura completa da coluna d'água. Obteve-se maior diferença no ponto da calha do rio Jamanxim - CJ10 (período de seca), variando de 72,4 UNT na superfície a 85,5 UNT no fundo. A menor variação foi constatada no ponto da calha do rio Tapajós - CT5 (período de seca) com 3,3 UNT na superfície e 2,9 UNT no fundo.

Os resultados assinalam, de forma geral, uma tendência natural de incremento destes índices próximo ao fundo, onde é maior a concentração dos sedimentos em suspensão. As medições realizadas constam no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

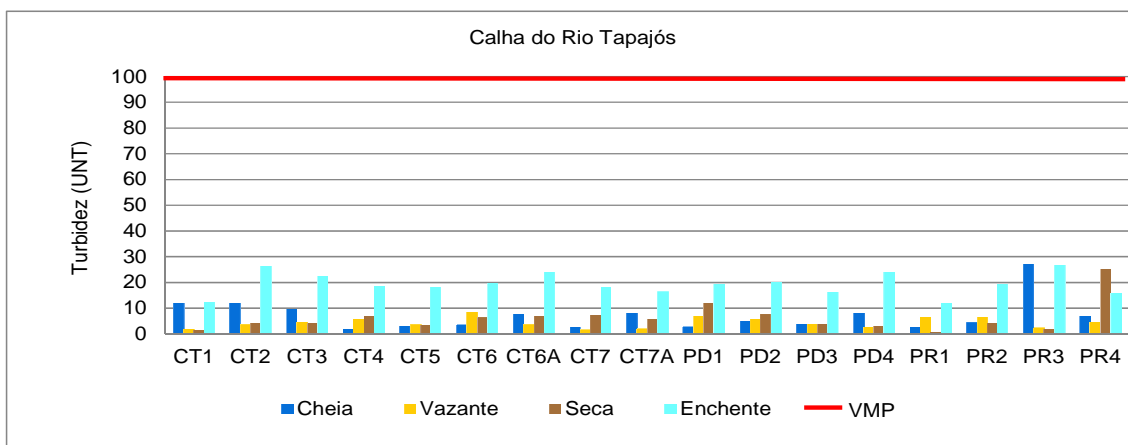


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/36 – Turbidez (UNT) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

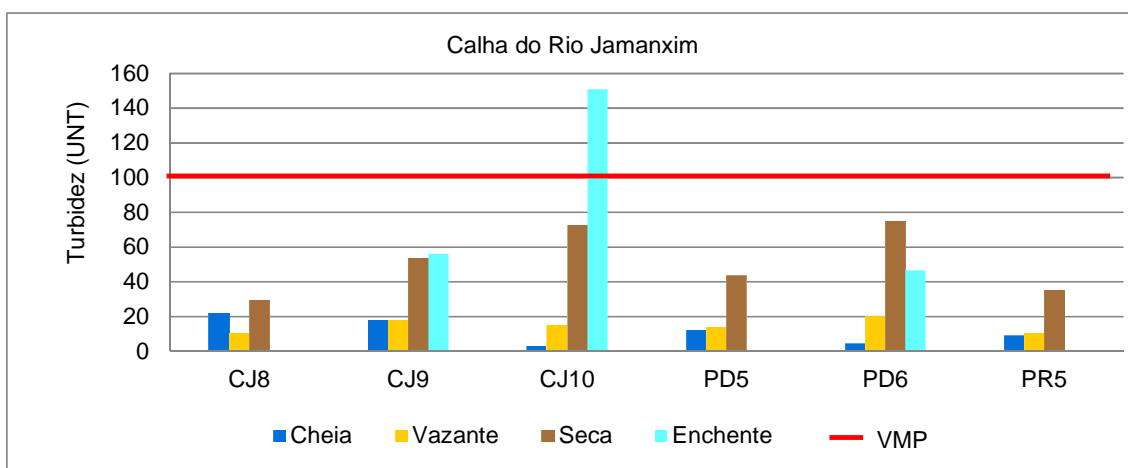


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/37 – Turbidez (UNT) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

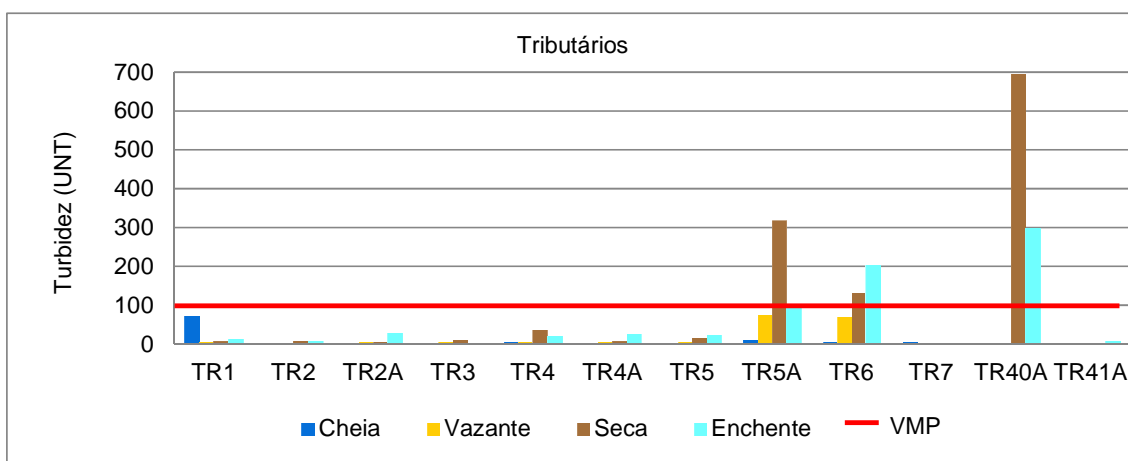


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/38 – Turbidez (UNT) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (100 UNT)

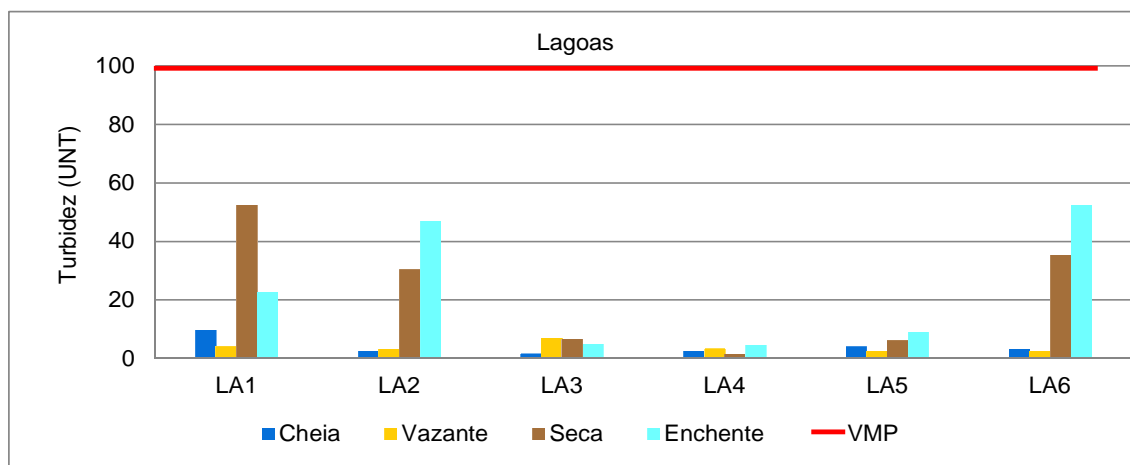


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/39 - Turbidez (UNT) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012).

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08 - Síntese dos Resultados de Turbidez (UNT) por Biótopo - AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	7,12	4,35	6,18	19,41	9,26
	Mínimo	2,00	1,60	0,70	11,84	0,70
	Máximo	27,00	8,20	25,00	26,70	27,00
	Desvio	6,07	1,98	5,57	4,32	7,58
	Erro Padrão	1,47	0,48	1,35	1,05	0,92
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	11,45	14,62	51,55	84,57	40,55
	Mínimo	3,20	10,20	29,40	46,50	3,20
	Máximo	22,00	20,00	74,80	151,00	151,00
	Desvio	7,44	3,93	18,94	57,74	34,38
	Erro Padrão	3,04	1,61	7,73	33,33	7,50
Tributários	n	10	10	11	10	41
	Média	10,66	17,78	112,39	72,16	53,25
	Mínimo	1,50	2,50	3,40	8,12	1,50
	Máximo	72,00	74,00	694,00	299,00	694,00
	Desvio	21,70	28,61	215,19	99,80	126,20
	Erro Padrão	6,86	9,05	64,88	31,56	19,71
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	3,82	3,63	21,98	23,44	13,22
	Mínimo	1,50	2,30	1,40	4,58	1,40
	Máximo	9,50	6,90	52,40	52,40	52,40
	Desvio	2,90	1,71	20,45	21,46	16,97
	Erro Padrão	1,18	0,70	8,35	8,76	3,46

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

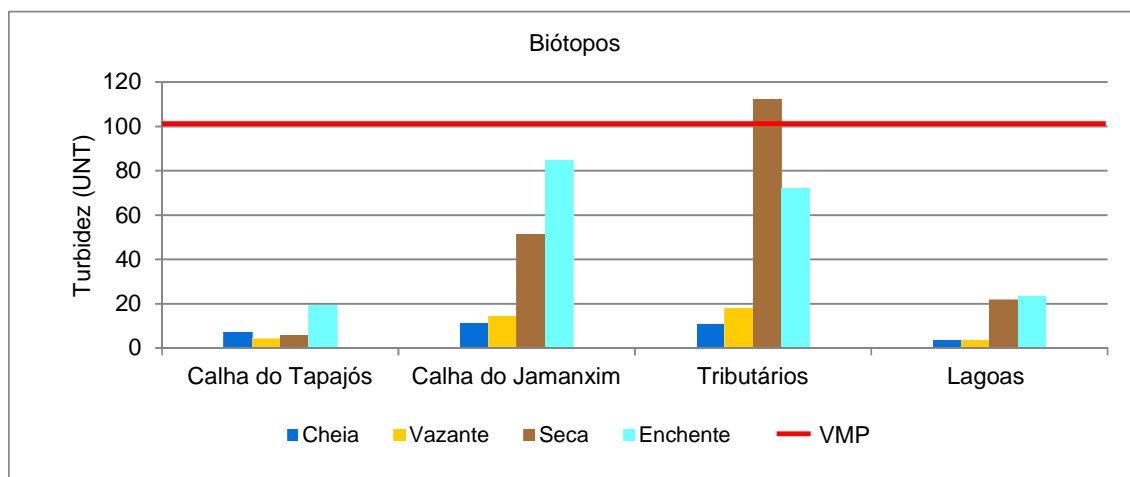


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/40 - Valores Médios de Turbidez (UNT) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (100 UNT)

- Salinidade

Salinidade refere-se à quantidade de sal na água devido à dissolução de minerais das rochas, do solo e da decomposição de material vegetal. O nível de salinidade em um corpo d'água depende dos ambientes geológicos e climáticos através dos quais o rio passa, aumentando a jusante, uma vez que os sais são continuamente adicionados através de processos naturais e antrópicos, tais como mineração, indústria e agricultura.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, águas doces têm salinidade variando entre 0 e 0,5 ‰; água salobra entre 0,5 e 30‰ e salinas acima de 30‰.

Em todos os pontos amostrados em campo através do uso de sondas, foram obtidos valores abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,1‰), indicando ambientes aquáticos típicos de águas doces. Os valores de salinidade verificados para os pontos amostrados se encontram no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/04, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29.

- Alcalinidade Total

Alcalinidade é a propriedade que o meio aquoso possui de neutralizar os ácidos, sendo aferida pela concentração de íons responsáveis pelo tamponamento do sistema hídrico, como bicarbonato, carbonato, além de hidroxila.

Resultados de alcalinidade entre 7,55 a 15,75 mg/L foram verificados no baixo rio Tapajós próximo à sua foz no Amazonas (MIRANDA et. al, 2009). Segundo esses autores, a alcalinidade verificada no rio Tapajós é devido a bicarbonatos, não sendo obtidos resultados relativos a hidróxicos e carbonatos.

Na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, também não foram encontrados resultados de alcalinidade de carbonato nas amostragens realizadas, de forma que os valores de alcalinidade de bicarbonato são equivalentes à alcalinidade total.

Considerando as quatro campanhas de qualidade da água, os dados de alcalinidade total variaram entre 7 mg/L (TR4 - rio Mariazinha) e 33 mg/L (CT1 - rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro), ambos detectados no período de cheia, segundo apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/41 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/44**.

As amostragens apontam índices de alcalinidade total ligeiramente mais elevados nos cursos dos rios Tapajós e Jamanxim, seguidos das lagoas e tributários. Em média, a alcalinidade durante o período hidrológico de 2012 se manteve na faixa entre 14,25 a 16,26 mg/L (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/45**).

Quanto à sazonalidade, verificaram-se nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim assim como nos tributários um padrão comum de comportamento, com maiores valores de alcalinidade total nos períodos de seca e enchente e menores valores no período de vazante. Em contraposição, nas lagoas ocorreram maiores resultados desse parâmetro nos períodos de cheia e vazante e menores no período de seca. Não há limites estabelecidos na legislação para esta variável.

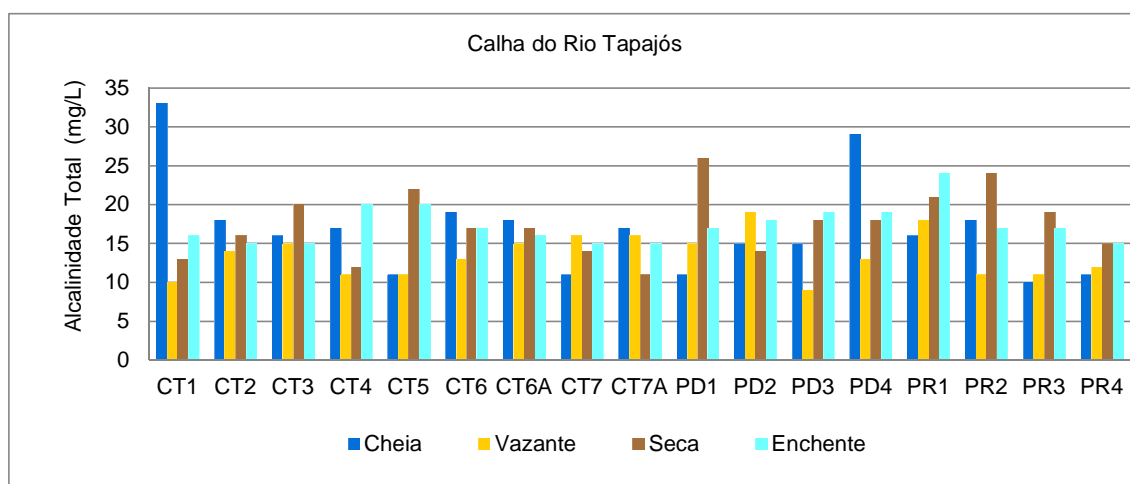


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/41 - Alcalinidade Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

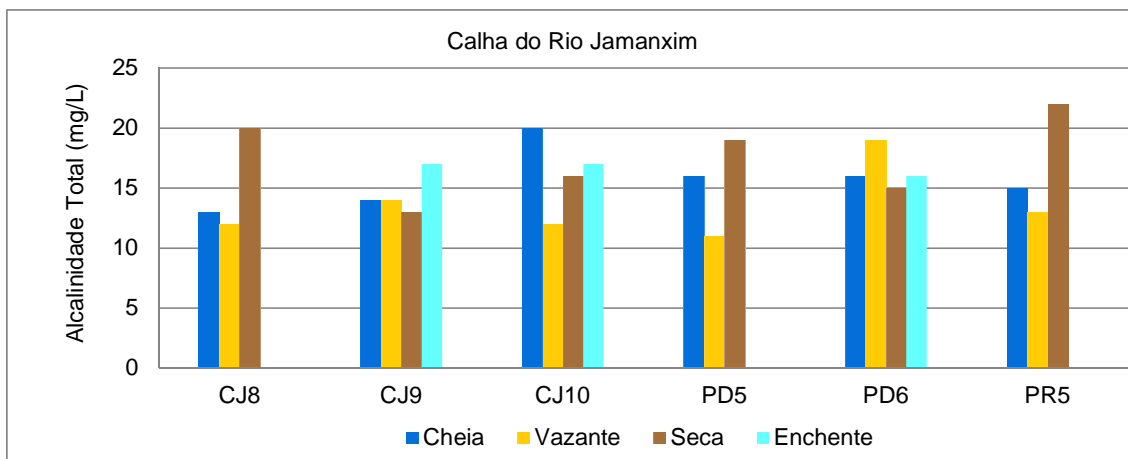


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/42 - Alcalinidade Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

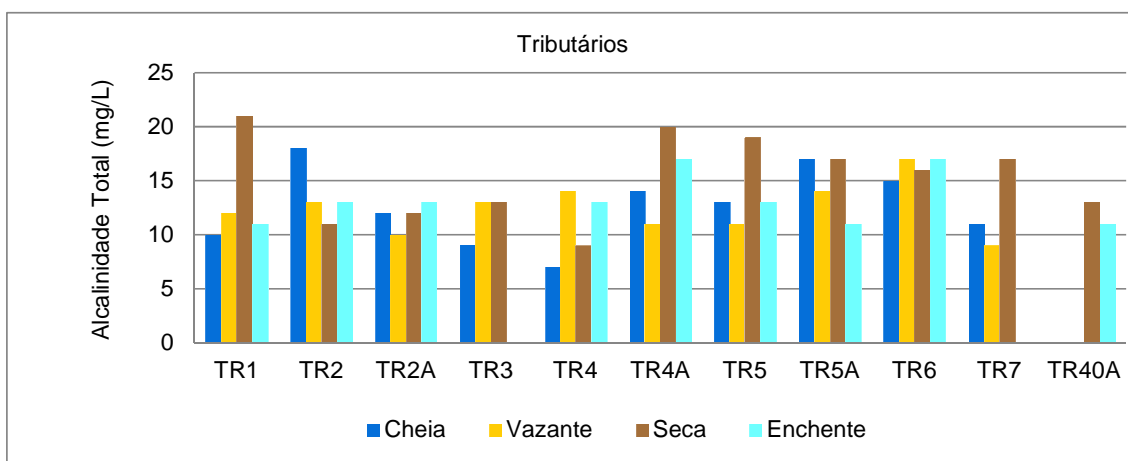


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/43 - Alcalinidade Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

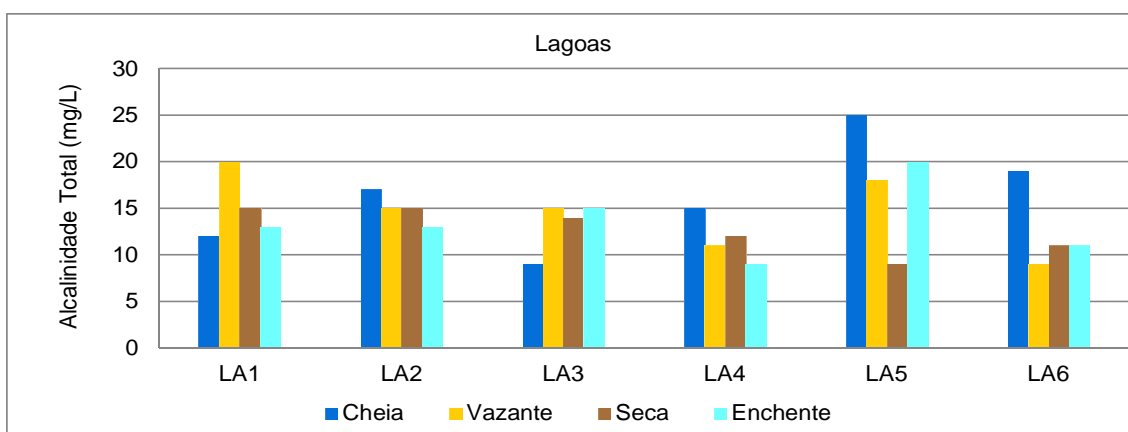


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/44 - Alcalinidade Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/09 - Síntese dos Resultados de Alcalinidade Total (mg/L) por Biótopo
- Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	16,76	13,47	17,47	17,35	16,26
	Mínimo	10,00	9,00	11,00	15,00	9,00
	Máximo	33,00	19,00	26,00	24,00	33,00
	Desvio Padrão	6,17	2,85	4,20	2,45	4,40
	Erro Padrão	1,50	0,69	1,02	0,59	0,53
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	15,67	13,50	17,50	16,67	15,83
	Mínimo	13,00	11,00	13,00	16,00	11,00
	Máximo	20,00	19,00	22,00	17,00	22,00
	Desvio Padrão	2,42	2,88	3,39	0,58	3,00
	Erro Padrão	0,99	1,18	1,38	0,33	0,66
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	12,60	12,40	15,27	13,22	13,37
	Mínimo	7,00	9,00	9,00	11,00	7,00
	Máximo	18,00	17,00	21,00	17,00	21,00
	Desvio Padrão	3,50	2,32	3,93	2,33	3,25
	Erro Padrão	1,11	0,73	1,18	0,78	0,51
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	16,17	14,67	12,67	13,50	14,25
	Mínimo	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
	Máximo	25,00	20,00	15,00	20,00	25,00
	Desvio Padrão	5,60	4,13	2,42	3,78	4,09
	Erro Padrão	2,29	1,69	0,99	1,54	0,83

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

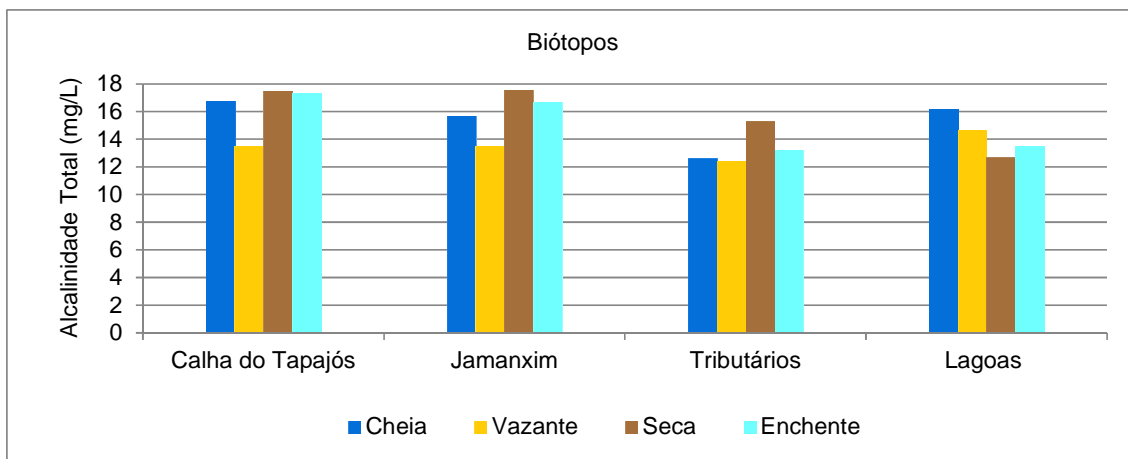


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/45 - Valores Médios de Alcalinidade Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Cloreto Total

O cloreto é amplamente distribuído nas águas naturais, apresentando geralmente concentrações elevadas em zonas costeiras e em regiões semiáridas, onde são registrados menores índices de precipitação e níveis de evaporação mais elevados. Condição contrária é verificada na região amazônica onde estes índices geralmente são bastante reduzidos, favorecidos principalmente pela elevada disponibilidade hídrica.

Pelo fato de ser um elemento conservativo, altas concentrações de cloreto podem indicar a contaminação das águas por atividades antrópicas. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece como limite o valor de 250 mg/L de cloreto para águas classe 2.

Em todos os pontos amostrados, verificaram-se concentrações muito baixas de cloreto, variando entre o mínimo de 1,0 mg/L, valor detectado na maioria dos pontos, e máximo de 3,0 mg/L nos pontos TR1 (rio Itapacurá), no período de cheia, e TR40A (igarapé Bom Jardim) na campanha de seca, conforme ilustrado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/46 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/49**.

Os índices de cloreto apresentam variações médias muito pequenas nos biótopos amostrados durante o ano hidrológico de 2012, entre 1,10 e 1,25 mg/L (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/50**).

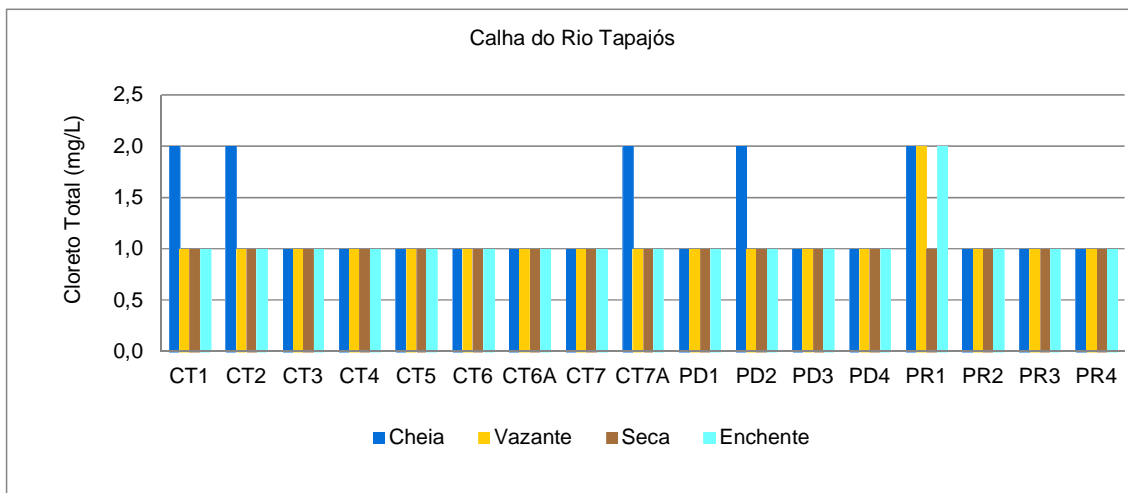


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/46 – Cloreto Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

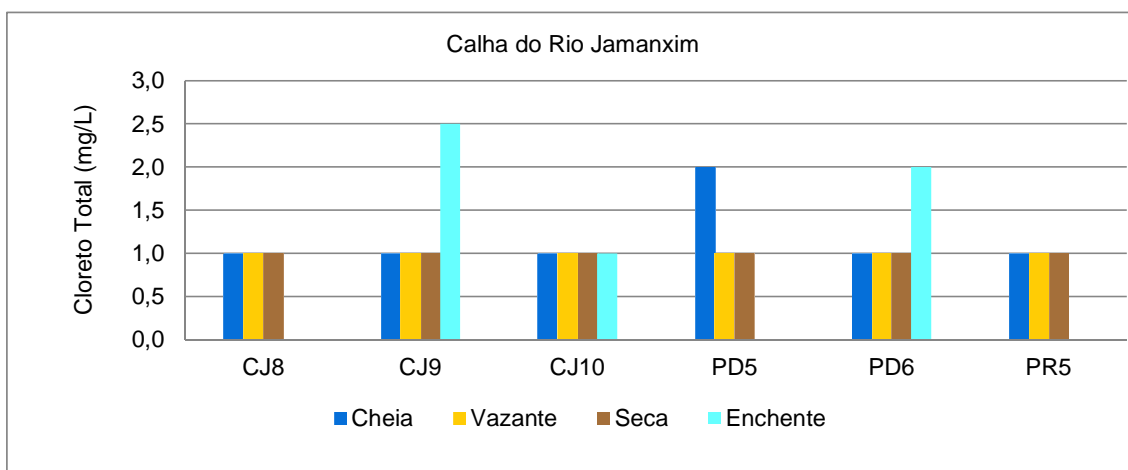


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/47 - Cloreto Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

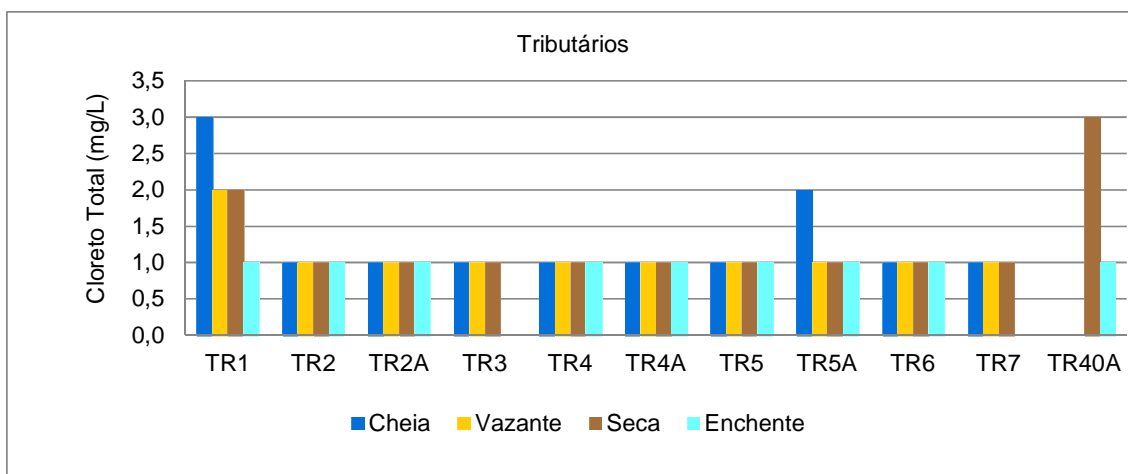


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/48 - Cloreto Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

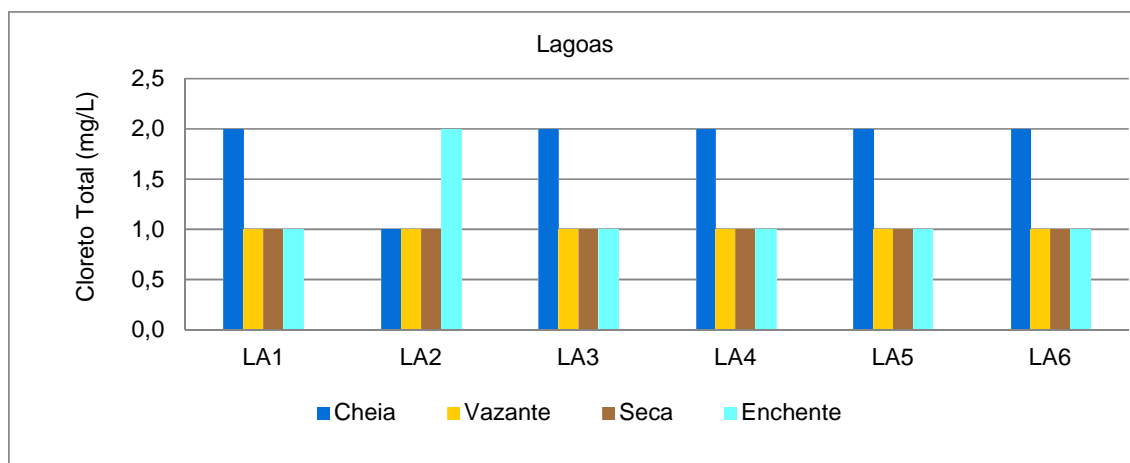


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/49 - Cloreto Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/10 - Síntese dos Resultados de Cloreto Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	1,29	1,06	1,00	1,06	1,10
	Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Máximo	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
	Desvio Padrão	0,47	0,24	0,00	0,24	0,31
	Erro Padrão	0,11	0,06	0,00	0,06	0,04
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	1,17	1,00	1,00	1,83	1,25
	Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Máximo	2,00	1,00	1,00	2,50	2,50
	Desvio Padrão	0,41	0,00	0,00	0,76	0,43
	Erro Padrão	0,17	0,00	0,00	0,44	0,09
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	1,30	1,10	1,27	1,00	1,17
	Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Máximo	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00
	Desvio Padrão	0,67	0,32	0,65	0,00	0,50
	Erro Padrão	0,21	0,10	0,19	0,00	0,08
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	1,83	1,00	1,00	1,17	1,25
	Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Máximo	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00
	Desvio Padrão	0,41	0,00	0,00	0,41	0,44
	Erro Padrão	0,17	0,00	0,00	0,17	0,09

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

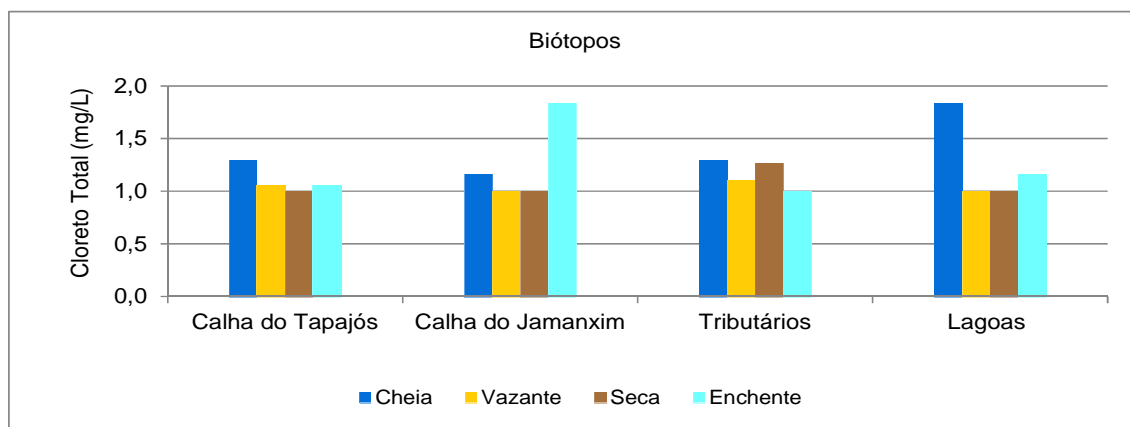


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/50 - Valores Médios de Cloreto Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Cor Verdadeira

A cor é um parâmetro estético, de especial interesse para mananciais destinados ao abastecimento público, já que níveis de coloração intensa tendem a causar rejeição das águas para consumo humano. Além disso, níveis elevados de cor podem estar associados a parâmetros de interesse sanitário, como floração de algas, presença de metais ou de outros contaminantes que causam problemas à saúde pública.

A cor verdadeira da água deve-se à presença de substâncias em solução, geralmente resultantes da decomposição de restos vegetais, tais como ácidos fúlvicos e húmicos, que conferem aos cursos d'água uma coloração amarelada ou marrom, assumindo tonalidade mais escura na presença de compostos de ferro. A cor aparente em uma amostra de água resulta da presença de substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão decorrendo em índices mais expressivos em relação aos valores obtidos para a cor verdadeira.

O rio Tapajós tem uma tonalidade natural esverdeada que se torna mais pronunciada no período seco, devido em parte à presença de algas (Santos e Ribeiro, 1988). Na época chuvosa, a introdução de sólidos a partir da bacia de drenagem e a ressuspensão dos sedimentos dos leitos dos rios através de atividades de garimpo afetam as propriedades óticas dos corpos d'água receptores através do aumento da cor e também da turbidez.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina o valor máximo de 75 mgPt/L de cor verdadeira para águas doces classe 2.

Nas quatro campanhas de amostragens de qualidade da água conduzidas na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, foram identificadas apenas três extrapolações

do valor máximo permitido para a cor verdadeira, com índice mais elevado verificado no ponto TR1 (rio Itapacurá) durante o período de cheia (125 mgPt/L). Na campanha de enchente, foram obtidas duas extrapolações, respectivamente nos pontos TR4 (rio Mariazinha) e LA4 (lagoa do rio Tapajós - jusante do rio Mariazinha) com 80 mgPt/L, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/51 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/54**.

Os resultados das amostragens não apontam um padrão comum de comportamento nas quatro campanhas, sendo, porém, detectados índices médios de cor verdadeira mais elevados no período de enchente em todos os diferentes biótopos analisados. Esse resultado reflete, possivelmente, as precipitações que ocorreram nesse período de coleta, principalmente nas lagoas e nos tributários. Em geral, os resultados mais baixos foram obtidos no período de vazante na calha do rio Tapajós, devido à menor introdução de cargas difusas, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/55**.

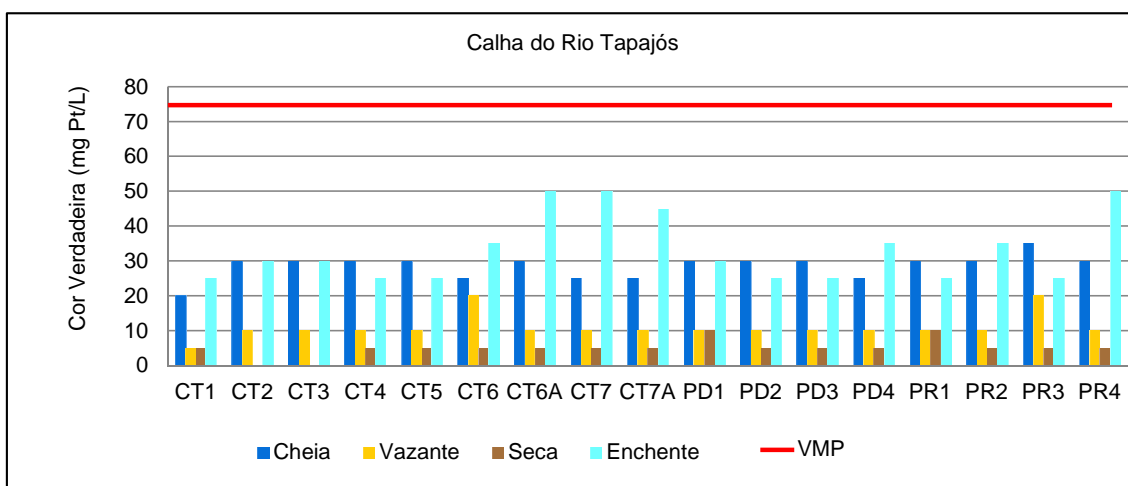


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/51 - Cor Verdadeira (mgPt/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (75 mgPt/L)

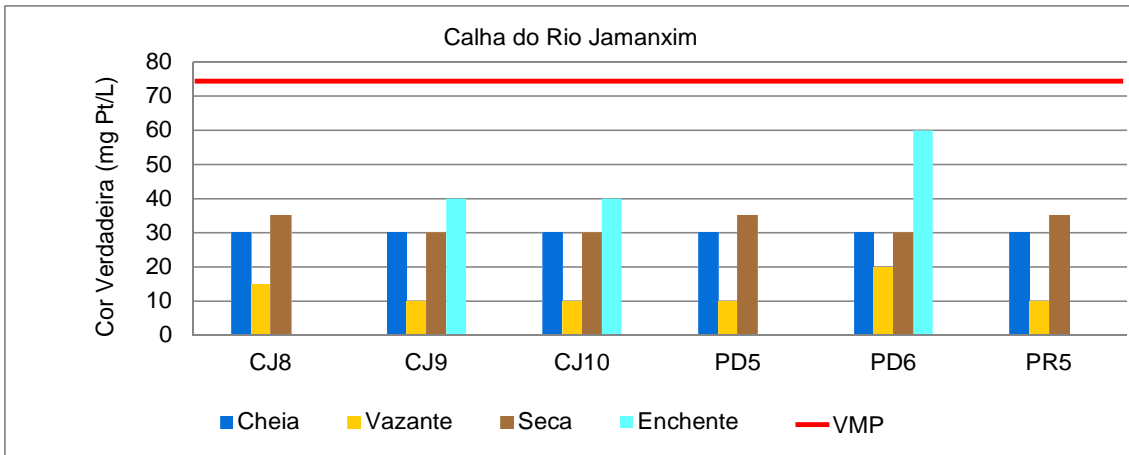


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/52 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

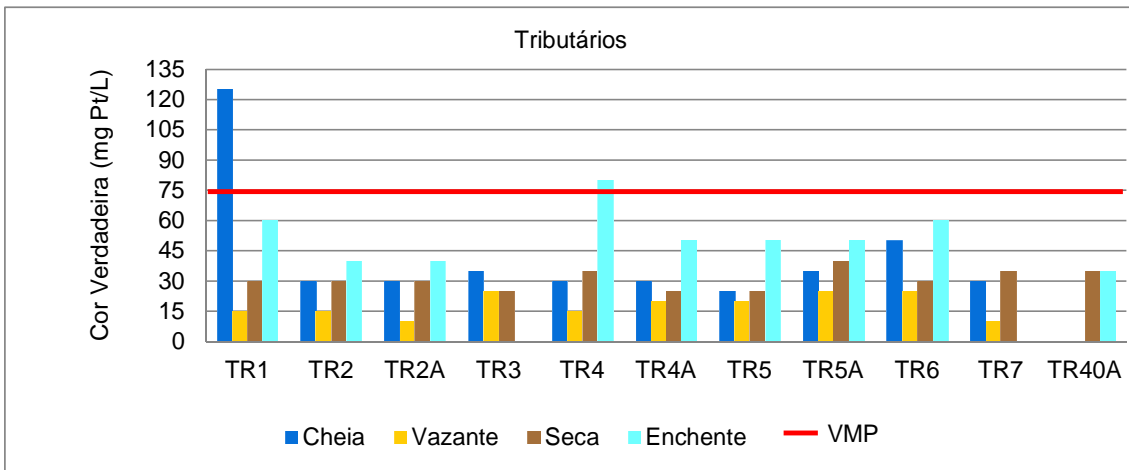


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/53 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

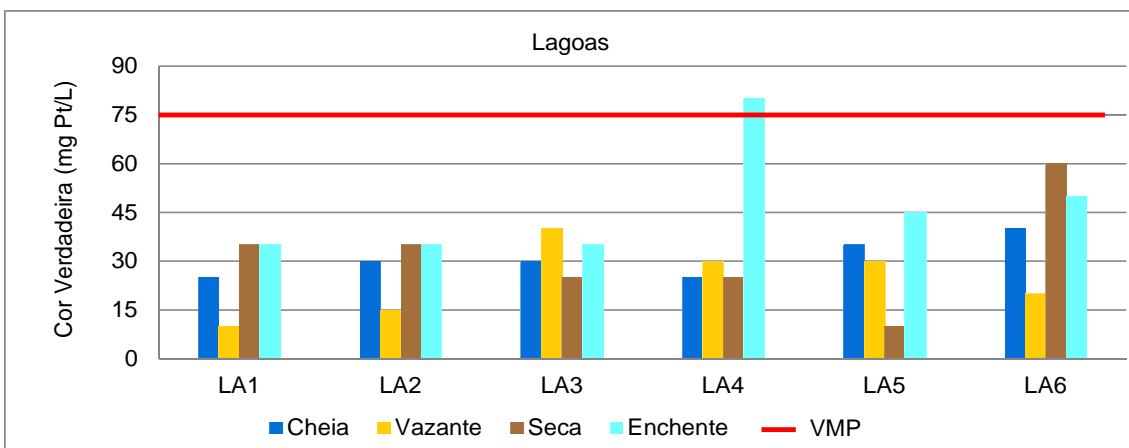


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/54 - Cor Verdadeira (mg Pt/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (75 mgPt/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/11 - Síntese dos Resultados de Cor Verdadeira (mg Pt/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	28,53	10,88	5,59	33,24	19,56
	Mínimo	20,00	5,00	<5	25,00	<5
	Máximo	35,00	20,00	10,00	50,00	50,00
	Desvio Padrão	3,43	3,64	1,66	9,67	12,86
	Erro Padrão	0,83	0,88	0,40	2,35	1,56
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	30,00	12,50	32,50	46,67	30,42
	Mínimo	30,00	10,00	30,00	40,00	10,00
	Máximo	30,00	20,00	35,00	60,00	60,00
	Desvio Padrão	0,00	4,18	2,74	11,55	12,30
	Erro Padrão	0,00	1,71	1,12	6,67	2,68
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	42,00	18,00	30,91	51,67	35,64
	Mínimo	25,00	10,00	25,00	35,00	10,00
	Máximo	125,00	25,00	40,00	80,00	125,00
	Desvio Padrão	29,93	5,87	4,91	13,69	20,36
	Erro Padrão	9,46	1,86	1,48	4,56	3,22
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	30,83	24,17	31,67	46,67	33,33
	Mínimo	25,00	10,00	10,00	35,00	10,00
	Máximo	40,00	40,00	60,00	80,00	80,00
	Desvio Padrão	5,85	11,14	16,63	17,51	15,23
	Erro Padrão	2,39	4,55	6,79	7,15	3,11

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

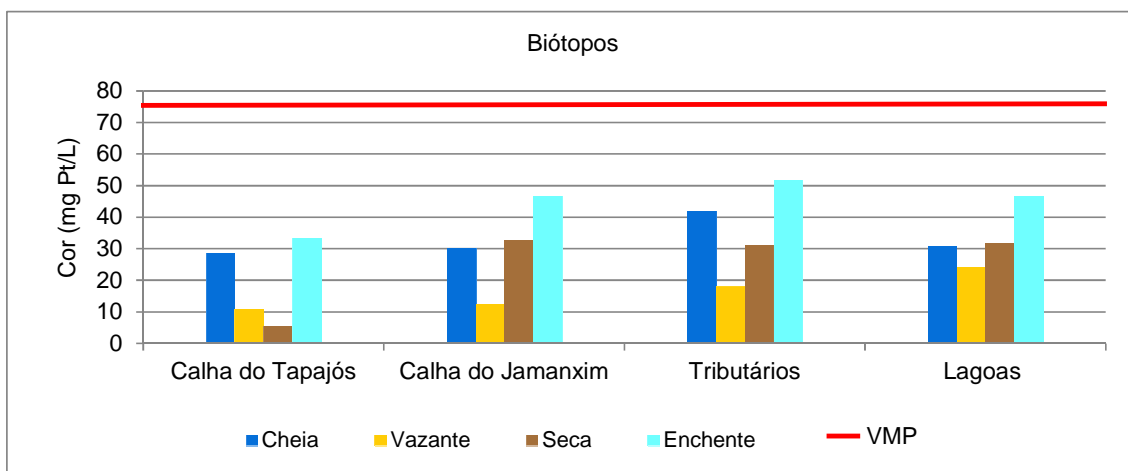


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/55 – Valores Médios de Cor Verdadeira (mg Pt/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (75 mgPt/L)

- Dureza Total

A dureza da água é a medida de sua capacidade de precipitar sabão, transformando esses compostos em complexos insolúveis, o que dificulta a formação de espumas. É causada principalmente pela presença de cálcio e de magnésio, além de outros cátions como ferro e manganês. Dureza total é a soma da dureza temporária (associada a carbonatos) com a dureza permanente (associada a sulfatos), sendo expressa em CaCO_3 (mg/L).

A principal fonte de dureza nas águas decorre da dissolução de rochas calcárias pelo gás carbônico durante sua passagem pelo solo; nesse sentido, as águas subterrâneas tendem a apresentar maior dureza em relação aos corpos hídricos superficiais. Valores de dureza compreendidos entre 0 a 75 mg/L conferem às águas a classificação de branda ou mole. Não há limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para esta variável.

Os resultados de dureza total obtidos na AID e ADA do AHE São Luiz do Tapajós foram em geral baixos, com valor máximo equivalente a 12 mg/L (TR2A - rio Tucunaré e LA5 - lagoa do rio Tapajós - montante do rio Crepori), verificados respectivamente nas campanhas de seca e vazante (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/56 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/59**).

As análises realizadas não assinalaram um padrão de variação sazonal bem definido para todos os biótopos, porém, foram verificados, de forma geral, índices de dureza

total ligeiramente superiores nas campanhas realizadas durante os períodos de vazante e seca. Os menores resultados foram obtidos nas campanhas desenvolvidas durante os períodos de cheia e enchente, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/60**.

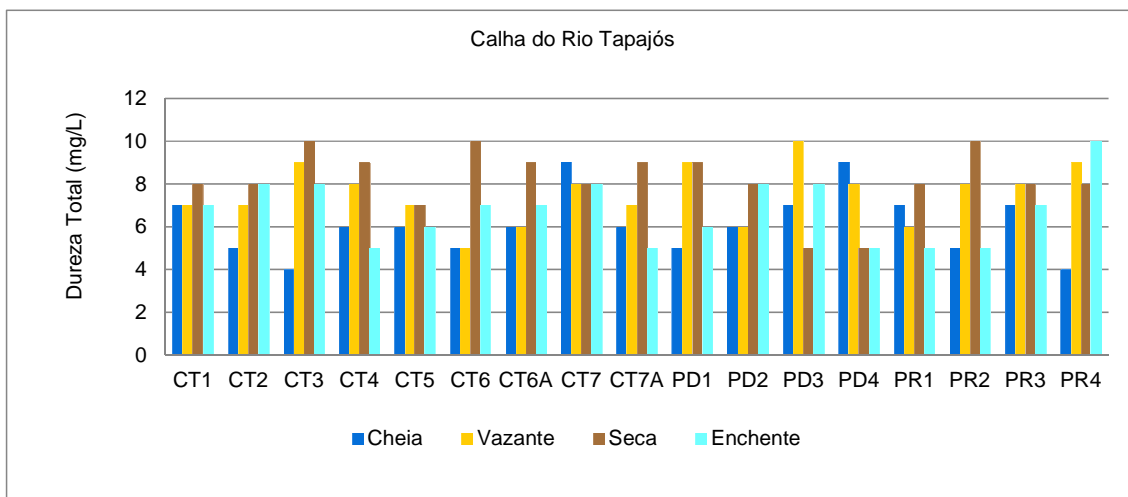


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/56 - Dureza Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

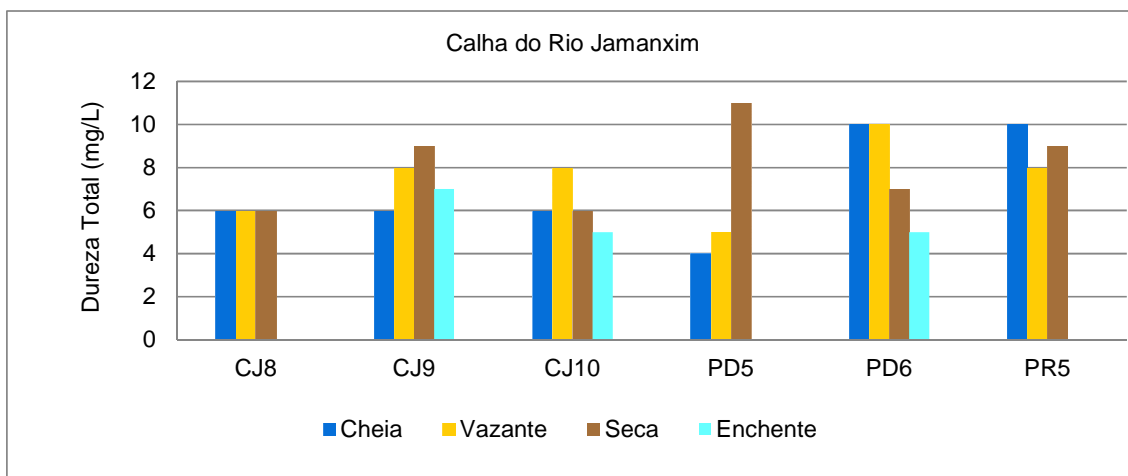


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/57 - Dureza Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

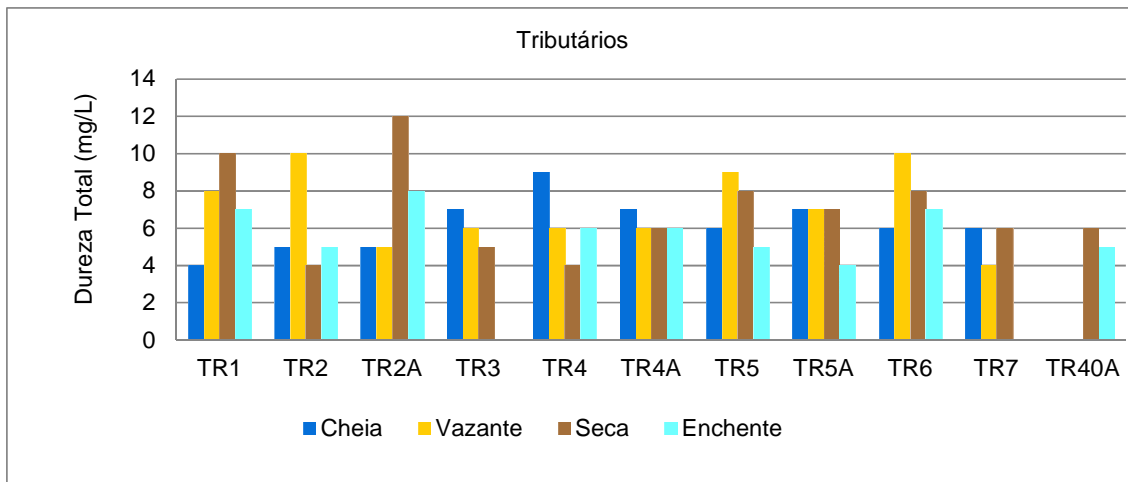


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/58 - Dureza Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

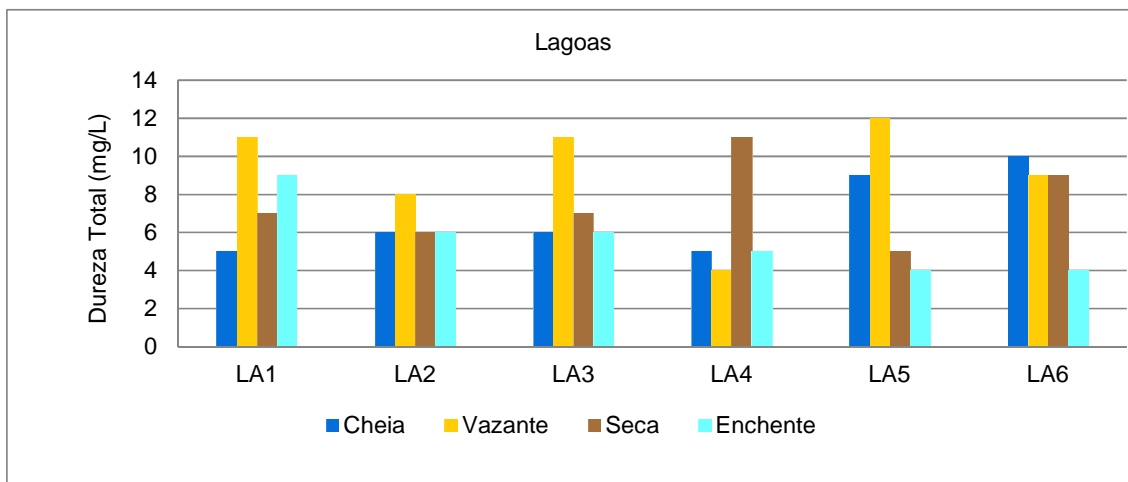


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/59 - Dureza Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/12 - Síntese dos Resultados de Dureza Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	6,12	7,53	8,18	6,76	7,15
	Mínimo	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00
	Máximo	9,00	10,00	10,00	10,00	10,00
	Desvio Padrão	1,45	1,33	1,47	1,48	1,60
	Erro Padrão	0,35	0,32	0,36	0,36	0,19
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	7,00	7,50	8,00	5,67	7,04
	Mínimo	4,00	5,00	6,00	5,00	4,00
	Máximo	10,00	10,00	11,00	7,00	11,00
	Desvio Padrão	2,45	1,76	2,00	1,15	2,00
	Erro Padrão	1,00	0,72	0,82	0,67	0,44
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	6,20	7,10	6,91	5,89	6,52
	Mínimo	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	Máximo	9,00	10,00	12,00	8,00	12,00
	Desvio Padrão	1,40	2,08	2,47	1,27	1,89
	Erro Padrão	0,44	0,66	0,74	0,42	0,30
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	6,83	9,17	7,50	5,67	7,29
	Mínimo	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00
	Máximo	10,00	12,00	11,00	9,00	12,00
	Desvio Padrão	2,14	2,93	2,17	1,86	2,51
	Erro Padrão	0,87	1,19	0,89	0,76	0,51

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

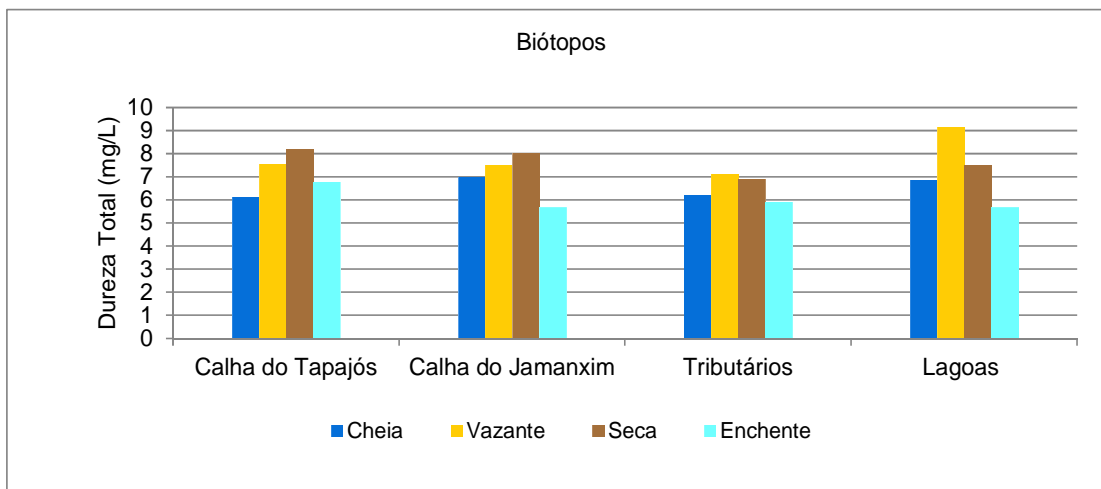


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/60 - Valores Médios de Dureza Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Ferro Dissolvido e Ferro Total

O ferro é um metal de transição amplamente encontrado na natureza. Nas águas superficiais, a presença de ferro é geralmente resultante do aporte de solos nas estações chuvosas e da ressuspensão de sedimentos. O ferro se encontra dissolvido na água na forma de bicarbonato ferroso (solúvel). Mediante a introdução do oxigênio, há formação de hidróxido férrico (insolúvel), que se precipita nos sedimentos, fenômeno que ocorre com maior velocidade em pH alcalino.

De acordo com Förstner e Wittmann (1983), o ferro é considerado um elemento “não-crítico” quanto à toxicidade. Apesar de não causar problemas à saúde, esse metal pode provocar o desenvolvimento de bactérias ferruginosas no sistema aquático.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina o valor máximo de 0,3 mg/L de ferro dissolvido para águas doces classe 2. Não há padrões nessa resolução para ferro total.

Os valores de ferro total variaram na campanha de cheia entre <0,03 mg/L (CT1 - rio Tapajós; PR5 - rio Jamanxim; TR4 - rio Mariazinha) e 1,14 mg/L (TR1 - rio Itapacurá); na vazante, entre 0,17mg/L (PR1- praia - rio Tapajós) e 2,48 mg/L (TR6 - rio Crepori); na seca, entre 0,14 mg/L (TR5 - igarapé Jutaí) e 2,39mg/L (TR4 - rio Mariazinha); na enchente, entre 0,45 mg/L (TR2A - rio Tucunaré) e 2,98 mg/L (TR6 - rio Crepori).

Segundo a classificação proposta por Sioli, 1950; Junk e Furch, 1980 e Furch *et al*, 1982, (CETEM, 1997), as águas claras, características do rio Tapajós, são relativamente enriquecidas em óxidos de ferro provenientes da lixiviação de solos

lateríticos. Levantamentos realizados por Miranda *et al.* (2009, *op. cit.*) evidenciam nas proximidades da foz do rio Tapajós altas concentrações de ferro dissolvido, entre 0,113 a 1,0 mg/L, acompanhado de elevado teor de alumínio.

Cabe destacar que a presença desses constituintes vem contribuir para a redução do fósforo na água por precipitação que, em condições oxidantes, ligam a espécies fosfatadas (por adsorção).

No presente estudo, a extrapolação do valor máximo permitido de ferro dissolvido para águas classe 2 foi verificada em quase 50% do total de amostragem obtida das quatro campanhas de qualidade da água, com índice máximo de 2,04 mg/L verificado no ponto TR6 (rio Crepori), durante o período de enchente, conforme apresentados nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/61 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/64**.

Conforme citado, as elevadas concentrações de ferro obtidas nas amostragens provêm da formação laterítica naturalmente encontrada na região amazônica e que apresenta altos teores deste elemento acompanhado também do alumínio e do manganês.

Não se observa um padrão sazonal comum de variação dos resultados de ferro dissolvido para os quatro biótopos amostrados no ciclo hidrológico de 2012. No entanto, pode-se notar uma incidência de concentrações bem mais expressivas na campanha de enchente, possivelmente em função da carga de lavagem derivada das primeiras chuvas mais intensas normalmente observadas neste período (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/65**).

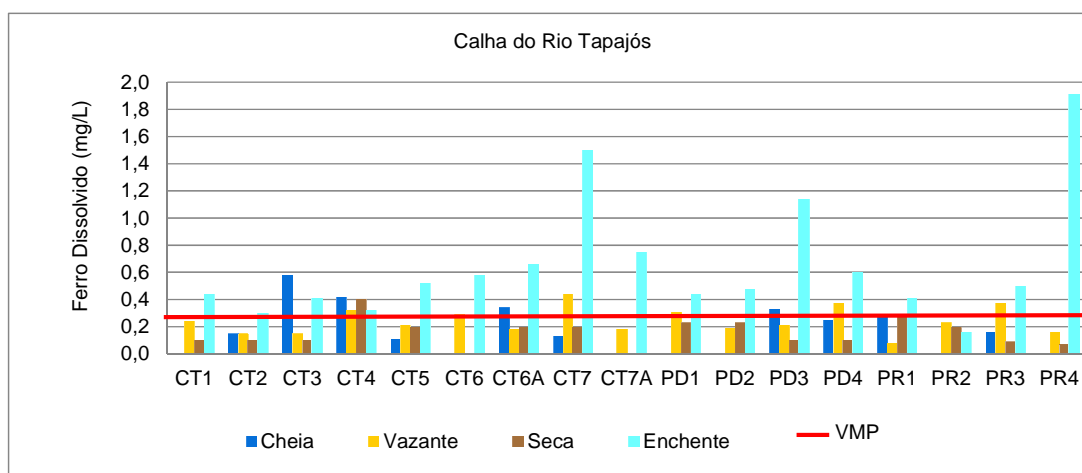


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/61 - Ferro Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L)

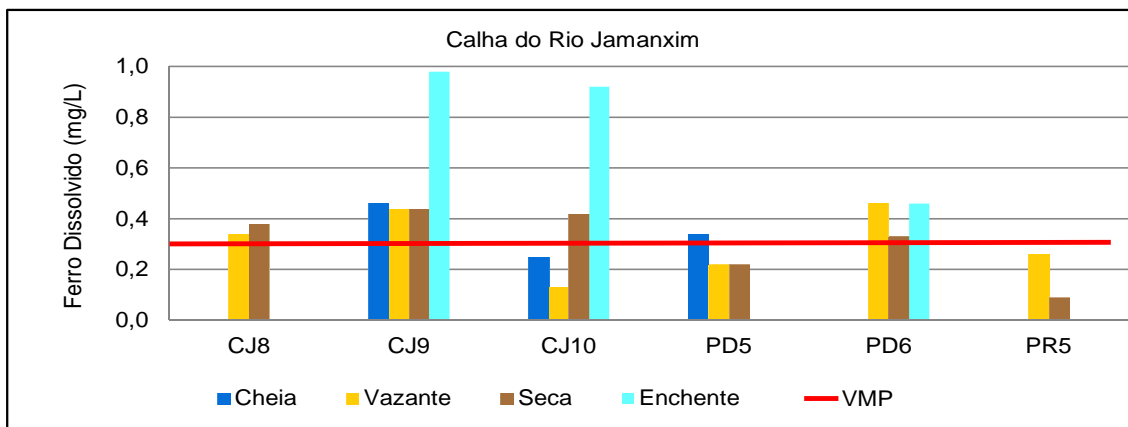


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/62 - Ferro Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

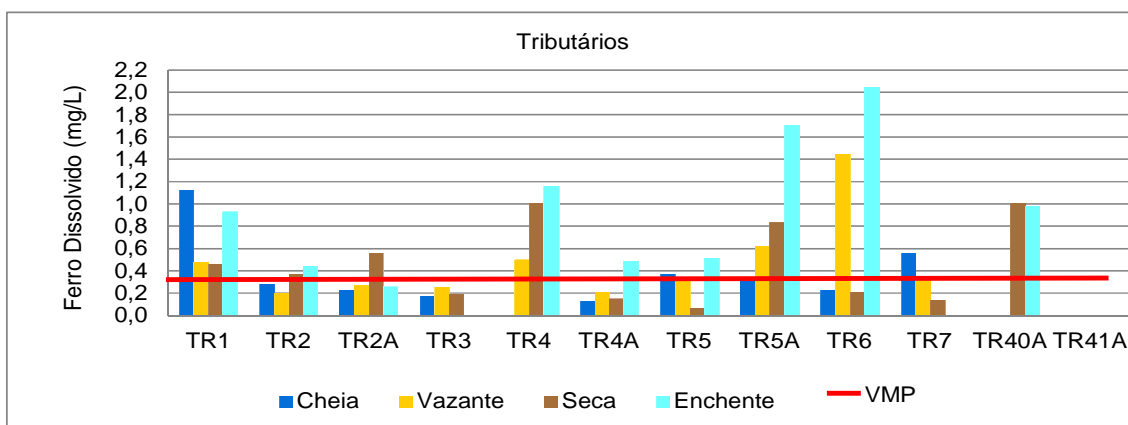


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/63 - Ferro Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

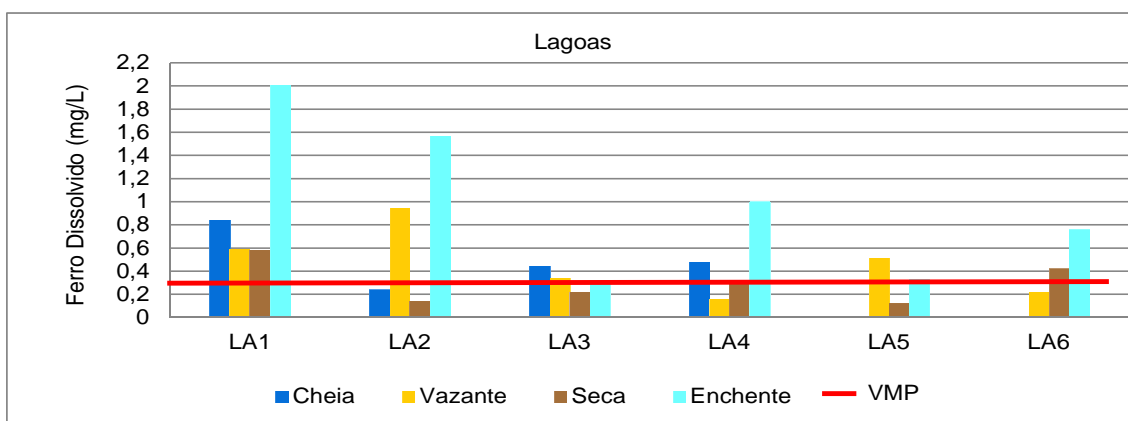


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/64 - Ferro Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 - Síntese dos Resultados de Ferro Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,17	0,24	0,16	0,65	0,31
	Mínimo	<0,03	0,08	<0,03	0,16	<0,03
	Máximo	0,58	0,44	0,40	1,91	1,91
	Desvio Padrão	0,17	0,10	0,10	0,45	0,32
	Erro Padrão	0,04	0,02	0,02	0,11	0,04
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,19	0,31	0,31	0,79	0,40
	Mínimo	<0,03	0,13	0,09	0,46	<0,03
	Máximo	0,46	0,46	0,44	0,98	0,98
	Desvio Padrão	0,19	0,13	0,13	0,28	0,25
	Erro Padrão	0,08	0,05	0,05	0,16	0,05
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,35	0,47	0,45	0,95	0,55
	Mínimo	<0,03	0,20	0,07	0,26	<0,03
	Máximo	1,12	1,44	1,01	2,04	2,04
	Desvio Padrão	0,31	0,37	0,35	0,61	0,46
	Erro Padrão	0,10	0,12	0,11	0,20	0,07
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,34	0,46	0,30	1,00	0,53
	Mínimo	<0,03	0,16	0,12	0,32	<0,03
	Máximo	0,84	0,94	0,58	2,01	2,01
	Desvio Padrão	0,31	0,29	0,18	0,68	0,48
	Erro Padrão	0,13	0,12	0,07	0,28	0,10

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

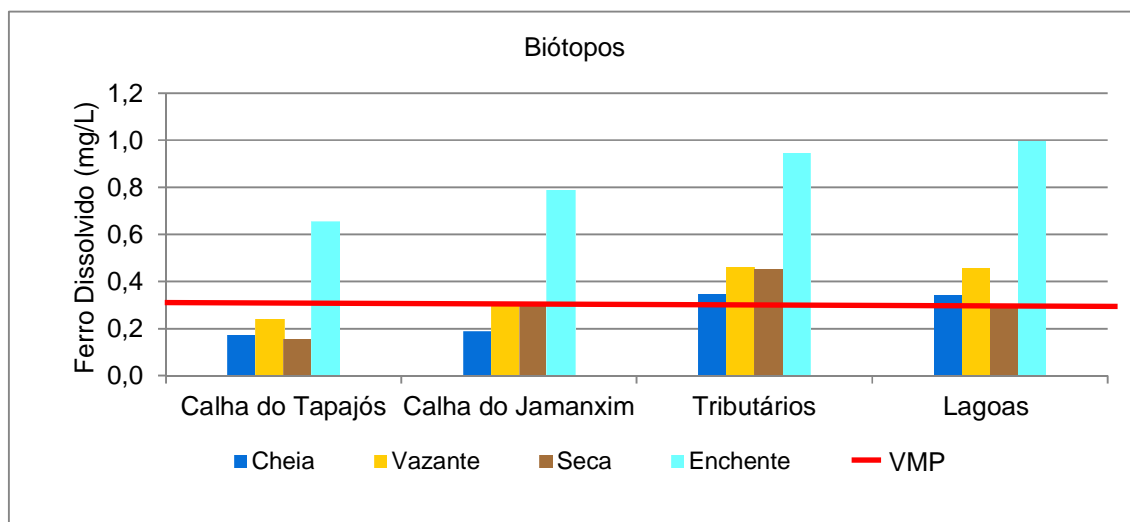


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/65 - Valores Médios de Ferro Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L)

- Fósforo Total, Fósforo Orgânico e Ortofosfato

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte dos seres vivos, os fosfatos condensados são liberados na água, passando a ser assimilados pelas algas após sua conversão a ortofosfato, processo executado por bactérias.

Em comparação com outros componentes estruturais dos seres vivos, o fósforo é o menos abundante e, em geral, o principal fator limitante à produtividade dos sistemas hídricos. Quando adsorvido pelo ferro, o fósforo tende a se precipitar nos sedimentos, sendo novamente liberado na coluna d'água em ambientes em geral anaeróbios e com pH inferior a 7.

Nas áreas urbanas, a introdução de fósforo no ambiente aquático está associada principalmente à introdução de esgotos domésticos e industriais, enquanto que nas zonas rurais prevalecem as fontes difusas, associadas aos dejetos de bovinos, de aves, além de fertilizantes agrícolas.

A Resolução CONAMA 357/2005 define, para corpos d'água classe 2, limites máximos de 0,1 mg/L de fósforo total para ambientes lóticos e 0,03 mg/L para lênticos. Para sistemas aquáticos intermediários com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambiente lêntico, o valor limite é 0,05 mg/L. Não há limites estabelecidos pela legislação para fósforo orgânico e ortofosfato.

No diagnóstico do AHE São Luiz do Tapajós, foram contabilizadas nos ambientes lóticos 18 ocorrências de extrapolação dos limites máximos, representando 14% do total de amostragens realizadas nas quatro campanhas de qualidade da água. As maiores extrapolações foram verificadas nos sistemas lênticos, com uma incidência de 83% do total de amostragens realizadas, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/66 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/69**.

As concentrações mais elevadas de fósforo total foram verificadas nas lagoas, com valor máximo de 0,67 mg/L observado no ponto LA2 (Lagoa do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório), durante o período de seca, devido provavelmente ao acúmulo de matéria orgânica representada por folhagens e restos orgânicos em decomposição. No entanto, o pico máximo desse constituinte, considerando toda a rede de amostragem, foi registrado no rio Crepori (TR6) na campanha de vazante, chegando a 0,71 mg/L.

Conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/70**, para todos os biótopos analisados, foram verificados menores valores médios na campanha de cheia. Os valores médios neste período observados nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, e nos tributários (0,02 mg/L) estão condizentes com a Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2.

As concentrações de fósforo, juntamente com o nitrogênio, exercem influência na produtividade dos organismos fitoplanctônicos, sobretudo no desenvolvimento das cianobactérias. Esse grupo é formado por organismos procarióticos, unicelulares, filamentosos ou coloniais. Algumas espécies apresentam heterocistos, estruturas que permitem fixar o nitrogênio diretamente do ar atmosférico, assim, o fósforo é o principal fator limitante ao seu desenvolvimento, conforme detalhado no item 7.4.2.1.3.3.

No estudo realizado por Canto de Sá et al., (2010), em pontos amostrados na margem direita do rio Tapajós, próximos à cidade de Santarém (Pará), a jusante do ponto CT01, foi detectada ocorrência de floração de cianobactérias de dois gêneros que são potencialmente produtores de cianotoxinas (*Anabaena* e *Microcystis*). Esses episódios foram também relatados por Silva (2012), o que pode estar relacionado ao remanso do rio Tapajós nas imediações de sua foz no rio Amazonas e ao aporte de esgotos domésticos não tratados gerados na cidade de Santarém.

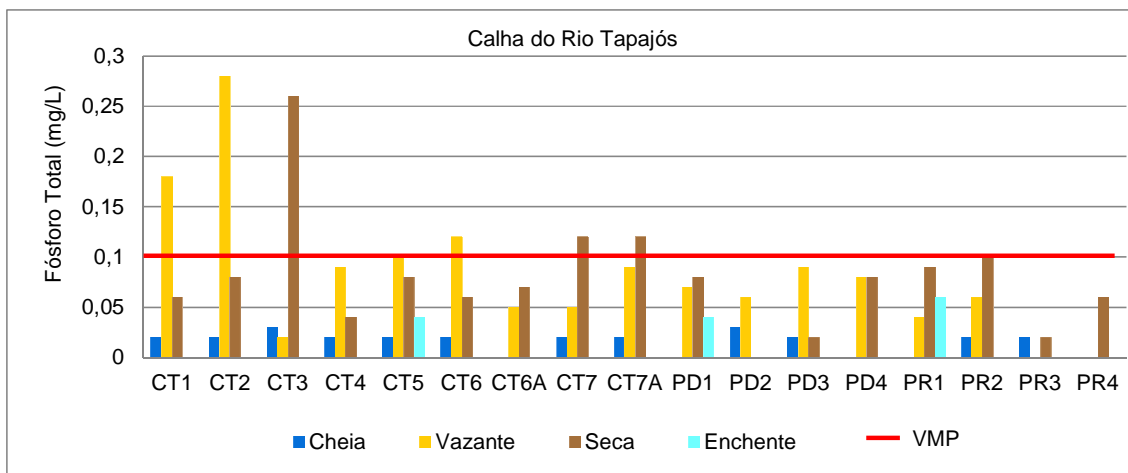


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/66 – Fósforo Total (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

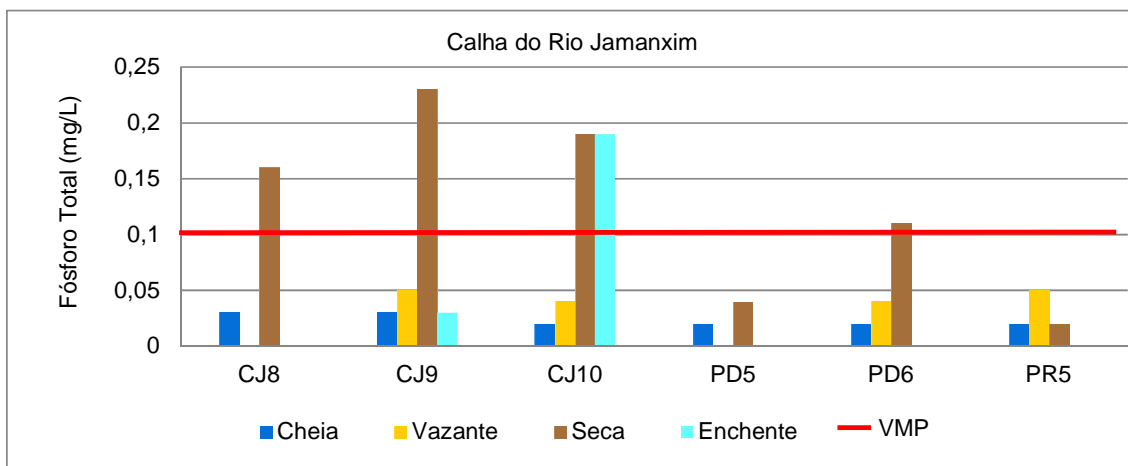


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/67 - Fósforo Total (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

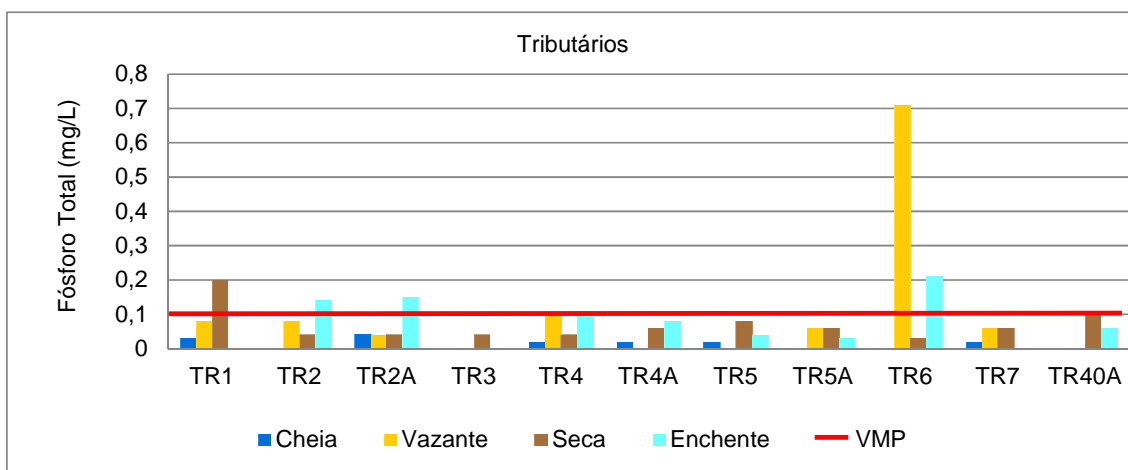


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/68 – Fósforo Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 – ambientes lóticos (0,1 mg/L)

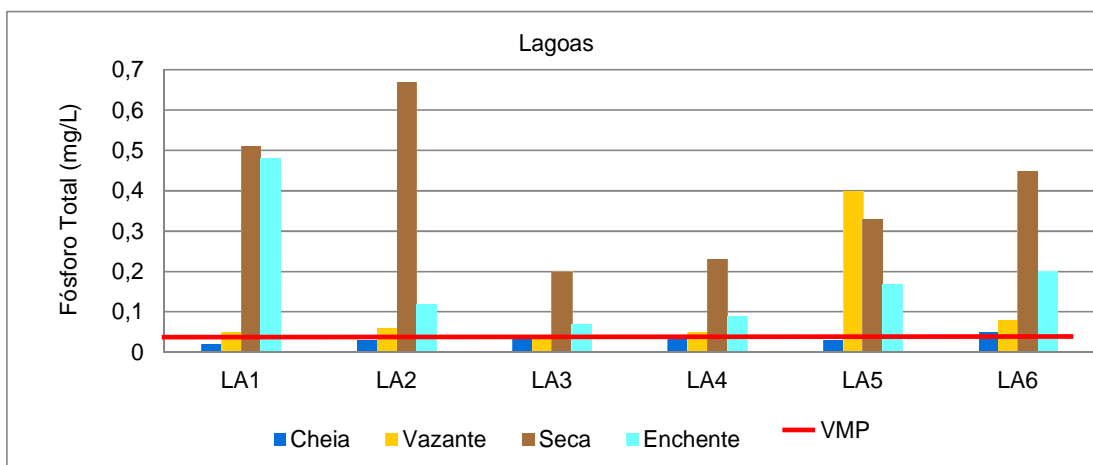


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/69 - Fósforo Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 - ambientes lênticos (0,03 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/14- Síntese dos Resultados de Fósforo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,02	0,08	0,08	0,01	0,05
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	0,03	0,28	0,26	0,06	0,28
	Desvio Padrão	0,01	0,07	0,06	0,02	0,06
	Erro Padrão	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,02	0,03	0,13	0,07	0,06
	Mínimo	0,02	<0,003	0,02	<0,003	<0,003
	Máximo	0,03	0,05	0,23	0,19	0,23
	Desvio Padrão	0,01	0,02	0,08	0,10	0,07
	Erro Padrão	0,00	0,01	0,03	0,06	0,02
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,02	0,11	0,07	0,09	0,07
	Mínimo	<0,003	<0,003	0,03	<0,003	<0,003
	Máximo	0,04	0,71	0,20	0,21	0,71
	Desvio Padrão	0,01	0,21	0,05	0,07	0,12
	Erro Padrão	0,00	0,07	0,01	0,02	0,02
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,04	0,11	0,40	0,19	0,18
	Mínimo	0,02	0,04	0,20	0,07	0,02
	Máximo	0,05	0,40	0,67	0,48	0,67
	Desvio Padrão	0,01	0,14	0,18	0,15	0,19
	Erro Padrão	0,00	0,06	0,07	0,06	0,04

LEGENDA: n – número de amostras **FONTE:** CNEC WorleyParsons, 2012

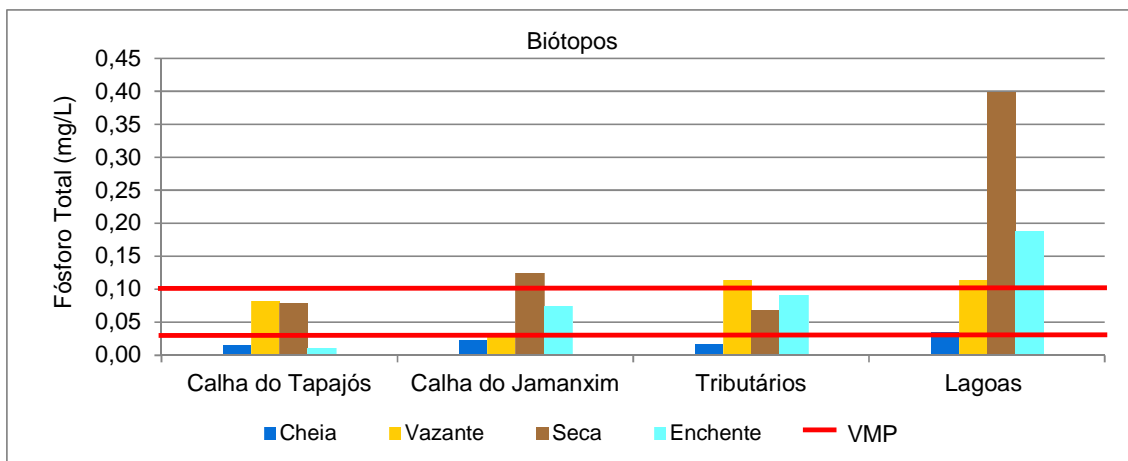


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/70 – Valores Médios de Fósforo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 – ambientes lóticos (0,1 mg/L) e lênticos (0,03 mg/L)

Os resultados das análises laboratoriais revelaram concentrações de fósforo orgânico variando entre 0,01 mg/L, valor observado em diversas amostragens, e 0,19 mg/L no ponto LA5 (lagoa do rio Tapajós - montante do rio Crepori), durante a campanha de vazante, conforme apresentado nos **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/71** a **7.4.1.1.2.6.2.3.2/74**.

As quatro campanhas de amostragem de qualidade da água assinalaram maiores concentrações de fósforo orgânico nas lagoas, com índices mais expressivos verificados na campanha de seca, devido possivelmente ao acúmulo de materiais orgânicos como folhagens e detritos diversos (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/75**). Não há na Resolução CONAMA 357/2005 padrões limites para esta variável.

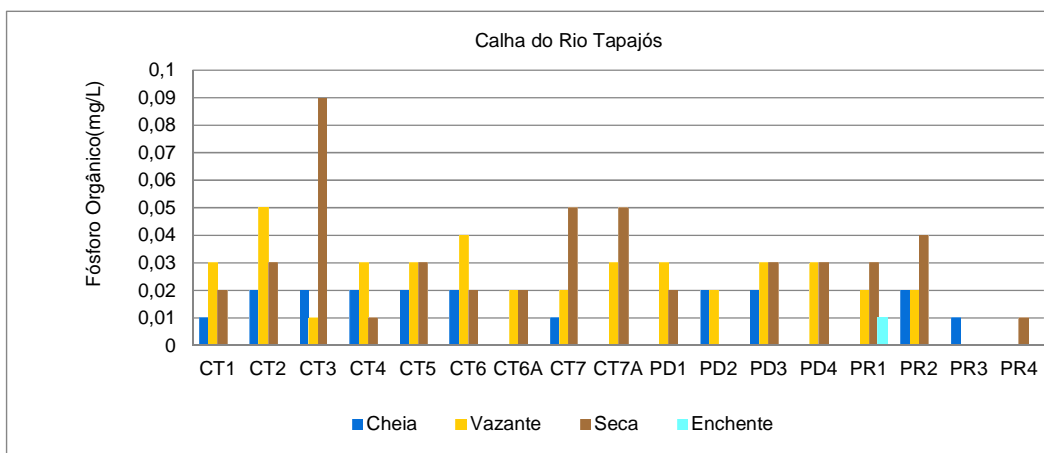


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/71 - Fósforo Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

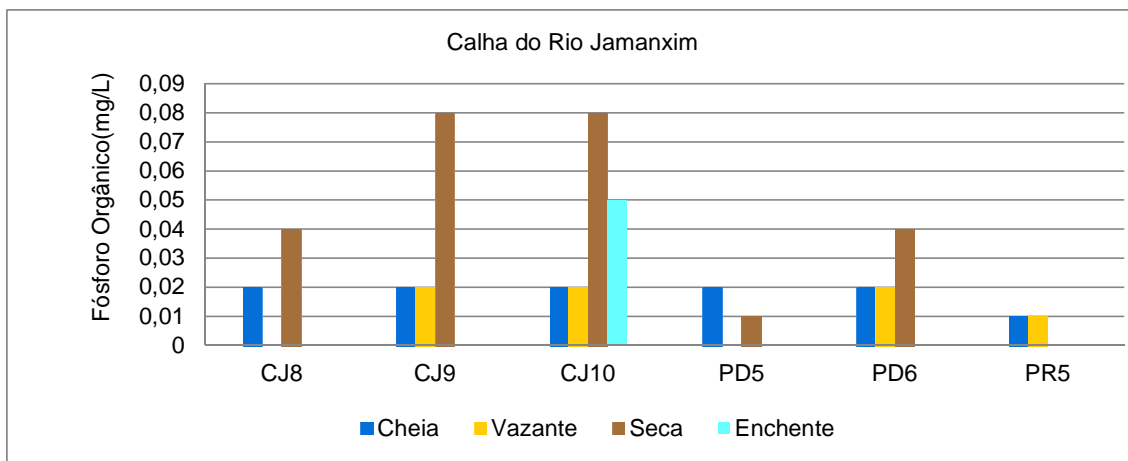


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/72 - Fósforo Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

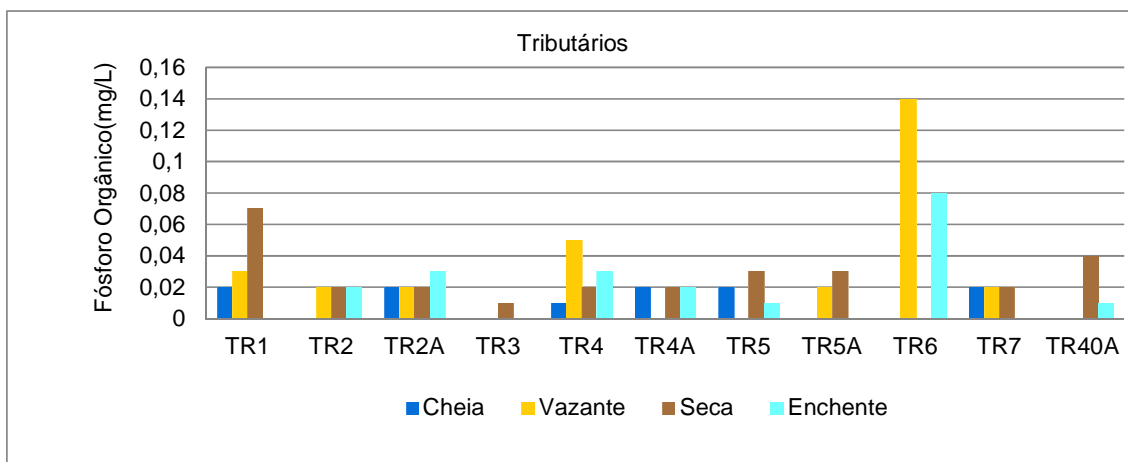


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/73 - Fósforo Orgânico (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

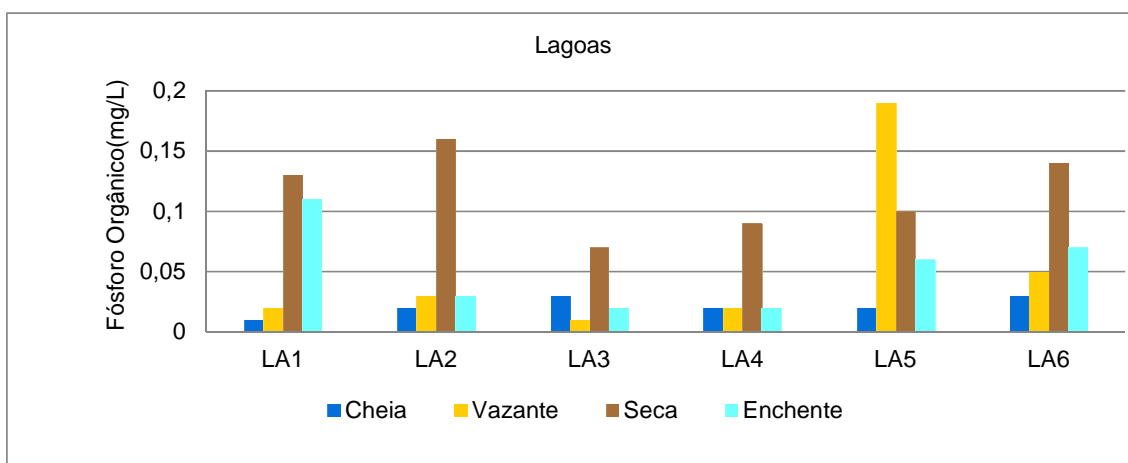


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/74 - Fósforo Orgânico (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/15 - Síntese dos Resultados de Fósforo Orgânico (mg/L) por Biótopo – Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,01	0,02	0,03	0,00	0,02
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	0,02	0,05	0,09	0,01	0,09
	Desvio Padrão	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02
	Mínimo	0,01	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	0,02	0,02	0,08	0,05	0,08
	Desvio Padrão	0,00	0,01	0,03	0,03	0,02
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	0,02	0,14	0,07	0,08	0,14
	Desvio Padrão	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03
	Erro Padrão	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,02	0,05	0,12	0,05	0,06
	Mínimo	0,010	0,010	0,070	0,020	0,010
	Máximo	0,03	0,19	0,16	0,11	0,19
	Desvio Padrão	0,01	0,07	0,03	0,04	0,05
	Erro Padrão	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

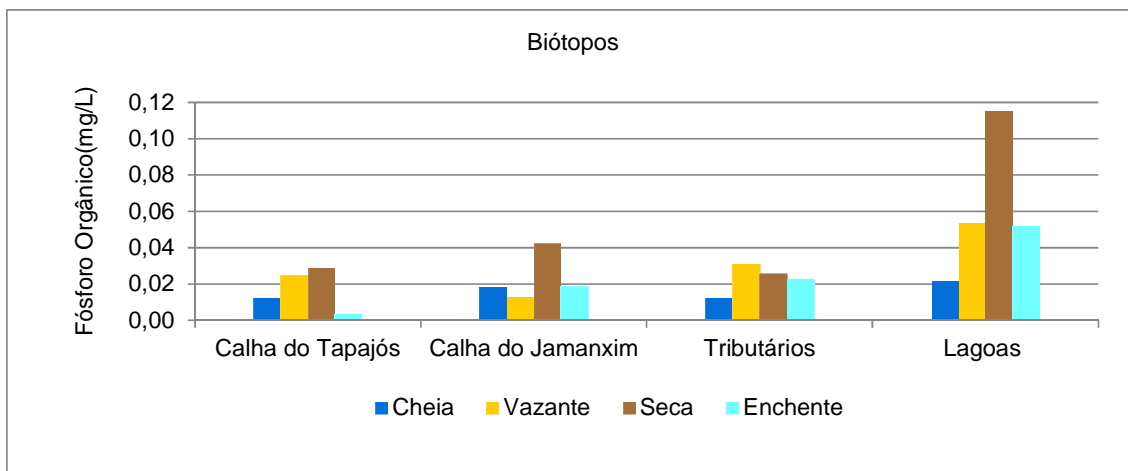


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/75 - Valores Médios de Fósforo Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ressalta-se que foram efetuadas medições das concentrações de ortofosfato na maioria dos pontos amostrais, em todas as campanhas. Entretanto, em grande parte dos casos, foram verificadas concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/76 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/79**.

Apenas 23% dos resultados das análises laboratoriais assinalaram concentrações de ortofosfato acima do limite de quantificação do método analítico, que variaram entre 0,02 mg/L, resultado obtido em várias amostragens, e 0,17 mg/L, no ponto LA5 (lagoa - rio Tapajós - montante do rio Crepori), na campanha da vazante.

Concentrações mais elevadas de ortofosfato foram verificadas nas lagoas, nas campanhas de vazante e de enchente, fato também constatado nos tributários, provavelmente em função das cargas de lavagens ricas em matéria orgânica, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/80**. Não há na Resolução CONAMA 357/2005 padrões limites para esta variável.

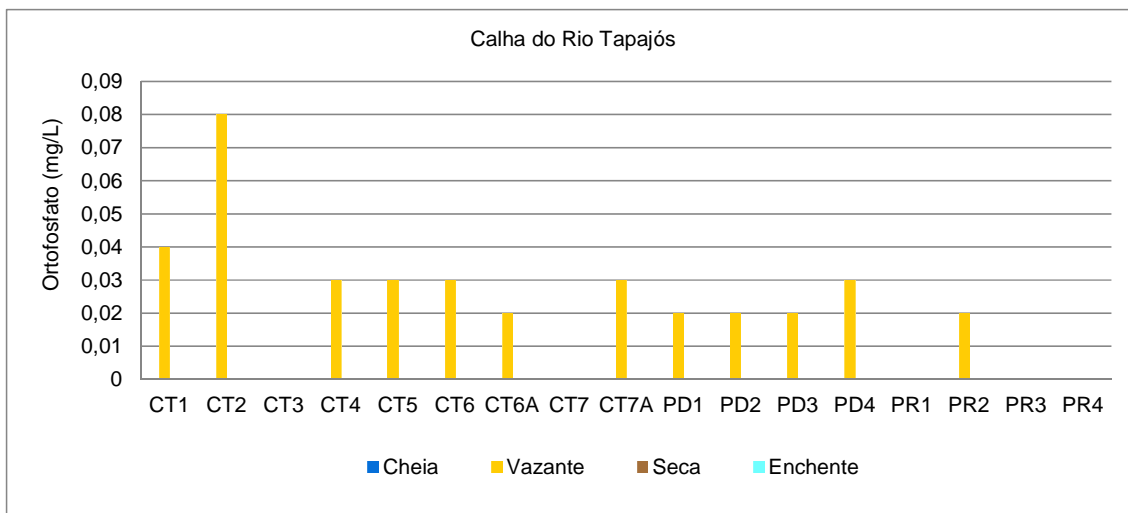


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/76 - Ortófosfato (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

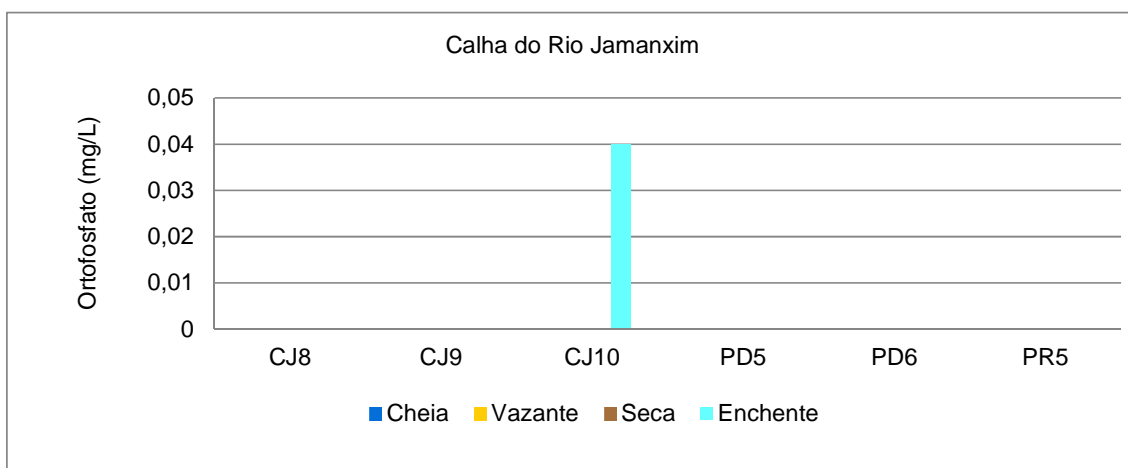


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/77 - Ortófosfato (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

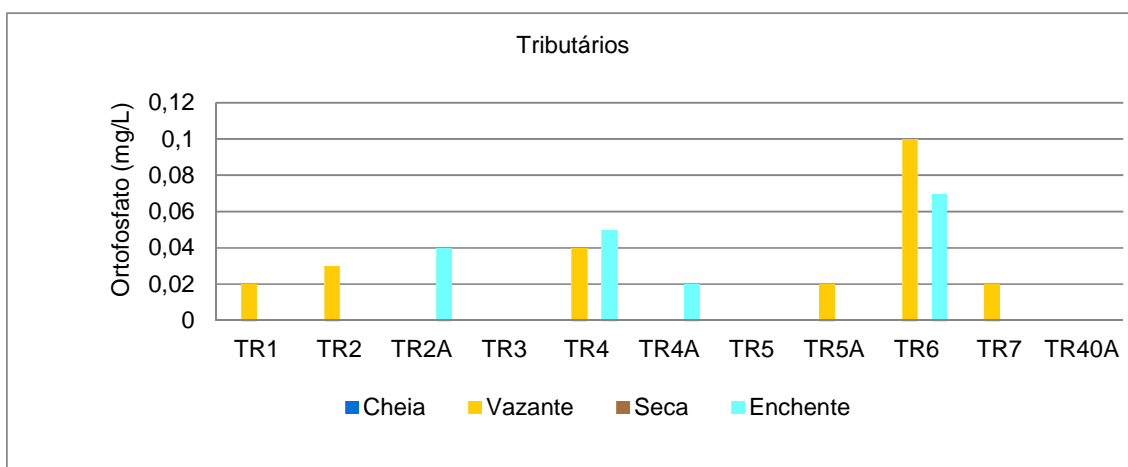


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/78 - Ortófosfato (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

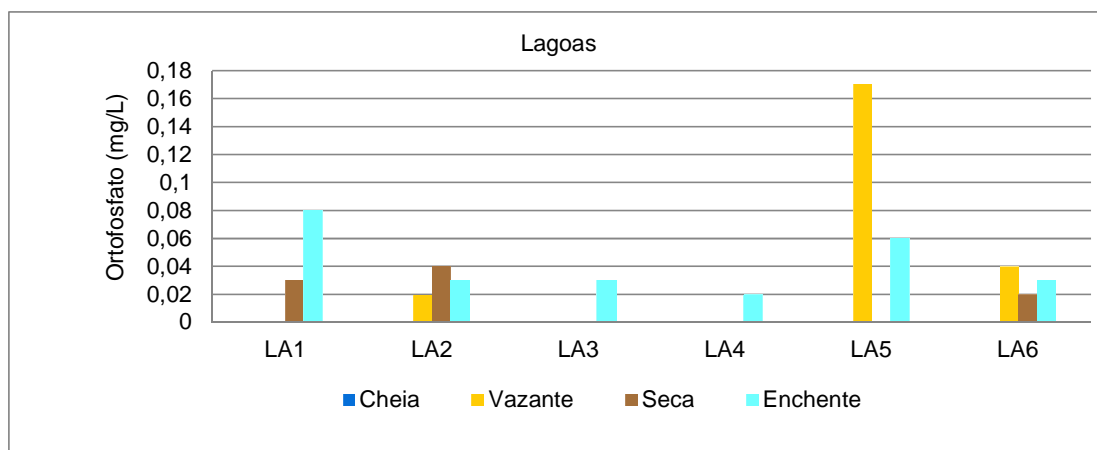


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/79 - Ortofostato (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16- Síntese dos Resultados de Ortofostato (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,003	0,023	0,003	0,003	0,008
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	<0003	0,080	<0003	<0003	0,080
	Desvio	0,000	0,019	0,000	0,000	0,013
	Erro Padrão	0,000	0,005	0,000	0,000	0,002
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,003	0,003	0,003	0,015	0,006
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	<0003	<0003	<0003	0,040	0,040
	Desvio	0,000	0,000	0,000	0,021	0,008
	Erro Padrão	0,000	0,000	0,000	0,012	0,002
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,003	0,024	0,003	0,022	0,013
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
	Máximo	<0003	0,100	<0003	0,070	0,100
	Desvio	0,000	0,030	0,000	0,026	0,021
	Erro Padrão	0,000	0,009	0,000	0,009	0,003
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,003	0,040	0,017	0,042	0,025
	Mínimo	<0,003	<0,003	<0,003	0,020	<0,003
	Máximo	<0003	0,170	0,040	0,080	0,170
	Desvio	0,000	0,065	0,016	0,023	0,037
	Erro Padrão	0,000	0,027	0,007	0,009	0,008

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

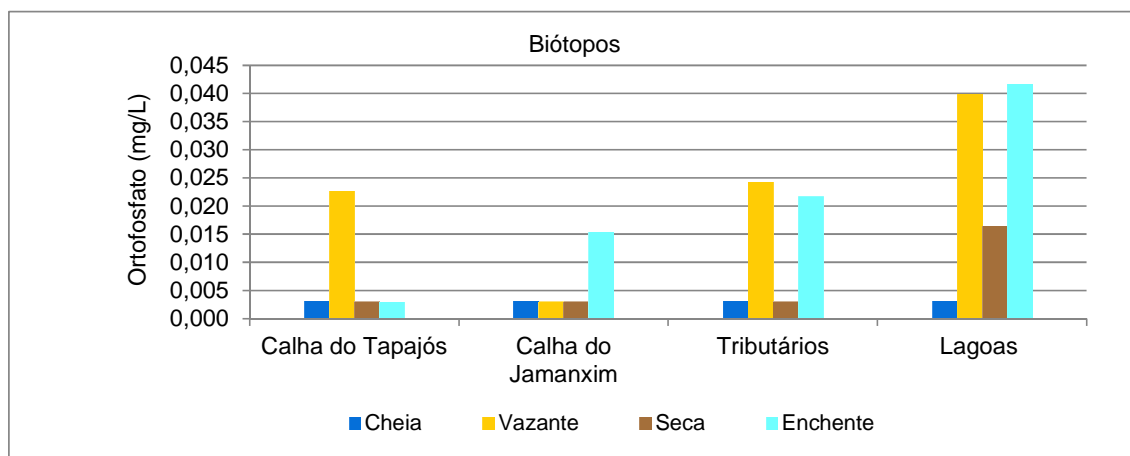


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/80 - Valores Médios de Ortofosfato (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Nitrogênio

O nitrogênio participa da formação de proteínas no metabolismo dos seres vivos, podendo ser encontrado no meio aquático na forma orgânica (microrganismos e detritos orgânicos) e na forma inorgânica, especialmente amônia, nitrito e nitrato.

Os processos de decomposição biológica levam à amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos. Em ambientes bem oxigenados, os produtos amoniacais são rapidamente convertidos a nitritos, que são extremamente instáveis no ambiente e, em seguida, a nitratos, elementos conservativos facilmente assimilados pelos organismos autótrofos (algas e vegetais em geral).

Existem duas formas de amônia intercambiáveis - a ionizada (íon amônio NH_4^+) e a não ionizada (amônia livre - NH_3). Quanto maior o pH da amostra, maior é a proporção da amônia livre, que é mais tóxica, em relação ao íon amônio.

O nitrogênio amoniacal em água doce é controlado pela Resolução CONAMA 357/2005 em faixas que variam de acordo com o pH. Para águas classe 2, a legislação define o máximo de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal para pH inferior a 7,5; até 2,0 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0; até 1,0 mg/L para pH entre 8,0 a 8,5; e até 0,5 mg/L para pH superior a 8,5.

A soma das frações de nitrogênio amoniacal e orgânico é expressa pelo resultado de nitrogênio Kjeldahl total, parâmetro não contemplado pela legislação citada, bem como o nitrogênio orgânico. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo de 1 mg/L para nitrogênio na forma de nitrito. Para nitrogênio na forma de nitrato, a legislação prevê o valor máximo de 10 mg/L.

Na maioria das amostragens foram constatados resultados de concentração de nitrito abaixo do limite de quantificação do método, sendo que o valor máximo foi registrado no ponto LA5 (lagoa do rio Tapajós - montante do rio Crepori), no período de vazante, sendo equivalente a 0,05 mg/L, inferior ao limite preconizado pela legislação vigente.

As campanhas de amostragens de qualidade da água no âmbito do AHE São Luiz do Tapajós assinalaram concentrações máximas de nitrato no ponto LA3 (lagoa do rio Tapajós - montante do rio Mariazinha), na época de cheia, com teor de 0,11 mg/L, bem abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

Mesma condição foi observada para o nitrogênio amoniacal com valor máximo de 0,15 mg/L no ponto LA5 (lagoa do rio Tapajós - montante do rio Crepori), durante período de vazante, também muito inferior ao limite máximo de 3,7 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para a faixa de pH inferior a 7,5.

Em função das baixas concentrações encontradas para o nitrito, nitrato e amônia e considerando o fato que grande parte das amostras situar abaixo do LQM, os resultados das análises laboratoriais para estes parâmetros não foram retratadas em gráficos.

Nas quatro campanhas de amostragens de qualidade da água, foi observada concentração máxima de nitrogênio orgânico equivalente a 1,39 mg/L no rio Crepori (TR6), durante a campanha de vazante, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/81 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/84**.

Apesar de não ter sido um padrão de comportamento sazonal entre os biótopos considerados, foram verificadas maiores concentrações de nitrogênio orgânico nas lagoas, em função da maior presença de matéria orgânica no meio líquido, principalmente nas amostragens realizadas no período seco, quando as concentrações foram mais altas, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/85**.

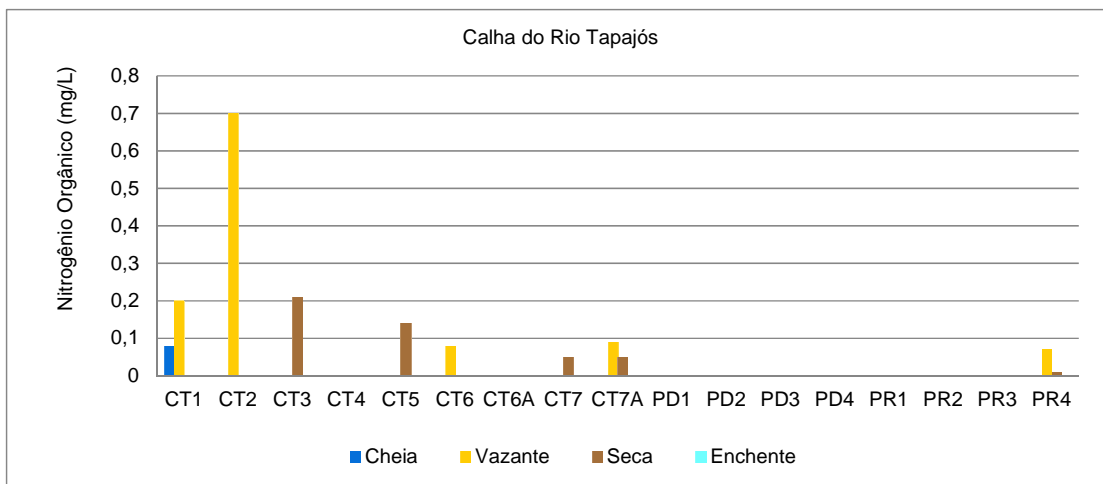


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/81 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

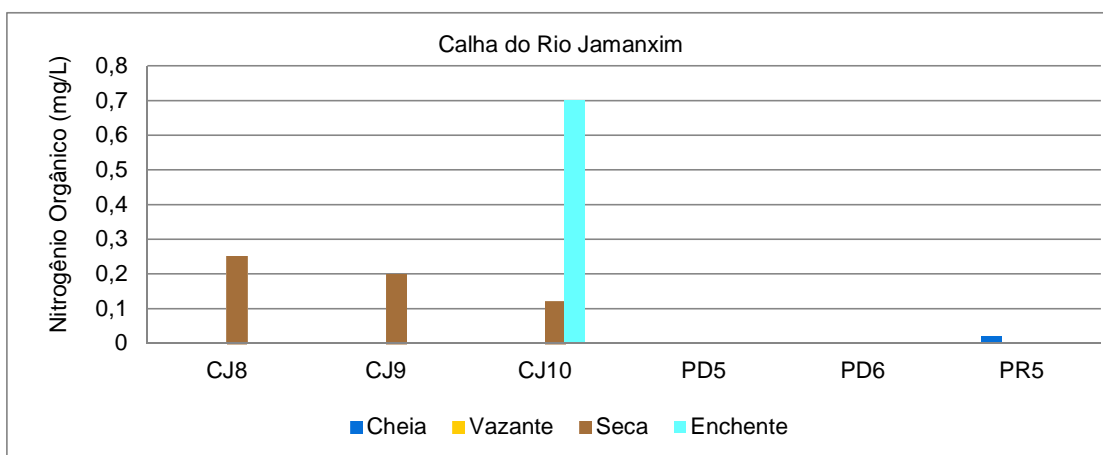


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/82 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

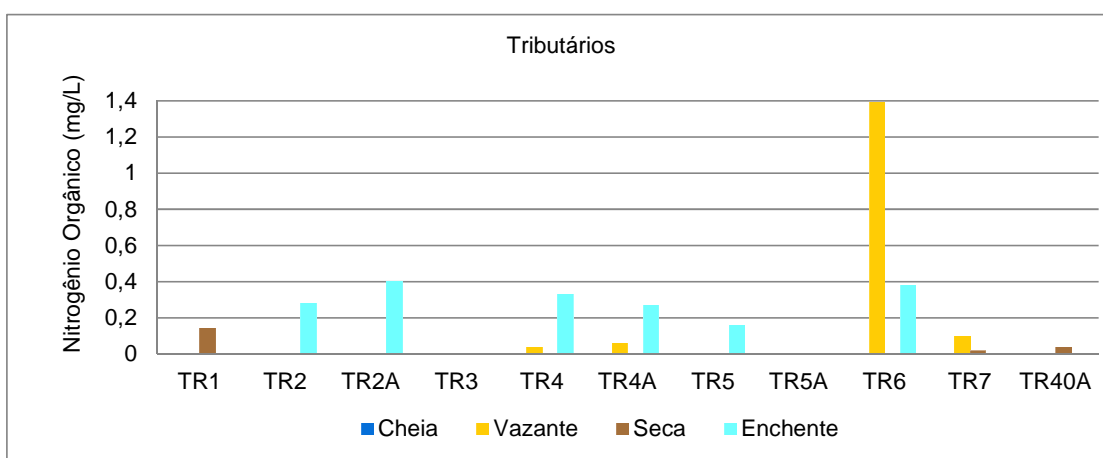


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/83 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

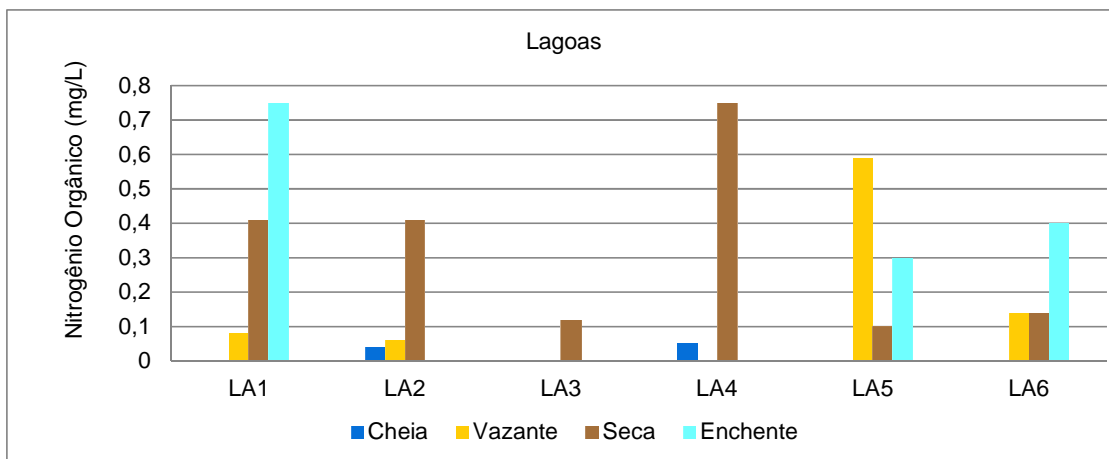


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/84 - Nitrogênio Orgânico (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/17- Síntese dos Resultados de Nitrogênio Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,02	0,08	0,04	0,02	0,04
	Mínimo	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Máximo	0,08	0,70	0,21	<0,02	0,70
	Desvio Padrão	0,01	0,17	0,05	0,00	0,09
	Erro Padrão	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,02	0,02	0,11	0,25	0,10
	Mínimo	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Máximo	<0,02	<0,02	0,25	0,70	0,70
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,10	0,39	0,16
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,04	0,23	0,03
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,02	0,17	0,03	0,21	0,11
	Mínimo	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Máximo	<0,02	1,39	0,14	0,40	1,39
	Desvio Padrão	0,00	0,43	0,04	0,16	0,23
	Erro Padrão	0,00	0,14	0,01	0,05	0,04
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,03	0,15	0,32	0,25	0,19
	Mínimo	<0,02	<0,02	0,10	<0,02	<0,02
	Máximo	0,05	0,59	0,75	0,75	0,75
	Desvio Padrão	0,01	0,22	0,25	0,29	0,24
	Erro Padrão	0,01	0,09	0,10	0,12	0,05

LEGENDA: n – número de amostras.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

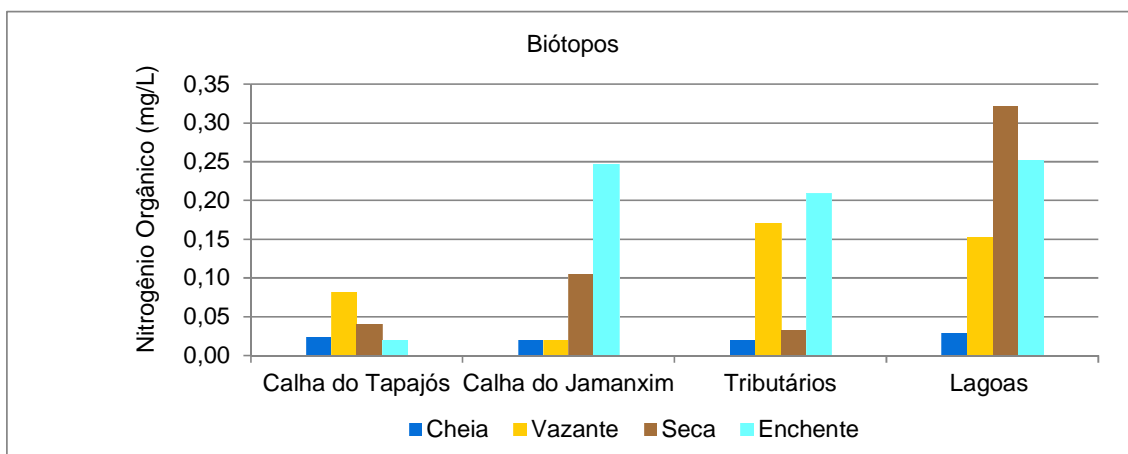


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/85 - Valores Médios de Nitrogênio Orgânico (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Sólidos Dissolvidos Totais e Sólidos Suspensos Totais

Nas águas naturais, os sólidos apresentam-se em diversas frações. Denominam-se sólidos totais a soma das parcelas dissolvida e em suspensão presentes em determinada amostra. Essas parcelas podem ter origem orgânica (sólidos voláteis) ou inorgânica (sólidos fixos).

Os sólidos em suspensão compreendem partículas inorgânicas (areia, silte e argila) bem como detritos orgânicos (algas, bactérias e folhas em decomposição). Processos erosivos na bacia de drenagem contribuem com teores elevados de sólidos em suspensão aos corpos hídricos receptores, especialmente no período chuvoso, interferindo na turbidez das águas. Atividades antrópicas, em especial garimpo, também contribuem com parcela significativa de sólidos em suspensão nos corpos hídricos.

Apesar de a legislação não contemplar limites para sólidos em suspensão, quando em grande quantidade podem causar danos à vida aquática.

Sólidos dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos entre outros, refletindo no resultado de diversos parâmetros, como salinidade, condutividade elétrica e pH. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo de 500 mg/L para sólidos dissolvidos totais em águas doces classe 2.

As concentrações de sólidos dissolvidos totais oscilaram entre 15 mg/L (TR7 - Futuro Reservatório - Igarapé Jamanxinzinho) e 188 mg/L (TR40A - Igarapé Bom Jardim), ambos verificados no período da seca, abaixo, portanto, do limite estabelecido pela legislação vigente (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/86 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/89**). As condições apontadas refletem a intensidade das atividades garimpeiras verificadas no Igarapé

Bom Jardim, ao comparar com a condição de rio livre destas intervenções, como a constatada no igarapé Jamanxinzinho.

Considerando que as concentrações encontradas estão muito abaixo do padrão determinado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2, a linha correspondente a este limite máximo não está representada nos gráficos correspondentes.

Comparando-se os distintos biótopos, verificaram-se menores concentrações de sólidos dissolvidos totais nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós em relação às obtidas na calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/18** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/90**.

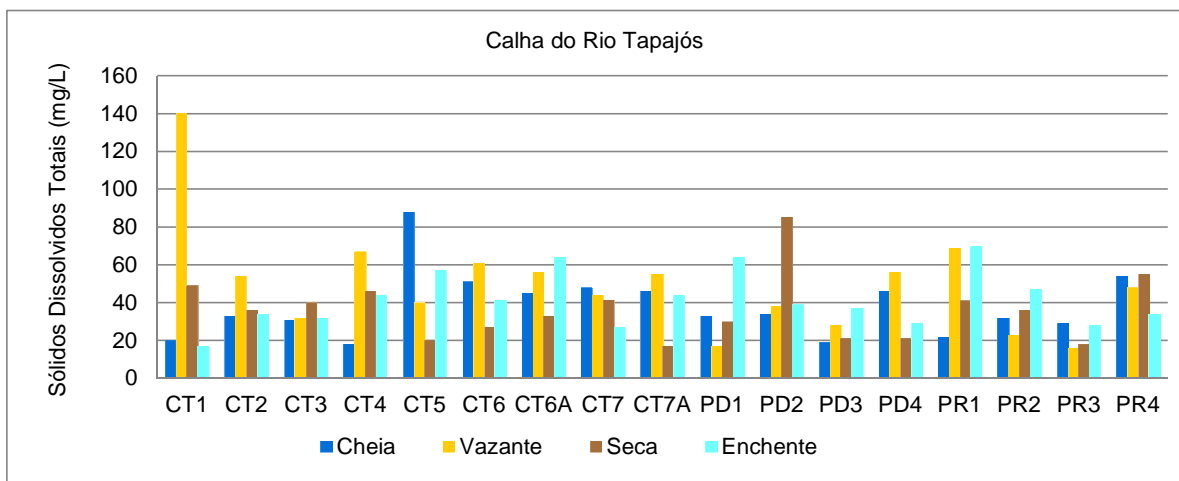


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/86 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

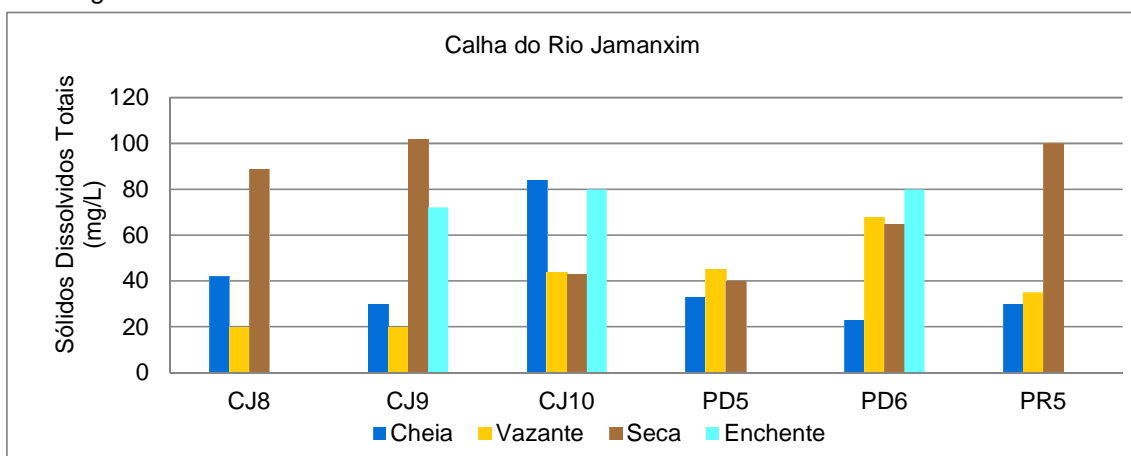


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/87 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

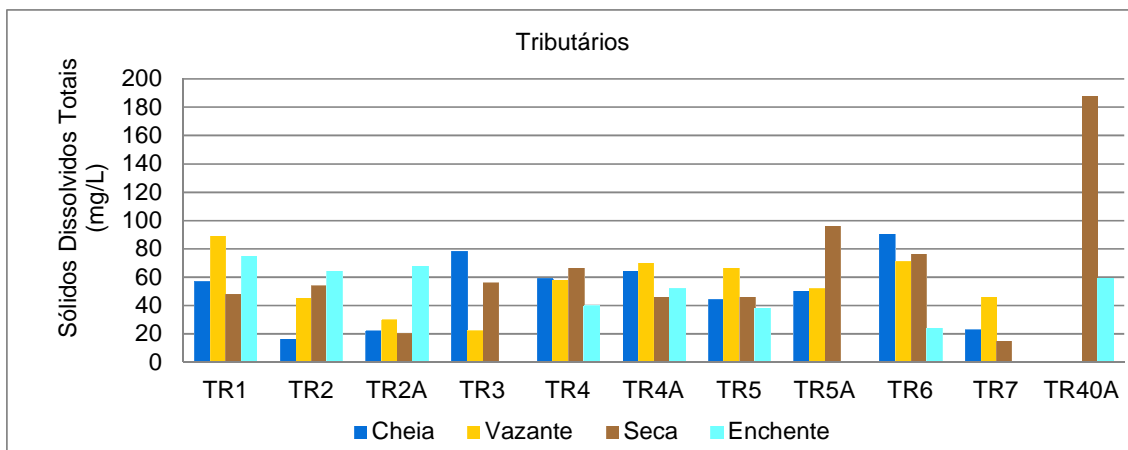


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/88 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

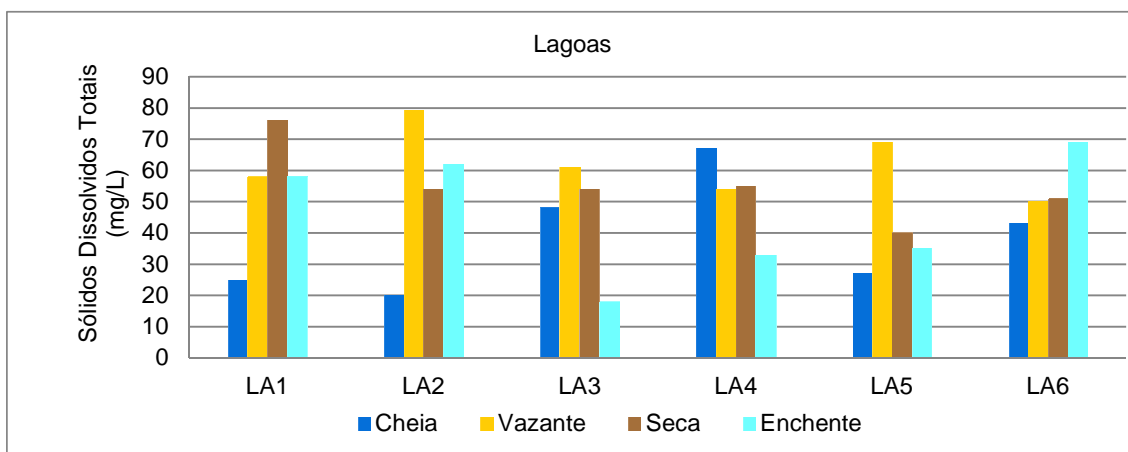


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/89 - Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/18 - Síntese dos Resultados de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	17	17	17	17	17	68
	38,18	38,18	49,65	36,25	41,66	41,43
	18,00	18,00	16,00	17,00	17,00	16,00
	88,00	88,00	140,00	85,00	70,00	140,00
	17,27	17,27	28,56	16,99	14,75	20,33
	4,19	4,19	6,93	4,12	3,58	2,47
Calha do Rio Jamanxim	6	6	6	6	3	21
	40,33	40,33	38,67	73,17	77,33	57,38
	23,00	23,00	20,00	40,00	72,00	20,00
	84,00	84,00	68,00	102,00	80,00	102,00
	22,26	22,26	18,11	27,85	4,62	26,83

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico	
		9,09	9,09	7,39	11,37	2,67	5,86
Tributários		10	10	10	11	11	42
		50,30	50,30	54,90	64,66	52,50	55,59
		16,00	16,00	22,00	15,00	24,00	15,00
		90,00	90,00	89,00	188,00	75,00	188,00
		24,53	24,53	20,20	46,82	17,32	30,07
		7,76	7,76	6,39	14,12	5,22	4,64
Lagoas		6	6	6	6	6	24
		38,33	38,33	61,83	55,00	45,83	50,25
		20,00	20,00	50,00	40,00	18,00	18,00
		67,00	67,00	79,00	76,00	69,00	79,00
		17,77	17,77	10,61	11,70	20,01	17,12
		7,26	7,26	4,33	4,77	8,17	3,49

LEGENDA: n – número de amostras.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

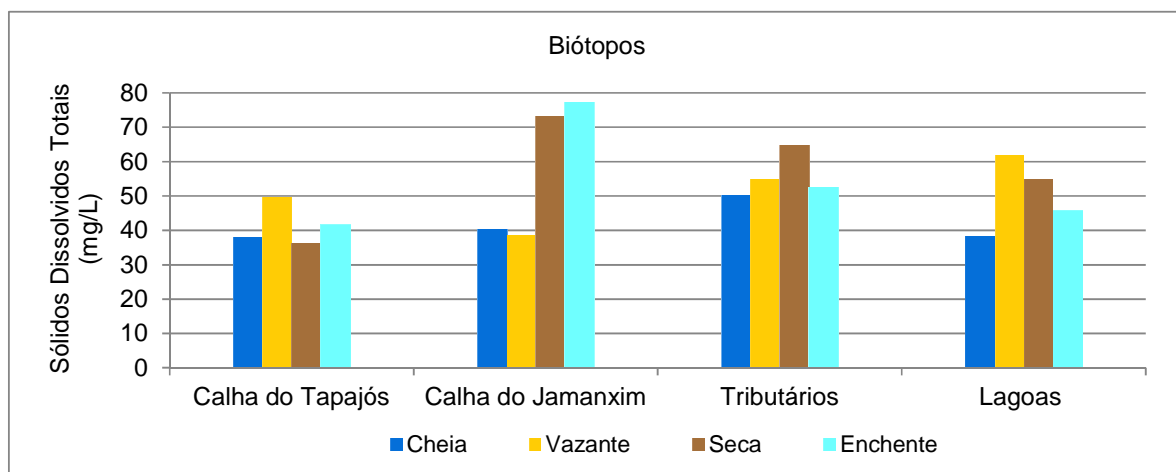


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/90 - Valores Médios de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Os maiores teores de sólidos suspensos totais observados no igarapé Bom Jardim, seguidos dos rios Ratão (TR5A) e Crepori (TR6) são decorrentes da intensa atividade garimpeira registrada nestes tributários. Trabalho conduzido por Telmer *et al.* (1999) apud CPRM (2002) aponta que o rio Crepori foi responsável pelo transporte de elevada carga de sedimentos em suspensão devido ao garimpo, chegando a formar uma pluma perceptível até cerca de 30 km ao longo do rio Tapajós. Imagens mais recentes de Satélite LANDSAT (2011) mostram a pluma de material em suspensão gerada nos rios Crepori e Jamanxim, que se prolongam pela calha do rio Tapajós, conforme apresentado nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01** e **7.4.1.1.2.6.2.3.2/02** a seguir.



Figura 7.4.1.1.2.6.2.3.2/01 – Imagem de Satélite LANDSAT (2011) Mostrando Pluma de Material em Suspensão (azul clara) no Rio Crepori e na Margem Direita do Rio Tapajós.



Figura 7.4.1.1.2.6.2.3.2/02 – Imagem de Satélite LANDSAT (2011) Mostrando Pluma de Material em Suspensão (azul clara) no Rio Jamanxim e na Margem Direita do Rio Tapajós. As Manchas Isoladas no Rio Tapajós Representam Depósitos de Areia Submersos.

Os sólidos suspensos totais oscilaram entre 2,0 mg/L (TR3 - Igarapé Lajinha), durante a campanha de cheia, e 782 mg/L (TR40A - Igarapé Bom Jardim), na época de seca, segundo ilustrados nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/91 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/94**.

Conformando um padrão sazonal semelhante entre os biótopos analisados, verifica-se maior concentração de sólidos suspensos nas amostragens realizadas no período de seca e índices mais reduzidos na campanha desenvolvida durante a cheia (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/95**). Estas condições foram verificadas principalmente nos cursos tributários e no rio Jamanxim, refletindo as atividades garimpeiras desenvolvidas no período de estiagem e que vem contribuir para o aumento das concentrações dos sólidos suspensos.

A Resolução CONAMA 357/2005 não estabelece limites para os sólidos suspensos totais, no entanto, cabe lembrar que uma elevada quantidade dessas partículas pode ocasionar impacto às comunidades aquáticas, interferindo na produtividade primária do ecossistema, além de causar danos aos sistemas respiratórios de organismos aquáticos, inclusive peixes.

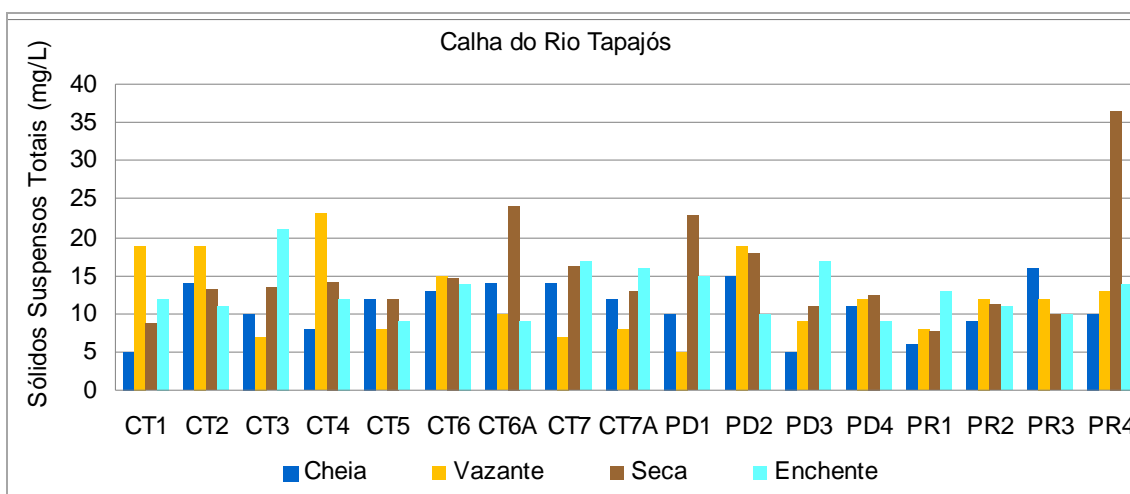


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/91 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

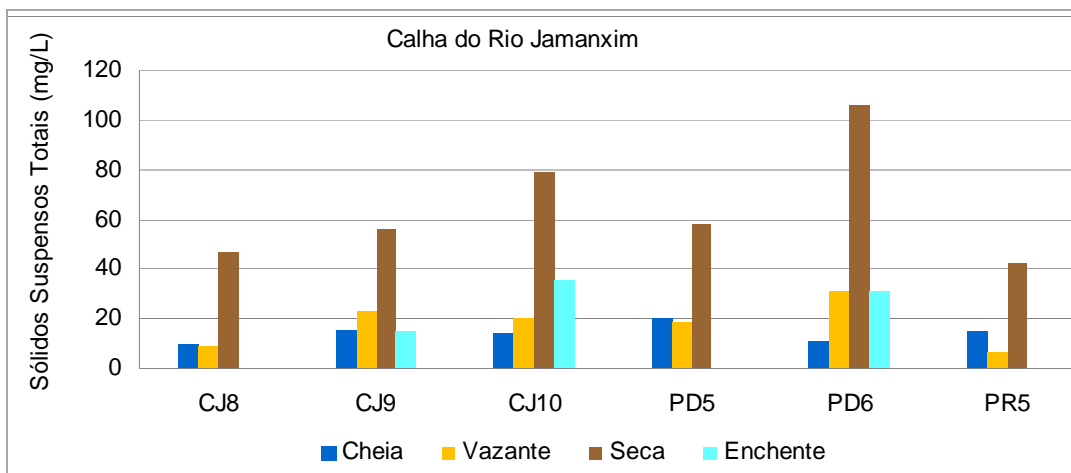


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/92 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

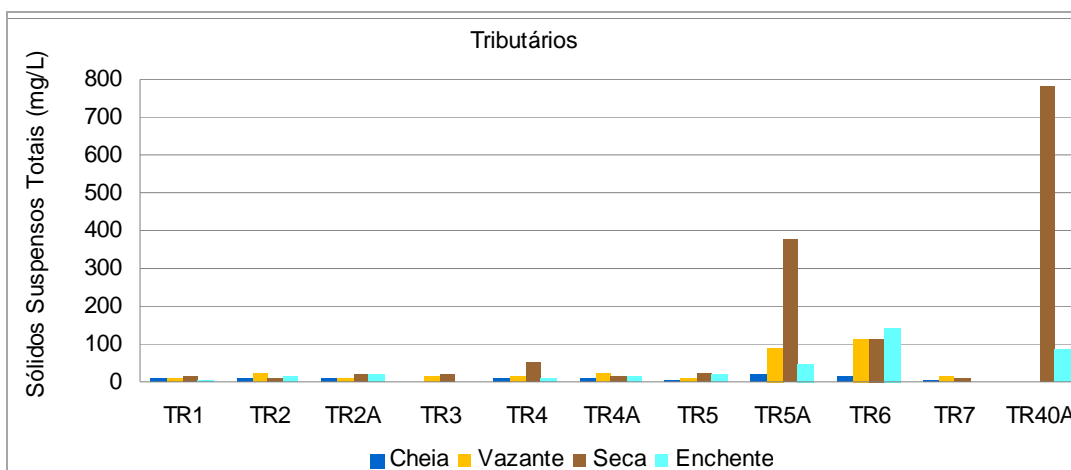


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/93 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

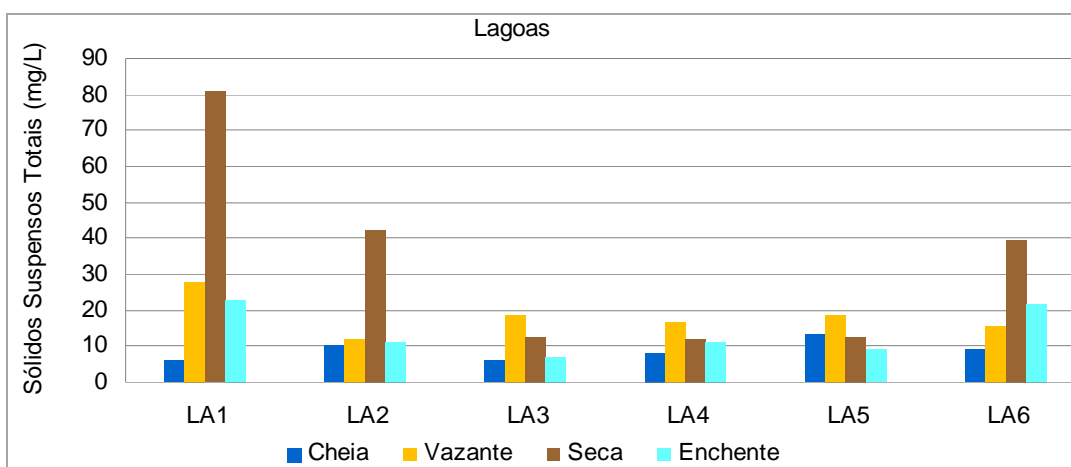


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/94 - Sólidos Suspensos Totais (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/19 - Síntese dos Resultados dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	10,82	12,12	15,22	12,94	12,78
	Mínimo	5,00	5,00	7,60	9,00	5,00
	Máximo	16,00	23,00	36,40	21,00	36,40
	Desvio Padrão	3,41	5,23	7,01	3,42	5,14
	Erro Padrão	0,83	1,27	1,70	0,83	0,62
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	14,33	18,17	64,72	27,33	31,14
	Mínimo	10,00	7,00	42,30	15,00	7,00
	Máximo	20,00	31,00	106,00	36,00	106,00
	Desvio Padrão	3,61	8,95	23,86	10,97	25,55
	Erro Padrão	1,48	3,66	9,74	6,33	5,58
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	9,20	31,90	129,95	40,00	52,76
	Mínimo	2,00	8,00	11,00	5,00	2,00
	Máximo	17,00	115,00	782,00	142,00	782,00
	Desvio Padrão	3,91	37,97	241,38	46,02	134,24
	Erro Padrão	1,24	12,01	72,78	15,34	21,23
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	8,67	18,50	33,35	13,83	18,59
	Mínimo	6,00	12,00	12,00	7,00	6,00
	Máximo	13,00	28,00	81,00	23,00	81,00
	Desvio Padrão	2,66	5,32	27,20	6,88	16,35
	Erro Padrão	1,09	2,17	11,11	2,81	3,34

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

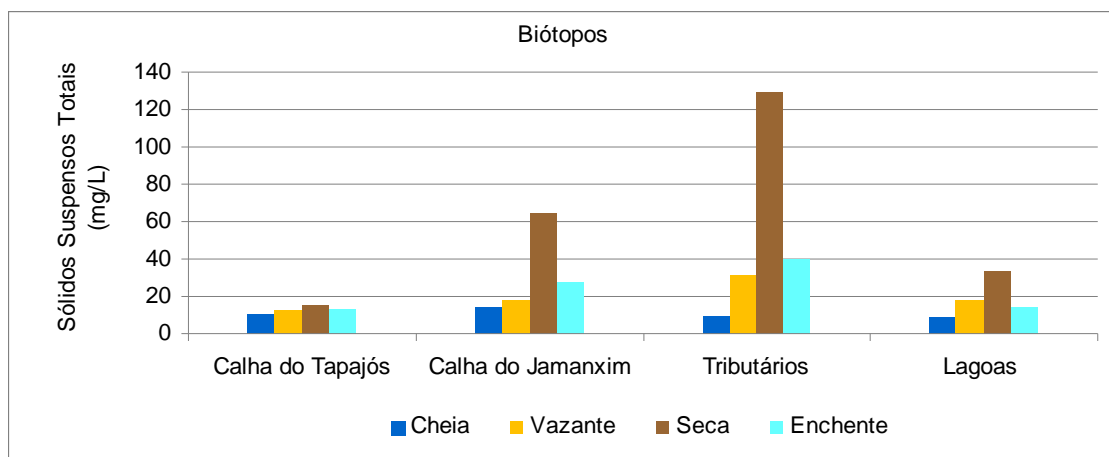


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/95 - Valores Médios de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Sulfato Total

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas, assim como pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas, é proveniente do uso de coagulantes.

Nos corpos d'água onde há depósito da matéria orgânica e baixos teores de oxigênio dissolvido, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que confere odor característico. A Resolução CONAMA 357/2005 define, para corpos d'água classe 2, limites máximos de 250 mg/L de sulfato total.

As concentrações de sulfato total foram baixas em toda a rede de amostragem, sendo muito inferiores ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados variaram de 2,02 mg/L, nos pontos CT2 (rio Tapajós - jusante de Itaituba) e PD2 (pedral - rio Tapajós - cachoeira São Luiz do Tapajós), nas campanhas de seca e enchente, respectivamente a 16,58 mg/L, no ponto LA6 (lagoa - rio Tapajós - montante do rio Crepori), na campanha de enchente, segundo apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/96 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/99**.

Em função das concentrações encontradas estarem muito abaixo do padrão determinado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2, a linha correspondente a este limite máximo não está representada nos gráficos correspondentes.

Observam-se, de forma geral, valores ligeiramente mais altos de sulfato total nas amostragens realizadas na calha do rio Jamanxim em relação aos resultados mensurados nos demais biótopos, com índices mínimos incidindo durante a seca e máximos nos períodos de cheia e enchente, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20** e no **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/100**.

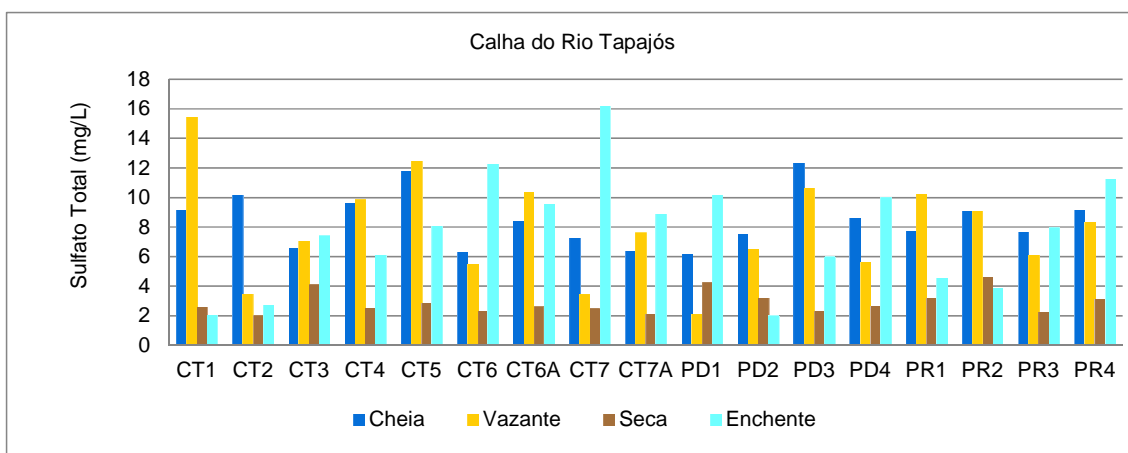


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/96 - Sulfato Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

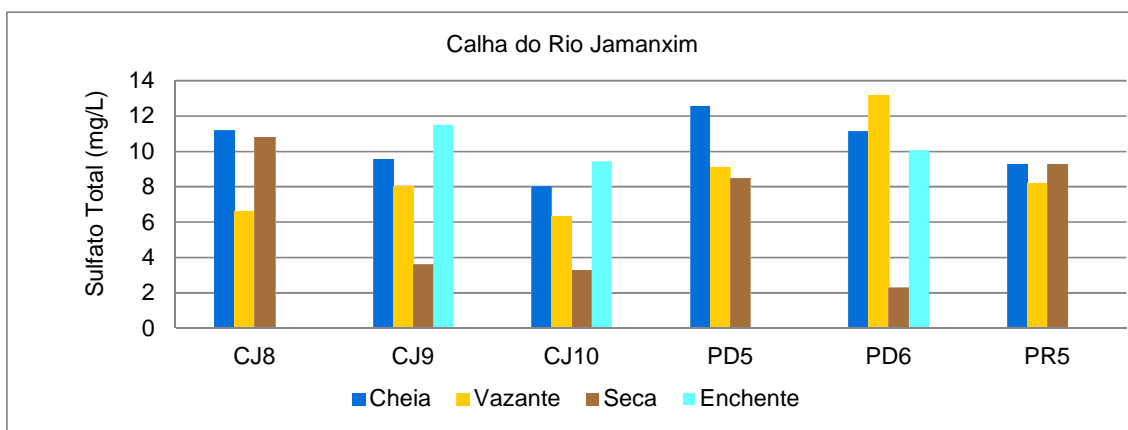


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/97 - Sulfato Total (mg/L) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

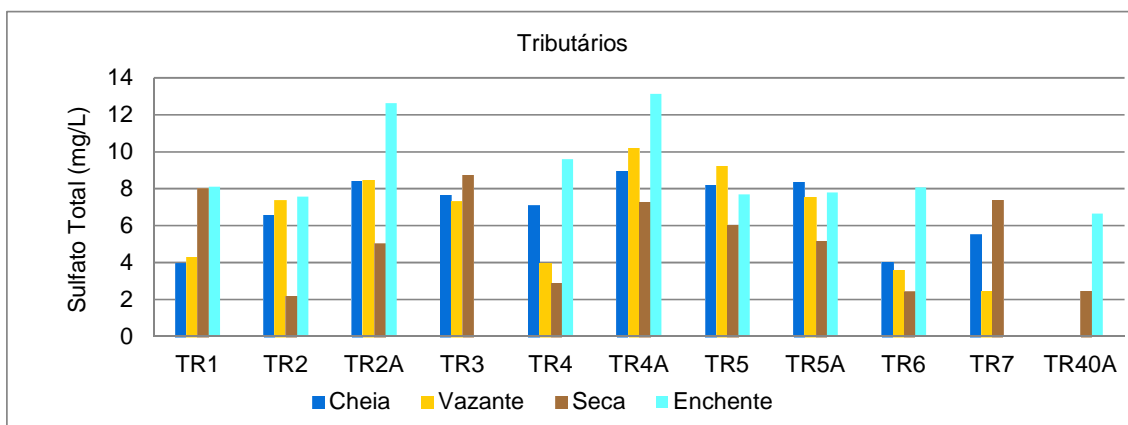


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/98 - Sulfato Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

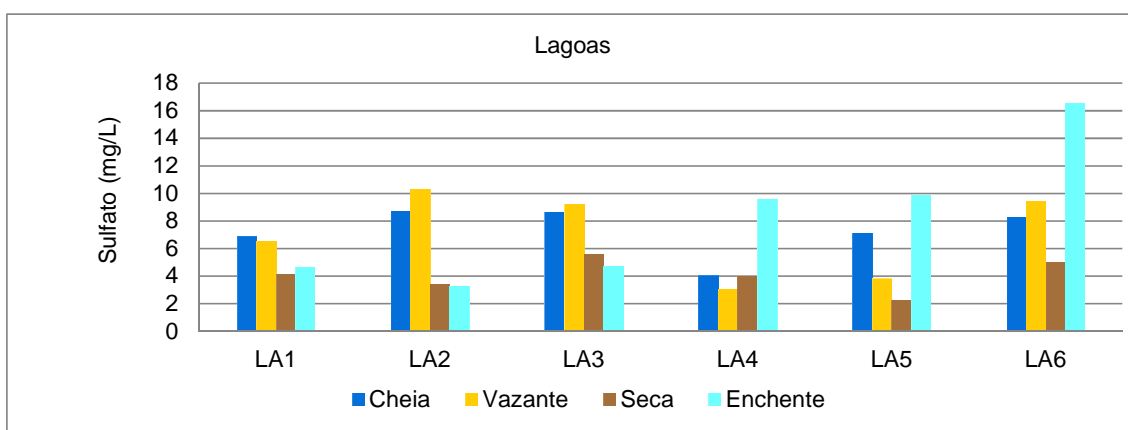


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/99 - Sulfato Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

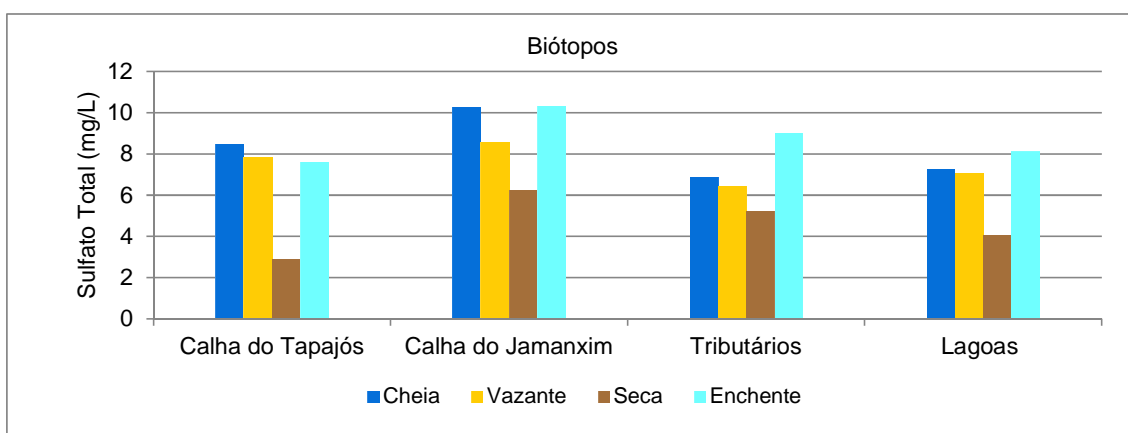


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/100 - Valores Médios de Sulfato Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/20 - Síntese dos Resultados de Sulfato Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	8,45	7,86	2,89	7,59	6,70
	Mínimo	6,15	2,12	2,02	2,02	2,02
	Máximo	12,31	15,38	4,58	16,19	16,19
	Desvio Padrão	1,81	3,45	0,77	3,87	3,51
	Erro Padrão	0,44	0,84	0,19	0,94	0,43
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	10,27	8,58	6,27	10,34	8,87
	Mínimo	7,99	6,33	2,29	9,43	2,29
	Máximo	12,52	13,20	10,79	11,50	13,20
	Desvio Padrão	1,63	2,49	3,63	1,06	2,92
	Erro Padrão	0,67	1,02	1,48	0,61	0,64
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	6,88	6,45	5,24	9,03	6,90
	Mínimo	3,96	2,47	2,18	6,65	2,18
	Máximo	8,99	10,20	8,72	13,13	13,13
	Desvio Padrão	1,82	2,65	2,45	2,32	2,63
	Erro Padrão	0,58	0,84	0,74	0,77	0,42
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	7,27	7,06	4,08	8,11	6,63
	Mínimo	4,03	3,08	2,27	3,27	2,27
	Máximo	8,70	10,26	5,62	16,58	16,58
	Desvio Padrão	1,76	3,08	1,18	4,98	3,29
	Erro Padrão	0,72	1,26	0,48	2,03	0,67

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável. O limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para DBO em águas doces classe 2 é de no máximo 5 mg/L.

Na rede amostral, em todas as campanhas, as concentrações de DBO mantiveram-se condizentes com o limite da legislação, em todas as amostras analisadas, segundo constam nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/101 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/104**. Os valores máximos (5,0 mg/L) foram obtidos nos pontos CT1 (rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro) e TR5A (rio Ratão), ambos no período de seca.

De forma geral, os teores mais elevados de DBO durante o período de seca, observados nos quatro biótopos avaliados, são decorrentes das maiores concentrações de materiais orgânicos nas águas (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/105**).

Foram analisados os teores de DBO em três estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) em pontos com profundidade superior a 3 m nas lagoas e 5 m nos rios e tributários.

De acordo com os resultados apresentados no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 8 – Anexos Gerais), **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34**, nota-se que as variações dos valores de DBO no perfil da coluna d'água mais consideráveis ocorreram no período de seca, oscilando entre 5,0 mg/L (superfície) e 3,5 mg/L (fundo) no ponto CT1 (rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro); entre 3,0 mg/L (superfície) e 2,0 mg/L (fundo) no ponto CT3 (rio Tapajós - jusante do futuro reservatório - montante de Itaituba); entre 2,0 mg/L (superfície) e <2,0 mg/L (fundo) no ponto CT5 (rio Tapajós - jusante do rio Jamanxim). Nos pontos CT7A (rio Tapajós - jusante do rio Crepori - montante do futuro reservatório) e CJ10 (rio Jamanxim - montante do futuro reservatório), não houve variação de DBO no perfil de profundidade.

Os resultados obtidos em diferentes profundidades apontam baixa variação de DBO na coluna d'água, revelando que os pontos amostrados constituem ambientes de mistura completa condicionada pelo regime de altas vazões, conforme dados apresentados no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/34.

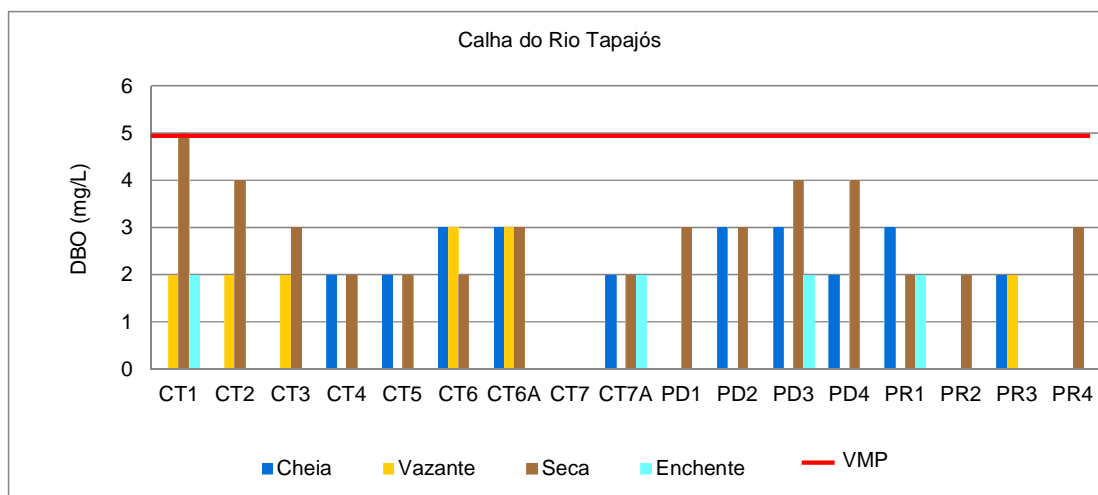


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/101 - DBO (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

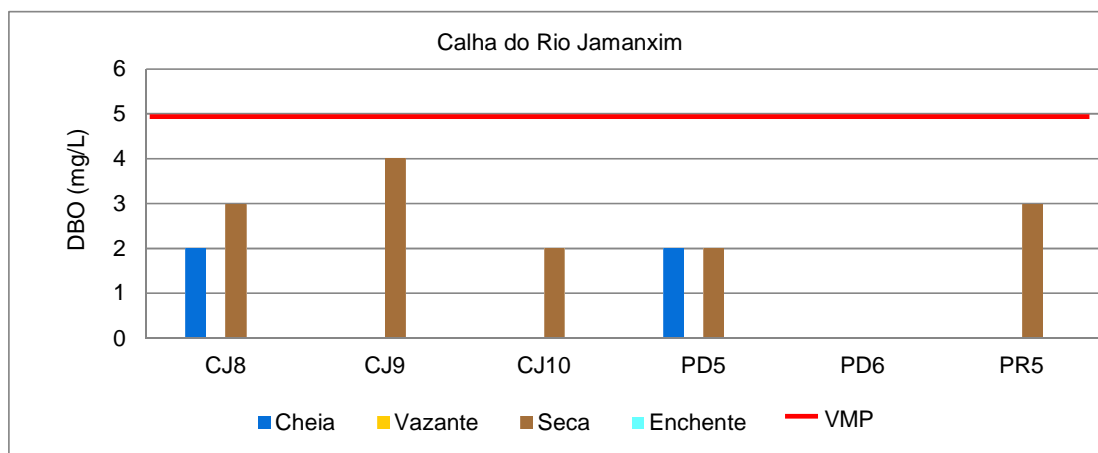


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/102 - DBO (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

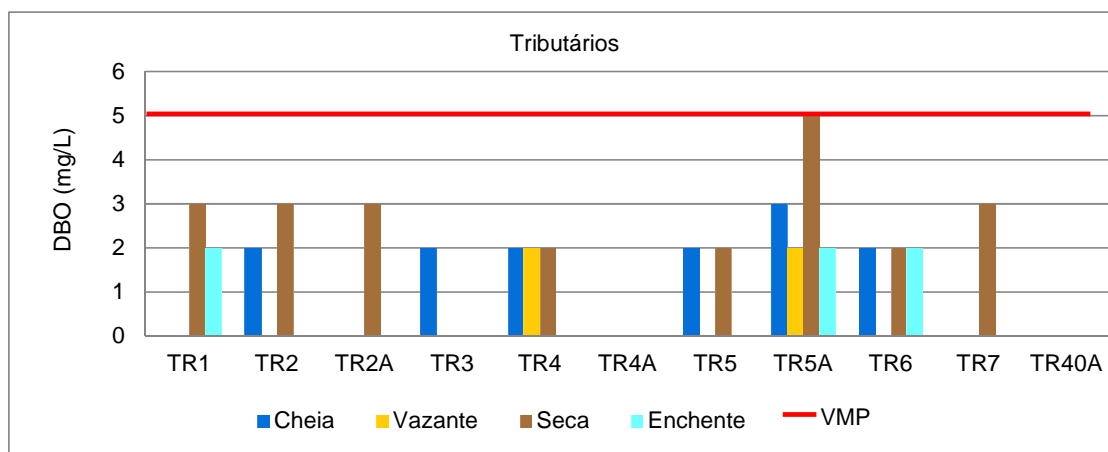


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/103 - DBO (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

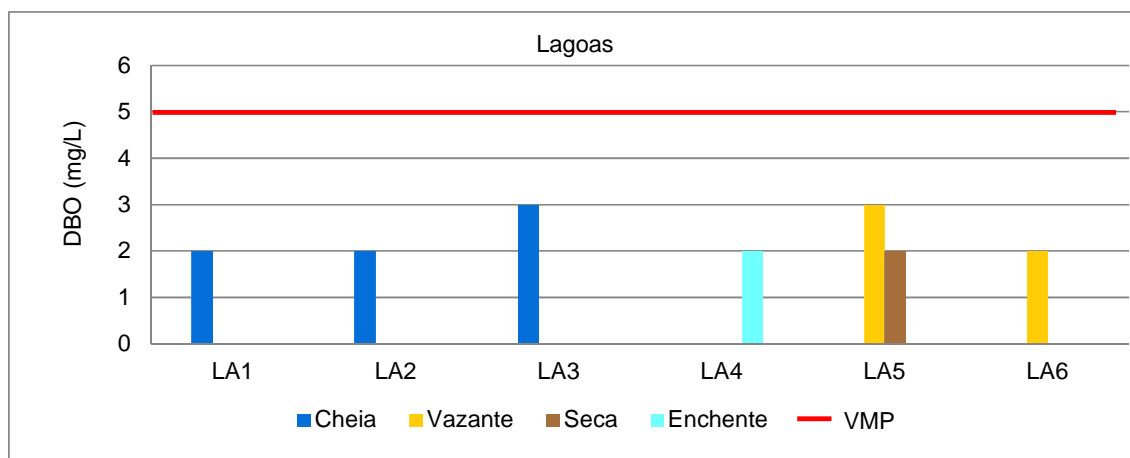


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/104 - DBO (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 - Síntese dos Resultados de DBO (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	2,18	2,12	2,82	2,00	2,28
	Mínimo	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Máximo	3,00	3,00	5,00	2,00	5,00
	Desvio Padrão	0,73	0,33	0,95	0,00	0,69
	Erro Padrão	0,18	0,08	0,23	0,00	0,08
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	2,00	2,00	2,67	2,00	2,17
	Mínimo	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Máximo	2,00	2,00	4,00	2,00	4,00
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,82	0,00	0,51
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,33	0,00	0,11
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	2,10	2,00	2,64	2,00	2,18
	Mínimo	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Máximo	3,00	2,00	5,00	2,00	5,00
	Desvio Padrão	0,32	0,00	0,92	0,00	0,56
	Erro Padrão	0,10	0,00	0,28	0,00	0,09
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	2,17	2,17	2,00	2,00	2,08
	Mínimo	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Máximo	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00
	Desvio Padrão	0,41	0,41	0,00	0,00	0,29
	Erro Padrão	0,17	0,17	0,00	0,00	0,06

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

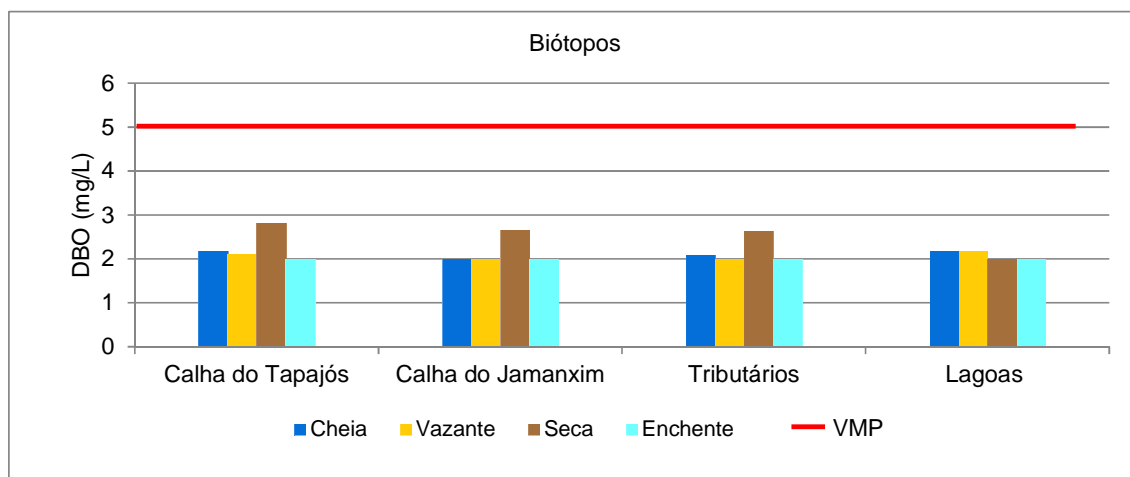


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/105 - Valores Médios de DBO (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (5 mg/L)

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico. Em geral, o aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. Não há na legislação limites estabelecidos para a DQO.

Assim como a análise da DBO, foram considerados teores de DQO em três estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) nos pontos de amostragens mais profundos, como: CT1, CT3, CT5, CT7A e CJ10.

Os níveis de DQO mantiveram-se abaixo do limite de quantificação do método (< 6 mg/L), em todas as amostras obtidas nas quatro campanhas, tanto na superfície como na coluna d'água, mostrando que o ambiente comporta pequena concentração de materiais orgânicos não biodegradáveis.

- Coliformes Totais e *Escherichia coli*

Os resultados de coliformes totais representam, em cada amostra, a soma dos coliformes de origem fecal e não fecal, sendo este último associado aos materiais em decomposição nos solos e no ambiente aquático. A Resolução CONAMA 357/2005 não apresenta limite para essa variável.

As concentrações dos coliformes totais ficaram, em geral, abaixo de 2.000 NMP/100mL em todas as campanhas, atingindo o máximo de 5.335 NMP/100mL no ponto PD2 (pedral - rio Tapajós - cachoeira São Luiz do Tapajós), durante a campanha de vazante, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/106** a **7.4.1.1.2.6.2.3.2/109**. Os resultados expressos como >2.420 NMP/100 mL em

algumas amostras referem-se aos valores máximos indicados na tabela de resultados estatísticos para o método adotado, considerando a amostra bruta de água. Esses valores não são representados nos respectivos gráficos.

Considerando os biótopos amostrados no ciclo hidrológico de 2012, observam-se, em geral, valores mais elevados de coliformes totais nos tributários devido ao maior aporte de sólidos, e menores nas lagoas (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/22** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/110**).

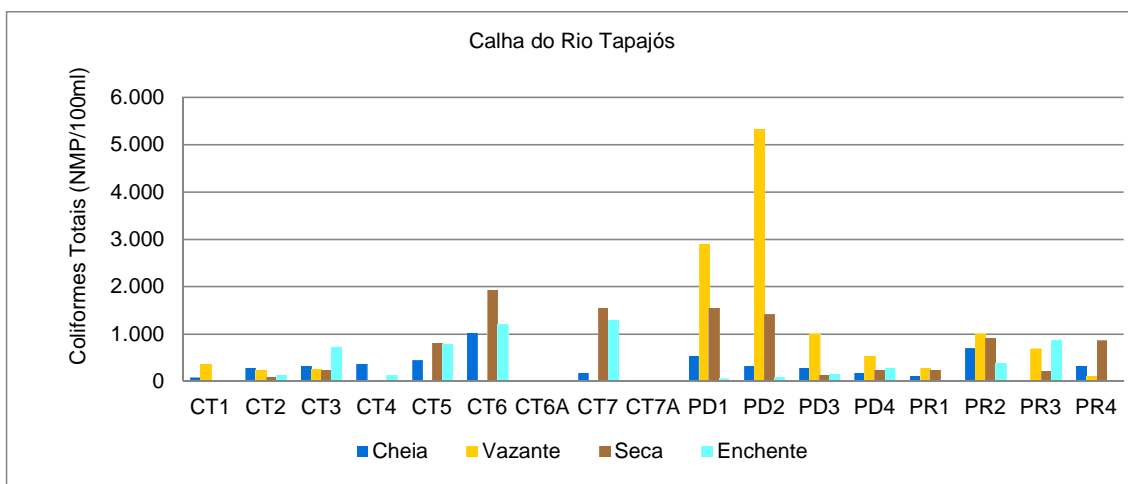


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/106 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

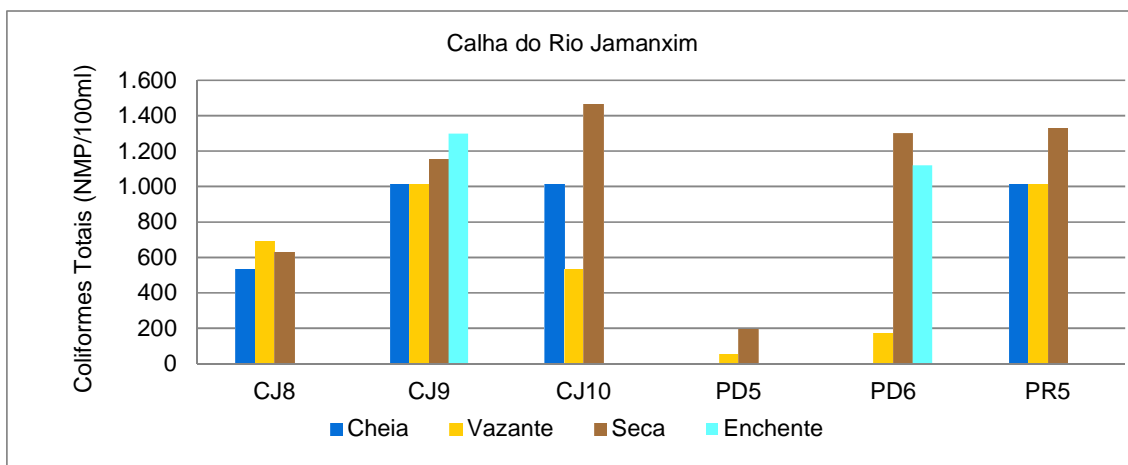


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/107 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) na Calha do Rio Jamanxim Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

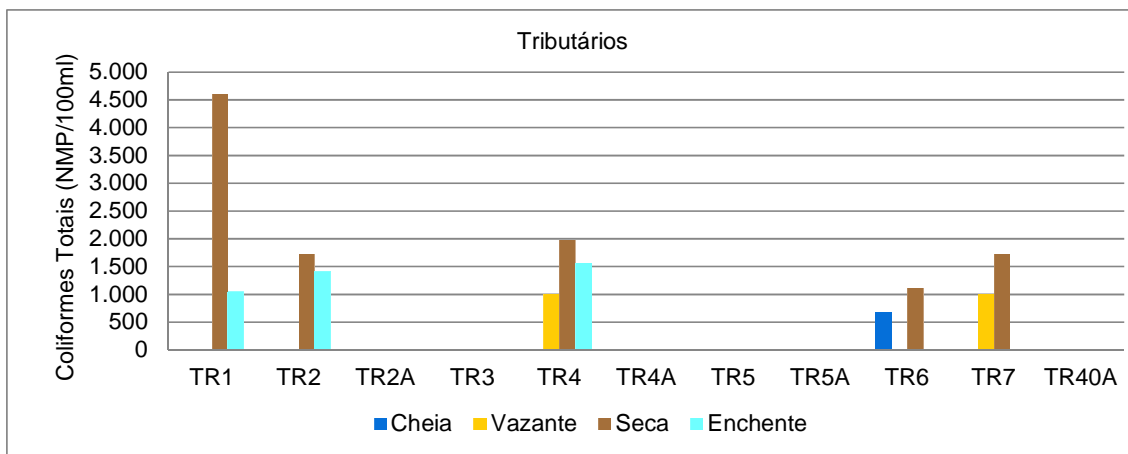


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/108 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

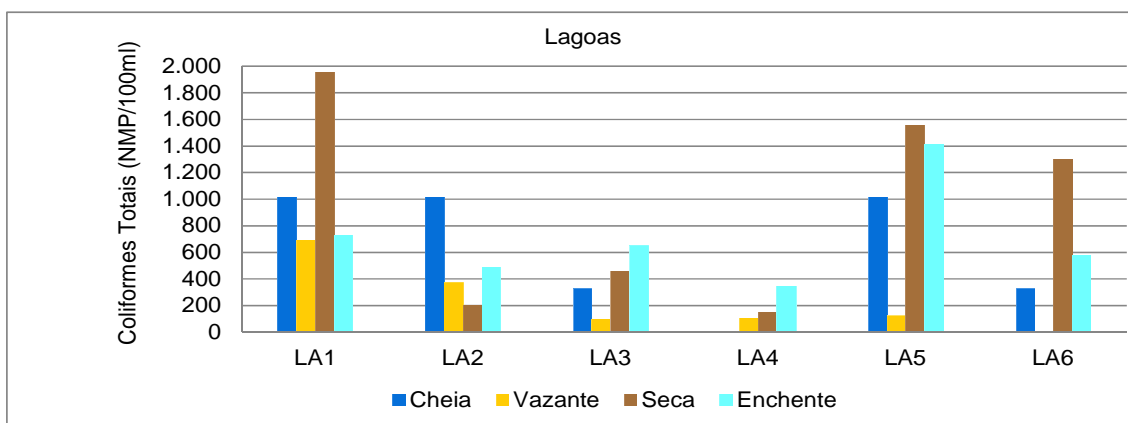


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/109 - Coliformes Totais (NMP/100 mL) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/22 - Síntese dos Resultados dos Coliformes Totais (NMP100/mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	15	15	15	15	60
	Média	504	1.497	843	572	854
	Mínimo	77	131	20	5	5
	Máximo	>2.420	5.335	>2.420	>2.420	5.335
	Desvio Padrão	581	1.461	768	669	995
	Erro Padrão	150	377	198	173	128
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	1.401	580	1.012	1.613	1.151
	Mínimo	534	56	196	1.120	56
	Máximo	>2.420	1.012	1.464	>2.420	>2.420
	Desvio Padrão	810	407	494	704	683

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Tributários	Erro Padrão	331	166	202	407	149
	n	7	7	7	5	26
	Média	2.173	2.017	2.287	1.771	2.062
	Mínimo	691	1.011	1.120	1.046	691
	Máximo	>2.420	>2.420	4.611	>2.420	4.611
	Desvio Padrão	653	687	1.119	621	783
Lagoas	Erro Padrão	247	260	423	278	154
	n	6	6	6	6	24
	Média	1.017	635	935	700	822
	Mínimo	326	97	152	345	97
	Máximo	>2.420	>2.420	1.951	1.414	>2.420
	Desvio Padrão	765	904	765	374	699
	Erro Padrão	312	369	312	153	143

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

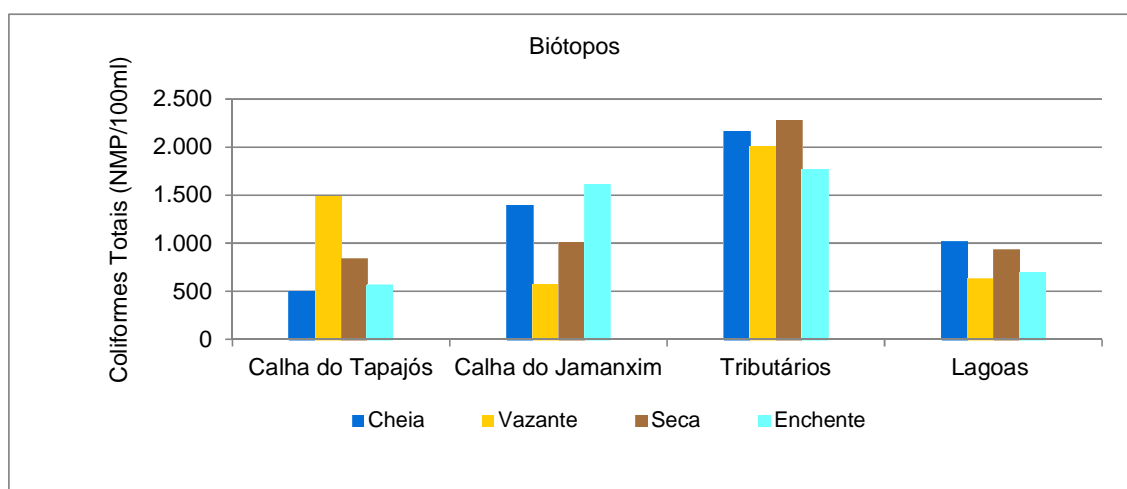


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/110 - Valores Médios de Coliformes Totais (NMP/100 mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Escherichia coli é uma bactéria natural da flora microbiana do trato intestinal de humanos e da maioria dos animais de sangue quente, sendo, portanto, normalmente encontrada nas fezes humanas e destes animais. Embora a maioria das variedades de *E. coli* seja inofensiva, algumas linhagens podem provocar doenças, como diarreia, infecção urinária e outras enfermidades.

A Resolução CONAMA 357/2005, no Art. 15, considera que *E. coli* pode ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limite estabelecido pelo órgão ambiental competente.

Os maiores níveis de *E. coli* foram verificados nos tributários, seguidos das lagoas e da calha do Jamanxim, com máximo de 345 NMP/100mL no ponto TR4 (rio Mariazinha), na campanha de enchente. Os menores índices ocorreram no curso do rio Tapajós, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/111 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/115** e **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23**.

Cabe destacar que em nenhum dos pontos amostrados detectaram-se níveis de *E. coli* superiores ao limite definido pela Resolução CONAMA 357/05 para coliformes termotolerantes (1.000 NMP/100mL). Além disso, durante as campanhas de cheia, vazante e seca, verificaram-se, em alguns pontos amostrados, valores inferiores ao limite de quantificação do método analítico (<1 NMP/100 mL).

Durante o ciclo hidrológico de 2012, foram verificadas concentrações médias de *E. coli* mais expressivas nas amostragens realizadas nos tributários e com uma maior evidência na campanha de enchente, conforme Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/115. Estas condições decorrem provavelmente da afluência das cargas de lavagem dos terrenos das ocupações existentes as margens dos igarapés, cujos índices mais elevados são observados normalmente durante a ocorrência das primeiras chuvas.

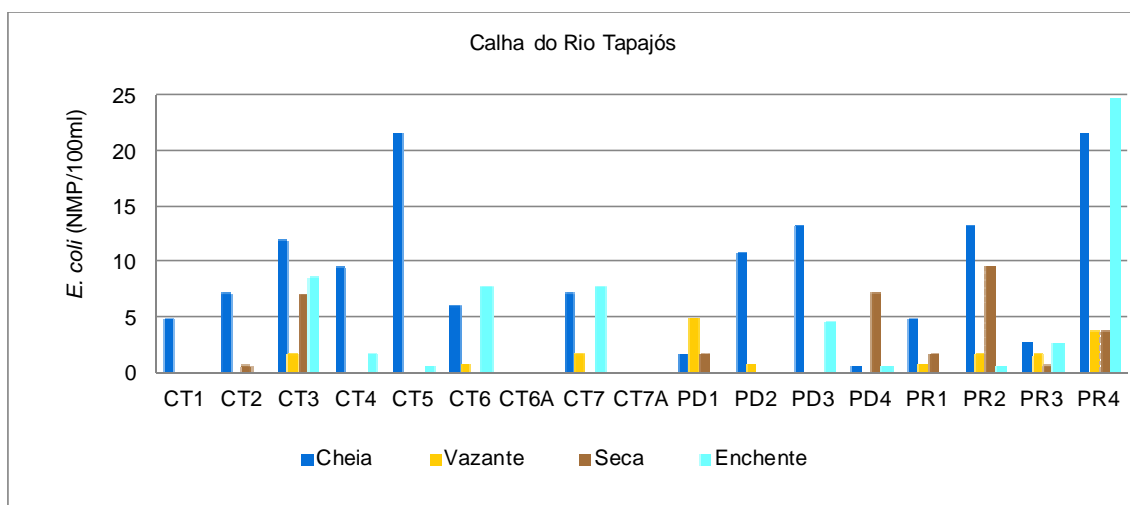


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/111 – *E. coli* (NMP/100 mL) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

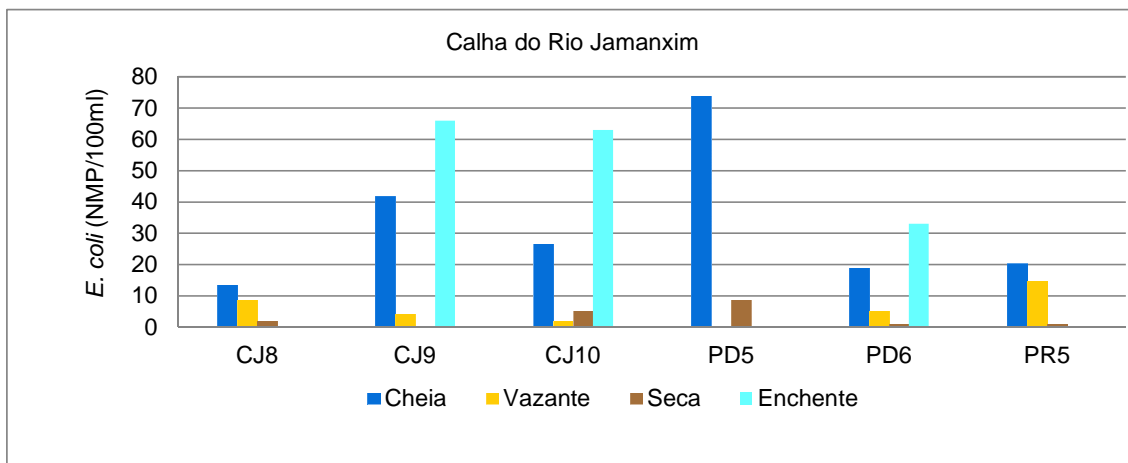


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/112 - *E. coli* (NMP/100 mL) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

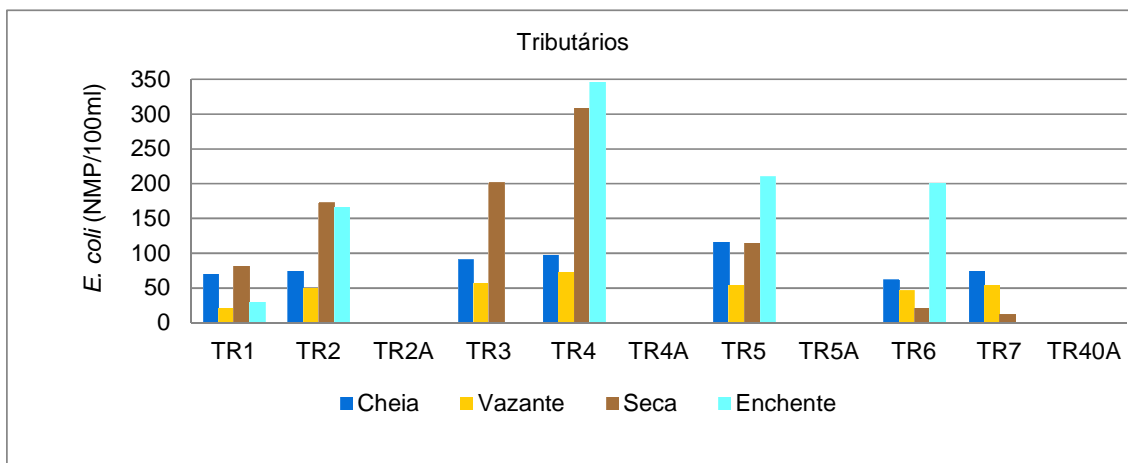


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/113 - *E. coli* (NMP/100 mL) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

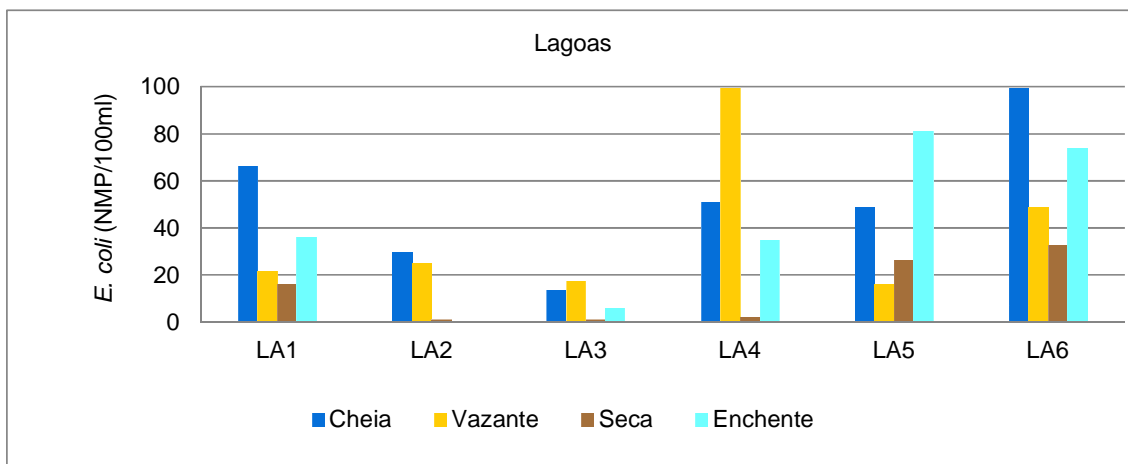


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/114 - *E. coli* (NMP/100 mL) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/23 - Síntese dos Resultados de Escherichia coli (NMP100/mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	15	15	15	15	60
	Média	9,4	1,8	2,8	4,5	4,6
	Mínimo	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	Máximo	21,8	5,2	9,8	25,0	25,0
	Desvio Padrão	6,4	1,3	3,0	6,4	5,5
	Erro Padrão	1,6	0,3	0,8	1,7	0,7
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	32,5	6,0	3,1	54,0	23,9
	Mínimo	13,5	<1,0	<1,0	33	<1,0
	Máximo	73,8	14,8	8,6	66,0	73,8
	Desvio Padrão	22,5	5,1	3,1	18,2	23,1
	Erro Padrão	9,2	2,1	1,3	10,5	5,0
Tributários	n	7	7	7	5	26
	Média	83,5	50,4	130,2	190,4	113,6
	Mínimo	61,8	20,3	12,2	30,0	12,2
	Máximo	116,2	72,4	307,6	345,0	345,0
	Desvio Padrão	18,8	15,7	105,4	112,6	86,2
	Erro Padrão	7,1	5,9	39,8	50,4	16,9
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	51,5	38,1	13,2	38,8	35,4
	Mínimo	13,5	16,1	1,0	<1,0	<1,0
	Máximo	99,3	99,3	32,7	81,0	99,3
	Desvio Padrão	29,7	32,3	14,0	33,3	30,1
	Erro Padrão	12,1	13,2	5,7	13,6	6,1

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

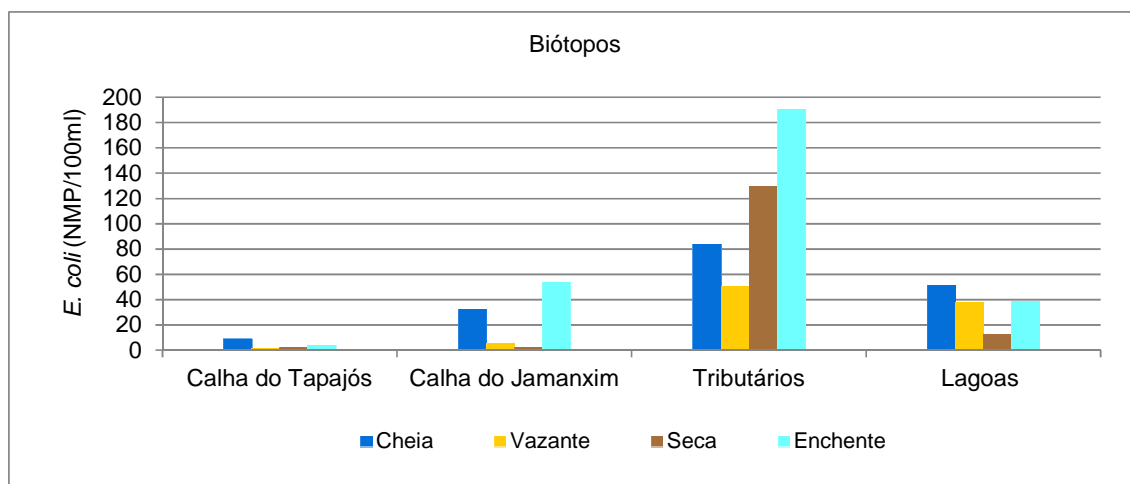


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/115 - Valores Médios de *E. coli* (NMP/100 mL) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Clorofila *a*

A clorofila *a*, comum a todos os seres autótrofos, é o pigmento responsável pela assimilação da energia luminosa no processo de síntese da matéria orgânica. Nos sistemas aquáticos, as algas são os principais organismos capazes de realizar a fotossíntese, de forma que o aumento na concentração de clorofila *a* indica maior desenvolvimento de algas nesses ambientes.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece para clorofila *a* em corpos d'água classe 2 o valor máximo de 30 µg/L.

Ao longo das quatro campanhas, foram identificadas 21 amostras com teores de clorofila *a* acima do limite máximo permitido, atingindo o máximo de 105 µg/L, no ponto TR5A (rio Ratão), durante a campanha de vazante, conforme constam nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/116 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/119**.

Em vários pontos amostrados, principalmente no período de cheia, verificaram-se valores para este parâmetro abaixo do limite de quantificação do método analítico, não sendo possível a sua visualização gráfica.

Comparando os biótopos, verifica-se que, em geral, os níveis de clorofila *a* são mais expressivos nas lagoas, em especial durante o período de cheia, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/120**. As maiores concentrações de clorofila *a* registrados neste ambiente decorrem principalmente da baixa circulação da água residente e da maior concentração de folhagens, proveniente da mata residente na região do entorno e que vem a concentrar neste ambiente lântico.

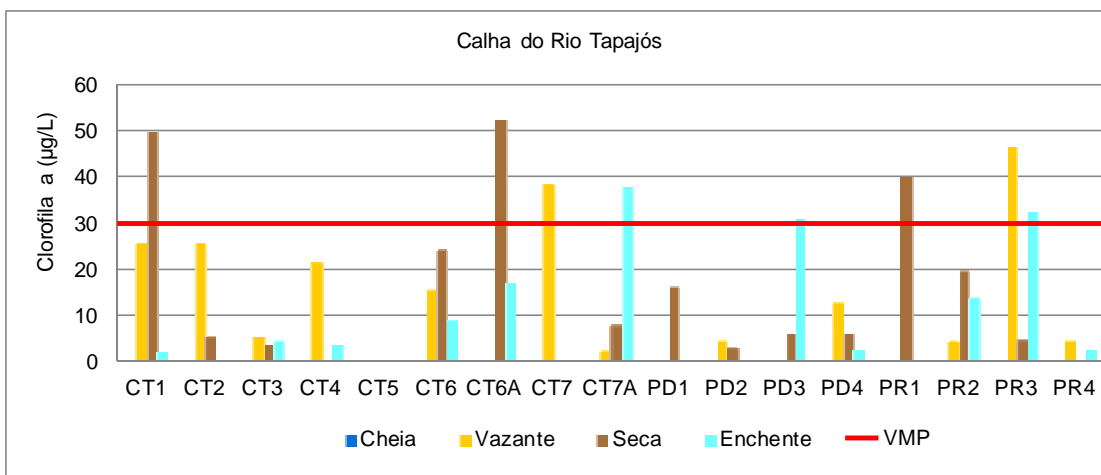


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/116 - Clorofila a (µg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

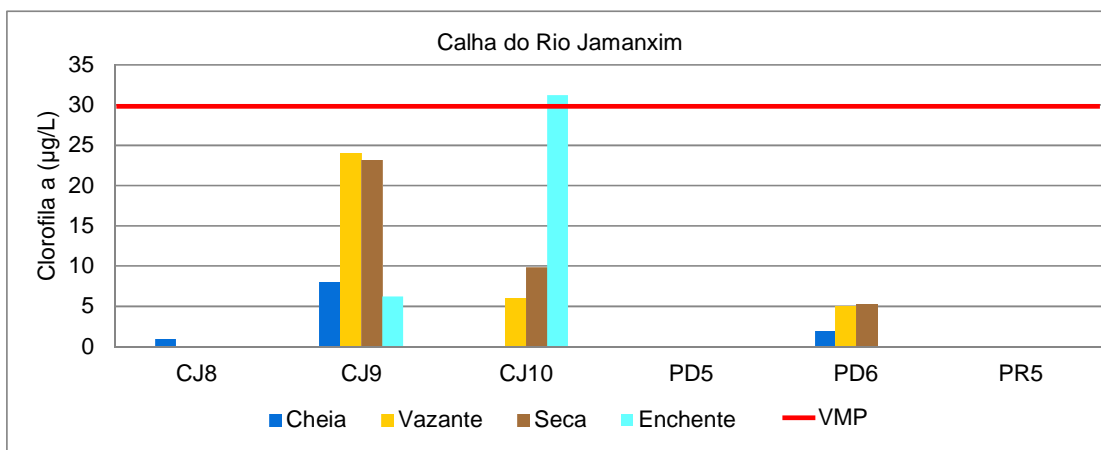


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/117 - Clorofila a (µg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

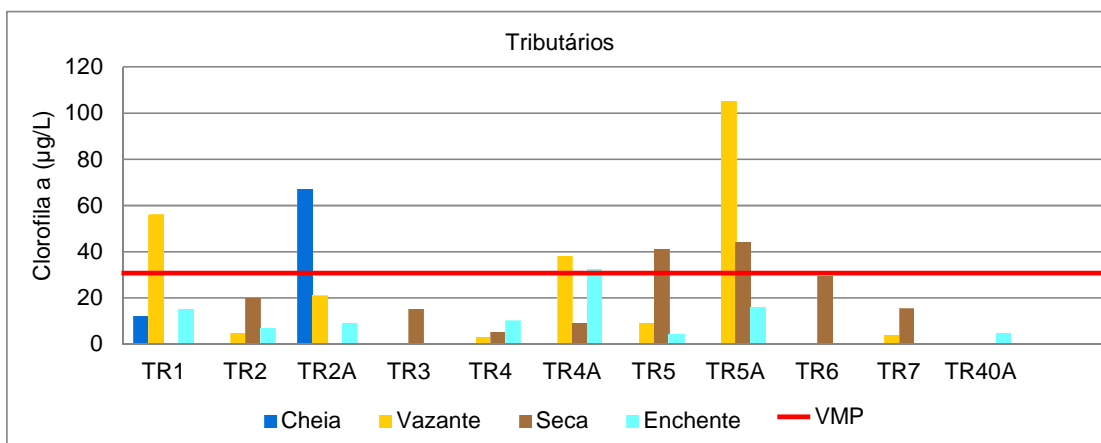


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/118 - Clorofila a (µg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (30 µg/L)

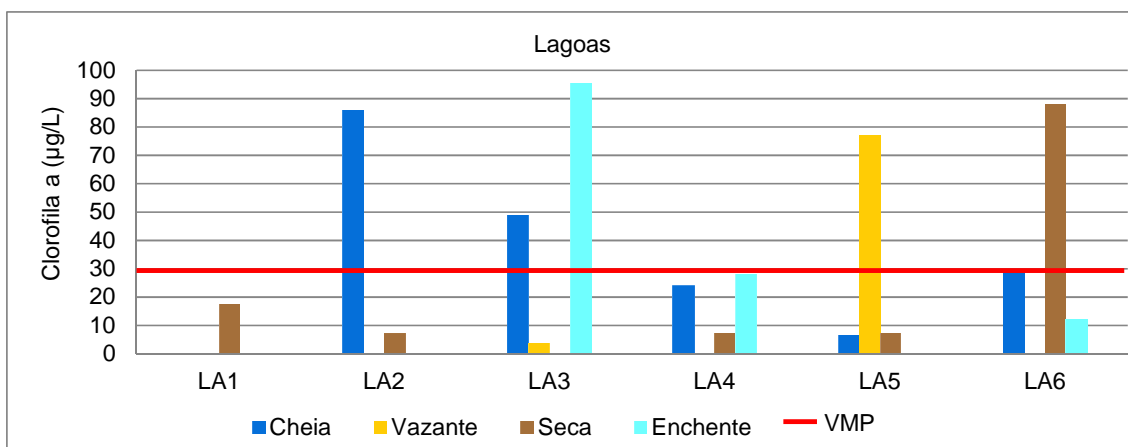


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/119 - Clorofila a (µg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (30 µg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 - Síntese dos Resultados de Clorofila a (µg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	1,35	13,26	15,04	10,40	10,01
	Mínimo	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<0,001
	Máximo	4,00	47,00	52,90	38,41	52,90
	Desvio Padrão	1,00	14,03	17,05	12,22	13,44
	Erro Padrão	0,24	3,40	4,14	2,96	1,63
Calha do Jamaxim	n	6	6	6	3	21
	Média	2,33	7,08	7,62	13,32	7,59
	Mínimo	<1,00	<2,5	<2,5	<2,5	<0,001
	Máximo	8,00	24,00	23,10	31,25	31,25
	Desvio Padrão	2,80	8,42	8,10	15,64	8,55
	Erro Padrão	1,15	3,44	3,31	9,03	1,87
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	8,70	24,57	16,97	11,27	15,38
	Mínimo	<1,00	<2,5	<2,5	<2,5	<0,001
	Máximo	67,00	105,00	44,10	32,45	105,00
	Desvio Padrão	20,77	33,58	15,21	9,23	21,78
	Erro Padrão	6,57	10,62	4,59	3,08	3,44
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	32,60	15,17	21,75	23,89	23,35
	Mínimo	<1,00	<2,5	<2,5	<2,5	<0,001
	Máximo	86,00	77,00	88,10	95,30	95,30
	Desvio Padrão	31,25	30,30	32,88	36,40	31,23
	Erro Padrão	12,76	12,37	13,42	14,86	6,37

LEGENDA: n – número de amostras **FONTE:** CNEC WorleyParsons, 2012

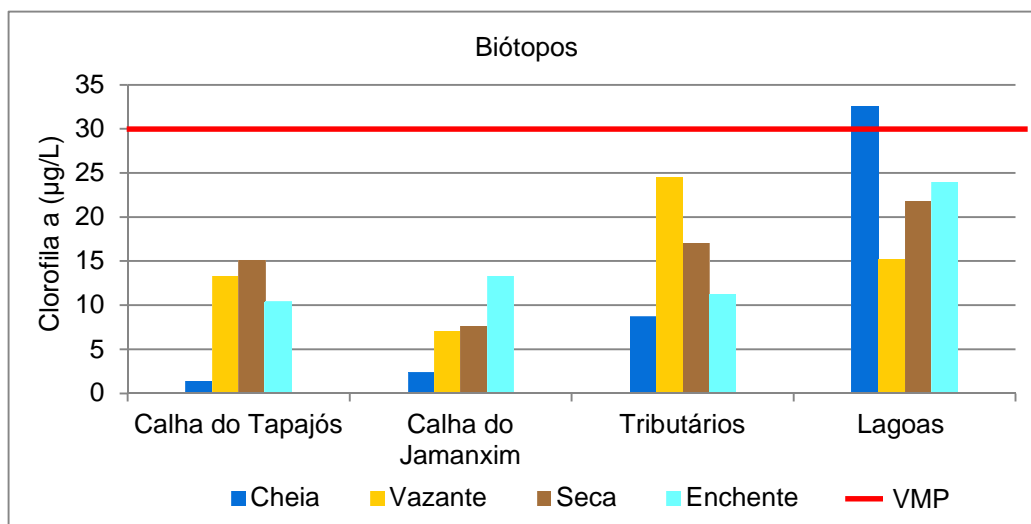


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/120 - Valores Médios de Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 ($30 \mu\text{g/L}$)

- Alumínio Dissolvido

Na água, o alumínio forma complexos com outros elementos como o fósforo, sendo influenciado por fatores como pH, temperatura, presença de sulfatos, de matéria orgânica e de outros ligantes. O alumínio normalmente apresenta-se ligado a argilo-minerais em suspensão, oriundos de processos de intemperismos de rochas. O aumento da concentração de alumínio nos corpos d'água, em geral, é devido ao transporte de sólidos a partir da bacia de drenagem, especialmente no período chuvoso, estando associado aos processos erosivos.

De acordo com Miranda *et al.* (*op cit*) estudo realizado no rio Tapajós mostram elevadas concentrações de alumínio, entre 0,047 a 0,78 mg/L, atribuída à presença desses elementos nos solos e à contribuição antrópica devido principalmente à mineração.

As amostragens efetuadas no diagnóstico do AHE São Luiz do Tapajós no período de enchente revelaram altos níveis de alumínio dissolvido nas águas, principalmente durante o período de enchente (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25**), sendo computadas em 29 amostras concentrações superiores ao limite máximo de 0,1 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas classe 2.

Cabe destacar que, durante os períodos de cheia, vazante e seca, as concentrações de alumínio dissolvido mantiveram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico ($<0,1 \text{ mg/L}$) em 95% das amostras analisadas.

Os maiores teores de alumínio dissolvido foram identificados nos cursos d'água onde são desenvolvidas atividades garimpeiras, notadamente nos rios Crepori, Ratão, Bom Jardim e Jamanxim, provavelmente em decorrência do revolvimento dos solos que acarreta em maior disponibilidade deste constituinte no meio aquoso.

Dentre estes tributários, destaca-se o rio Crepori (ponto TR6) com uma concentração de alumínio dissolvido de 4,58 mg/L, durante a campanha de enchente, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/121 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/124** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/125**.

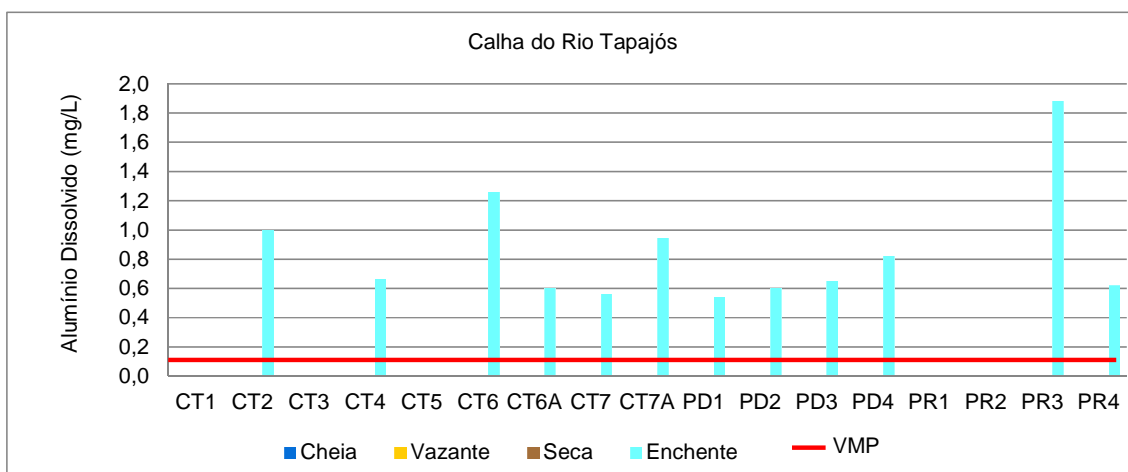


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/121 - Alumínio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L)

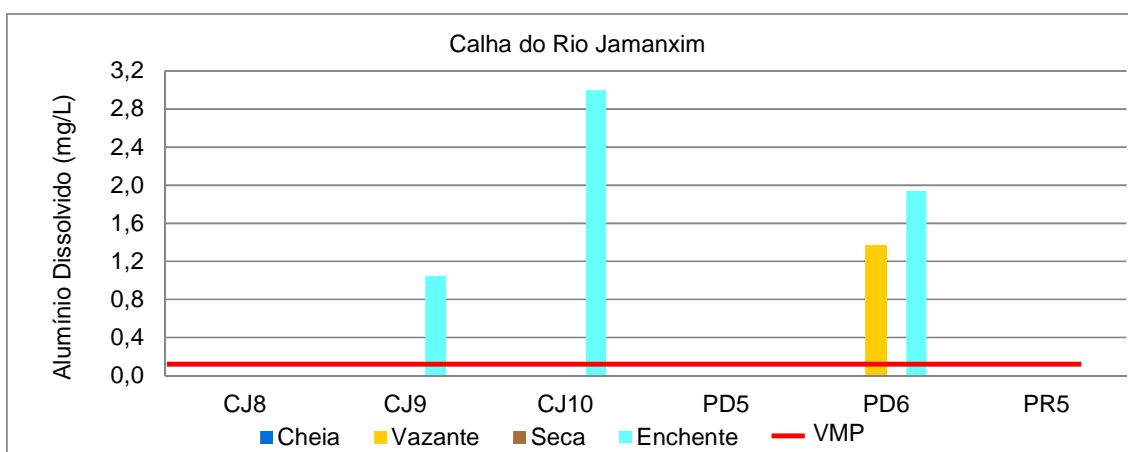


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/122 – Alumínio Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2 (0,1 mg/L)

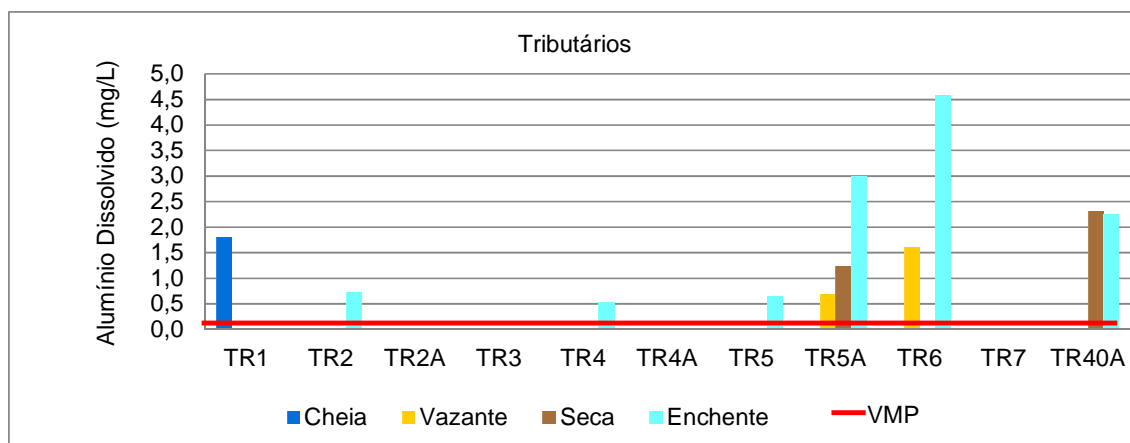


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/123 - Alumínio Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L)

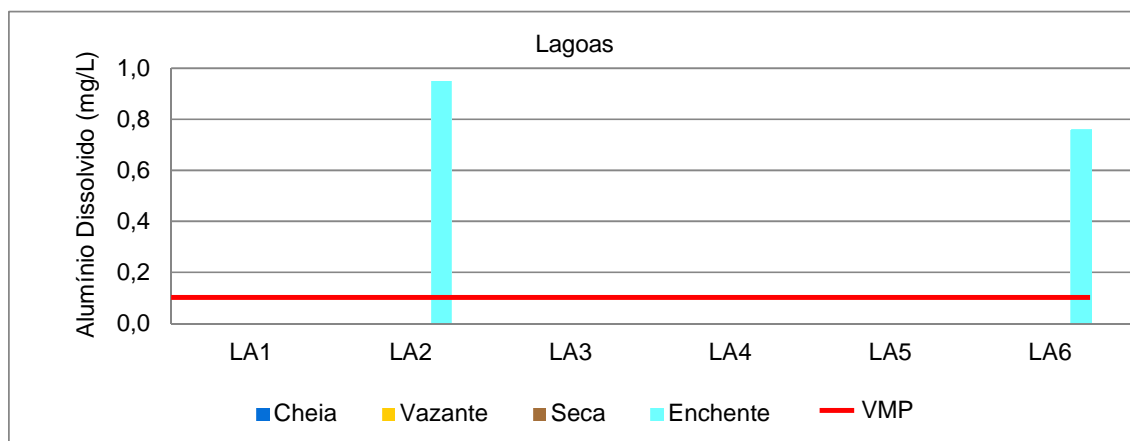


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/124 - Alumínio Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/25 - Síntese dos Resultados de Alumínio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,10	0,10	0,10	0,63	0,23
	Mínimo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Máximo	<0,10	<0,10	<0,10	1,88	1,88
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	0,48	0,33
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,00	0,12	0,04
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,10	0,31	0,10	2,00	0,63
	Mínimo	<0,10	<0,10	<0,10	1,05	<0,10
	Máximo	<0,10	1,37	<0,10	3,00	3,00
	Desvio Padrão	0,00	0,52	0,00	0,98	0,77
	Erro Padrão	0,00	0,21	0,00	0,56	0,17
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,27	0,31	0,40	1,34	0,58
	Mínimo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Máximo	1,80	1,60	2,31	4,58	4,58
	Desvio Padrão	0,54	0,49	0,72	1,59	0,98
	Erro Padrão	0,17	0,15	0,22	0,53	0,15
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,10	0,10	0,10	0,35	0,16
	Mínimo	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
	Máximo	<0,10	<0,10	<0,10	0,95	0,95
	Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	0,39	0,21
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,00	0,16	0,04

LEGENDA: n – número de amostras.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

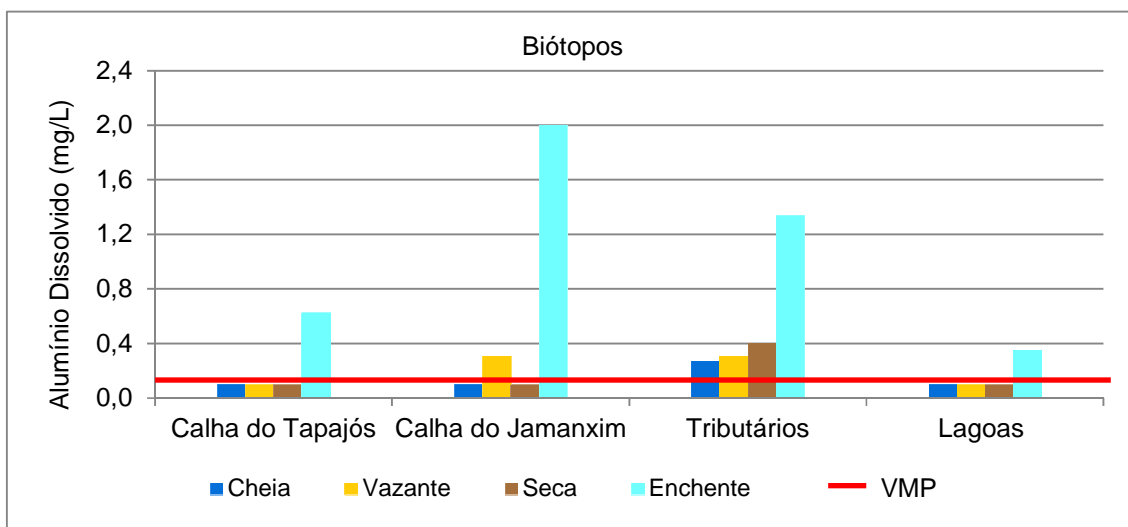


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/125 - Valores Médios de Alumínio Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L)

- Arsênio Total

O arsênio é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Em corpos d'água o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Sua dessorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio. Em ambientes reduzidos, e com presença de oxi-hidróxidos de ferro e manganês dissolvidos, o arsênio é liberado para a água subterrânea.

O arsênio apresenta-se na água na forma de dois óxidos, sendo que a forma trivalente (AsO_3) é mais tóxica que a pentavalente (AsO_5). Essa forma química pode ser produto de atividades de mineração e da queima de carvão mineral. O arsênio pode entrar no ambiente como formas associadas ao fosfato. Como o mercúrio, o arsênio pode ser convertido em formas mais móveis na água ou formas mais tóxicas, pela ação de bactérias (MANAHAM, 1994). Os compostos do arsênio, em doses relativamente elevadas, são venenosos e carcinogênicos.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite de 0,01 mg/L de arsênio total para águas doces classe 2. Em todas as amostragens de água superficial realizadas no ciclo hidrológico de 2012 no âmbito do AHE São Luiz do Tapajós, os valores de arsênio total foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,01 mg/L), estando, portanto, em consonância com a legislação vigente.

As concentrações de arsênio verificadas para os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

- Cádmi Total

O cádmio ocorre na natureza na forma de sais ou de sulfetos, frequentemente associado ao zinco, onde aparece como impureza. Nas águas naturais, o cádmio é encontrado em concentrações muito baixas. Ao ser introduzido no ambiente aquático, tende a ser rapidamente adsorvido ao material particulado, depositando-se no sedimento, e sua mobilidade passa a ser controlada pelo pH e pelo potencial redox. O cádmio apresenta elevado potencial tóxico, com efeito cumulativo, podendo concentrar-se em tecidos de peixes e em outras formas de vida aquática.

Para este metal, a Resolução CONAMA 357/2005 considera o limite máximo de 0,001 mg/L em águas doces. Em todas as amostragens de águas superficiais, os teores de cádmio total foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,001mg/L) e, portanto, condizentes com o limite da legislação vigente.

As concentrações de cádmio verificadas para os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

- Chumbo Total

Em águas naturais, o chumbo é encontrado apenas como elemento traço. Sua presença em concentração mais elevada está associada às atividades de jazidas minerais ou lançamento de efluentes. Tem efeito tóxico e cumulativo especialmente na forma iônica. A intoxicação crônica desse metal é denominada saturnismo, frequente em trabalhadores expostos à ação do chumbo e seus compostos.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo permitido de 0,01 mg/L. Em todos os pontos amostrados foram obtidos valores abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,01 mg/L), estando então condizentes com o limite da legislação vigente.

As concentrações de chumbo verificadas para os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a

7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

- Cobre Dissolvido e Cobre Total

O cobre é um metal de ampla distribuição na crosta terrestre. São empregados, sob a forma de óxidos e sulfatos, na fabricação de fungicidas, algicidas, entre outros pesticidas. Por tratar-se de um metal de amplo emprego, é frequentemente encontrado nas águas receptoras de lixo e de esgotos domésticos e industriais.

Para o homem, o cobre é tóxico quando ingerido em quantidades muito elevadas. Nos sistemas hídricos, apresenta forte interação com a matéria orgânica, o que reduz sensivelmente sua biodisponibilidade para os organismos aquáticos.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece para o cobre dissolvido, em corpos d'água classe 2, o valor máximo de 0,009 mg/L.

Na rede amostral, os teores de cobre dissolvido foram, em sua maioria, inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,002 mg/L). Os níveis de cobre dissolvido verificados acima do limite de quantificação do método oscilaram entre 0,01 mg/L (PD2 - pedral - rio Tapajós - cachoeira São Luiz do Tapajós, na cheia, TR40A - igarapé Bom Jardim e LA3 - lagoa - rio Tapajós - montante do rio Mariazinha, durante o período de seca) e 0,04 mg/L (CT2 - rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras, na vazante), conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/126 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/128**.

Conforme citado, as concentrações de cobre dissolvido nos pontos da calha do rio Jamanxim, assim como nas amostras de algumas campanhas dos demais biótopos, não ultrapassaram o limite de quantificação do método, não sendo, portanto, apresentadas em gráfico.

Ao longo das quatro campanhas desenvolvidas na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, foram identificadas concentrações de cobre dissolvido superando o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05 em oito pontos, situados na calha do rio Tapajós (PD2 - pedral - cachoeira São Luiz do Tapajós, na cheia; CT2 - jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras, na vazante; CT1 - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro, CT6 - jusante do rio Jutá e PD3 - pedral - entre os rios Jamanxim e Tucunaré, na enchente), nas lagoas (LA3 - montante do rio Mariazinha e LA4 - jusante do rio Mariazinha, na seca), assim como nos tributários (TR2 - igarapé Bathu, na enchente e TR40A - igarapé Bom Jardim, na seca).

Concentrações de cobre dissolvido encontradas abaixo do limite de quantificação do método, incluindo os pontos da calha do rio Jamanxim, não foram representadas em gráfico. Comparando as concentrações médias de cobre dissolvido nos diferentes biótopos durante o ciclo hidrológico de 2012, podem ser verificados valores mais expressivos nas lagoas no período de seca e na calha do rio Tapajós nas campanhas de enchente e vazante, conforme o **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26** e o **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/129**.

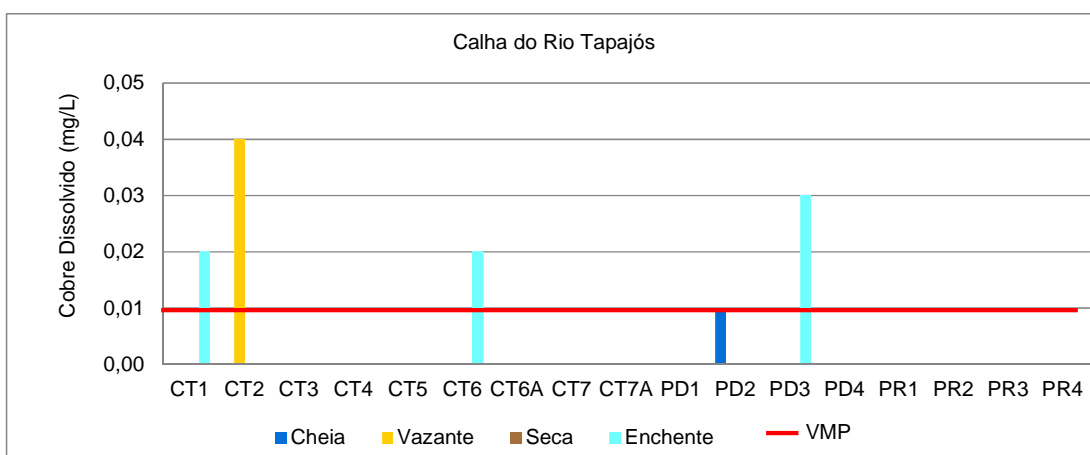


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/126 - Cobre Dissolvido (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,009 mg/L)

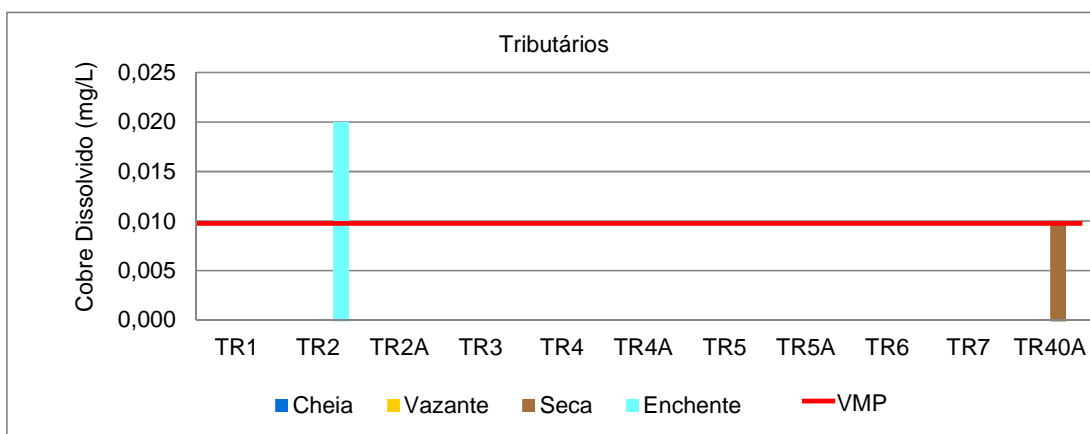


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/127 - Cobre Dissolvido (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

Legenda: VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,009 mg/L)

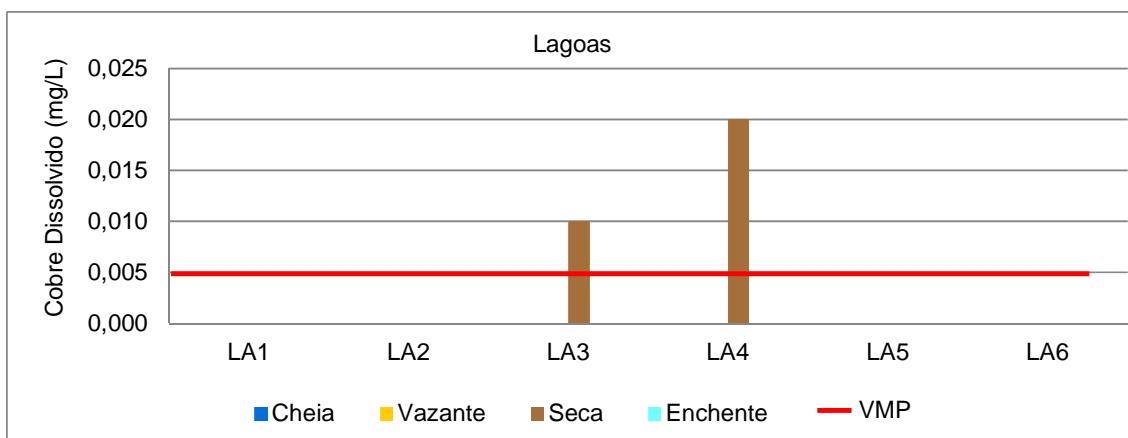


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/128 - Cobre Dissolvido (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,009 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/26 - Síntese dos Resultados de Cobre Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,0025	0,0042	0,0020	0,0058	0,0036
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	Máximo	0,0100	0,0400	0,0020	0,0300	0,0400
	Desvio Padrão	0,0019	0,0092	0,0000	0,0086	0,0064
	Erro Padrão	0,0005	0,0022	0,0000	0,0021	0,0008
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	Máximo	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,0020	0,0020	0,0027	0,0040	0,0027
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	Máximo	0,0020	0,0020	0,0100	0,0200	0,0200
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0024	0,0060	0,0031
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0007	0,0020	0,0005
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,0020	0,0020	0,0063	0,0020	0,0031
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
	Máximo	0,0020	0,0020	0,0200	0,0020	0,0200
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0074	0,0000	0,0040
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0030	0,0000	0,0008

LEGENDA: n – número de amostras **FONTE:** CNEC WorleyParsons, 2012

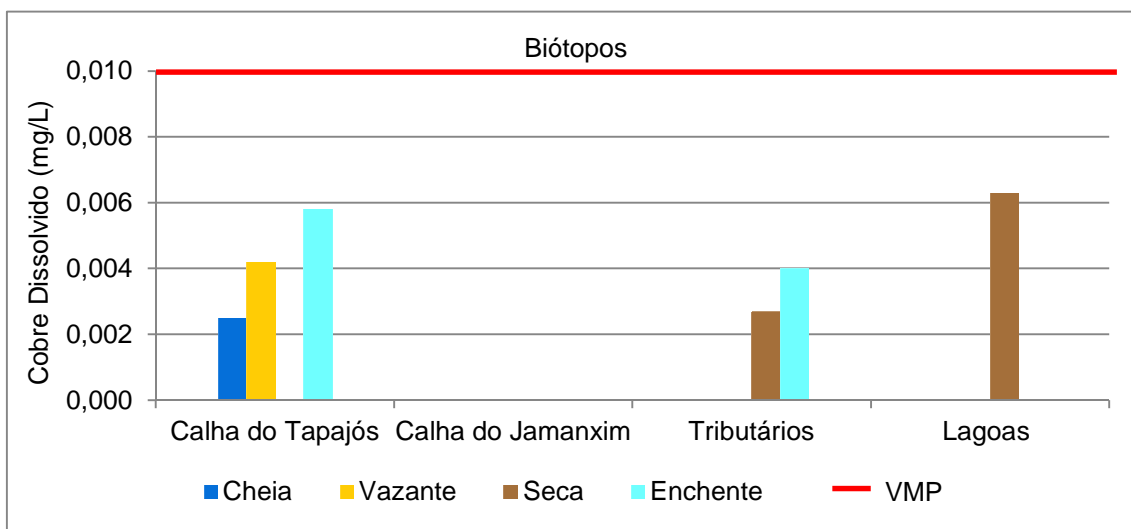


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/129 – Valores Médios de Cobre Dissolvido (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,009 mg/L)

Para cobre total, a maioria dos valores obtidos está abaixo do limite de quantificação do método. Entre os valores acima desse limite, a concentração mínima foi 0,01 mg/L, nos pontos da calha do rio Tapajós (CT2 - jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras, na enchente; CT6 - jusante do rio Jutai, na seca; CT7 - montante do rio Crepori, na seca; CT7A - jusante do rio Crepori, na seca) e do tributário TR4 (rio Mariazinha, na enchente); a máxima foi 0,1 mg/L no ponto da calha do rio Tapajós CT2, na vazante. A Resolução CONAMA 357/2005 não apresenta limite para esse parâmetro.

As concentrações de cobre dissolvido e cobre total verificadas para todos os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

- Cromo Total

O cromo ocorre na natureza em vários minerais, frequentemente associado a outros metais. São amplamente usados em cromações (galvanoplastia), sendo também encontrado em águas receptoras de esgotos domésticos sem tratamento. Esse metal pode se acumular nos organismos aquáticos, principalmente em animais filtradores. As formas mais estáveis são do cromo trivalente e hexavalente, este último considerado cancerígeno ao ser humano.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo permitido de 0,05 mg/L para corpos d'água de classe 2.

As amostragens apontam concentrações abaixo do limite de quantificação do método analítico na maioria dos pontos (0,01 mg/L), indicando quatro incidências acima desse limite, com valores compreendidos entre 0,04 mg/L (PD4 - pedral - rio Tapajós - próximo da foz do rio Ratão e LA6 - lagoa - rio Tapajós - montante do rio Crepori) e 0,05 mg/L (CT5 - rio Tapajós - jusante do rio Jamanxim e LA5 - lagoa - rio Tapajós - montante do rio Crepori), todas verificadas durante o período de enchente, atendendo portanto à legislação vigente (**Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/130 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/131**).

As concentrações de cromo total nos pontos da calha do rio Jamanxim e tributários, assim como nas amostras das campanhas de cheia, vazante e seca dos demais biótopos, foram inferiores ao limite de quantificação do método, não sendo, portanto, apresentadas em gráfico.

As concentrações de cromo total verificadas para todos os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

As concentrações médias de cromo total nos diferentes biótopos analisados no ciclo hidrológico de 2012 para o AHE São Luiz do Tapajós mostram valor mais elevado nas lagoas, em relação à calha do Rio Tapajós, durante o período de enchente, conforme o **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/27** e o **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/132**.

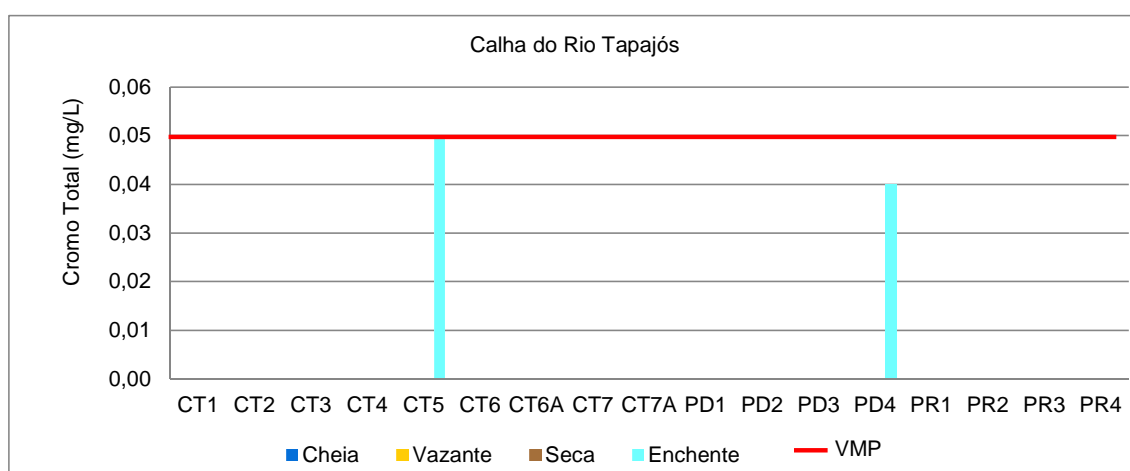


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/130 - Cromo Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,05 mg/L)

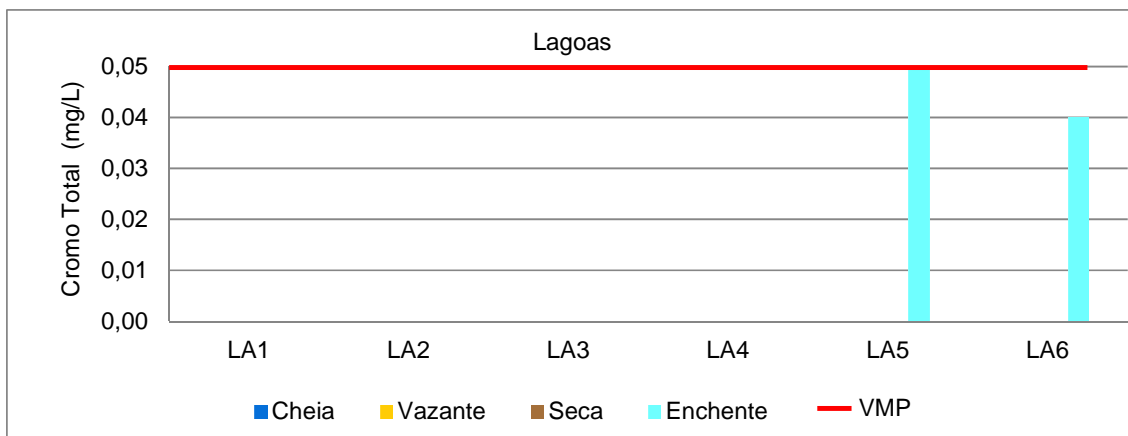


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/131 - Cromo Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,05 mg/L)

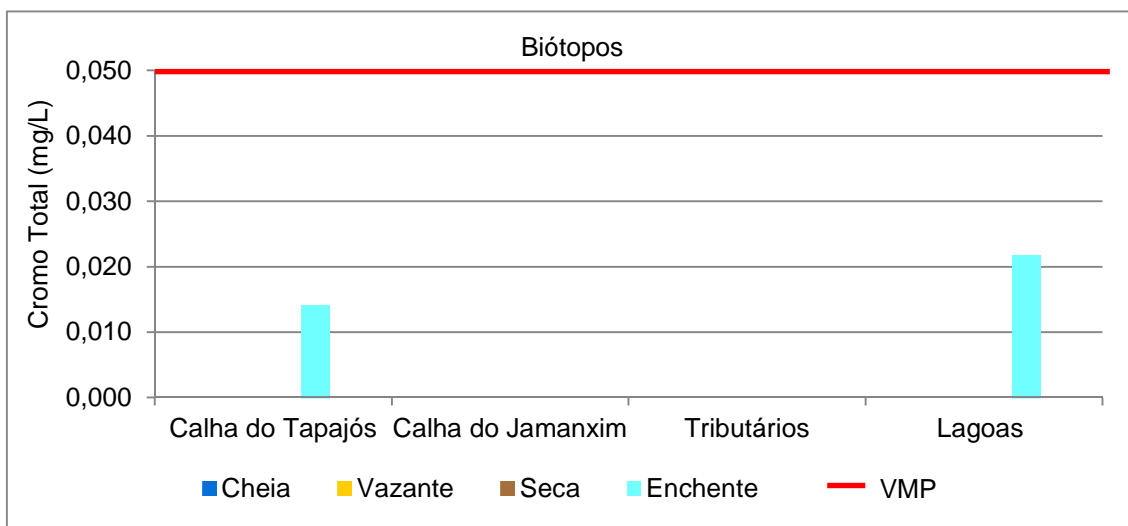


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/132 – Valores Médios de Cromo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,005 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/27 - Síntese dos Resultados de Cromo Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	<0,01	<0,01	<0,01	0,0141	0,0141
	Mínimo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Máximo	0,0100	0,0100	0,0100	0,0500	0,0500
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118	0,0060
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0007
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Mínimo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Máximo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Mínimo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Máximo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	<0,01	<0,01	<0,01	0,0217	0,0217
	Mínimo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Máximo	<0,01	<0,01	<0,01	0,0500	0,0500
	Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0183	0,0100
	Erro Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0075	0,0020

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

- Manganês Total

O manganês é um elemento encontrado na maioria das rochas ígneas e metamórficas estando associado frequentemente ao ferro, com o qual possui alto grau de semelhança no comportamento químico no ambiente. Concentrações elevadas desses elementos conferem gosto e sabor às águas.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 0,1 mg/L para enquadramento de rio em classe 2. Estudo conduzido no baixo curso do rio Tapajós no período chuvoso (MIRANDA *et al.*, 2009), próximo à sua foz, evidenciam concentrações entre 0,0022 a 0,023 mg/L de manganês.

As concentrações de manganês total variaram entre 0,005 mg/L (CT3- rio Tapajós - jusante do futuro reservatório, CT4- futuro reservatório - rio Tapajós, TR2A – futuro reservatório – rio Tucunaré e TR4A – futuro reservatório – Igarapé da Montanha), no período de vazante, e 0,16 mg/L (LA1 - lagoa - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório), no período de enchente, sendo que, em todo o ciclo hidrológico, apenas no ponto LA1 verificou-se nível de manganês extrapolando o valor máximo permitido (VMP) regulamentado pela Resolução CONAMA 357/2005, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/133 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/136** (VMP ilustrado apenas em gráfico que apresenta ponto com valor superior a esse limite).

Considerando as quatro campanhas de amostragens de qualidade da água realizadas durante o ciclo hidrológico de 2012, verificou-se média mais elevada de manganês nas lagoas, sobretudo no período de enchente, conforme apresentado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/28 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/137**.

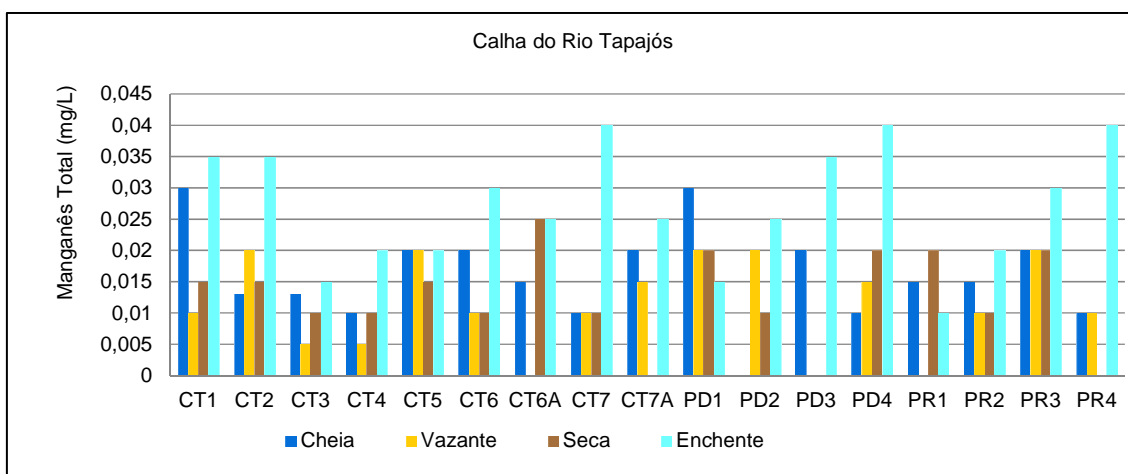


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/133 - Manganês Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

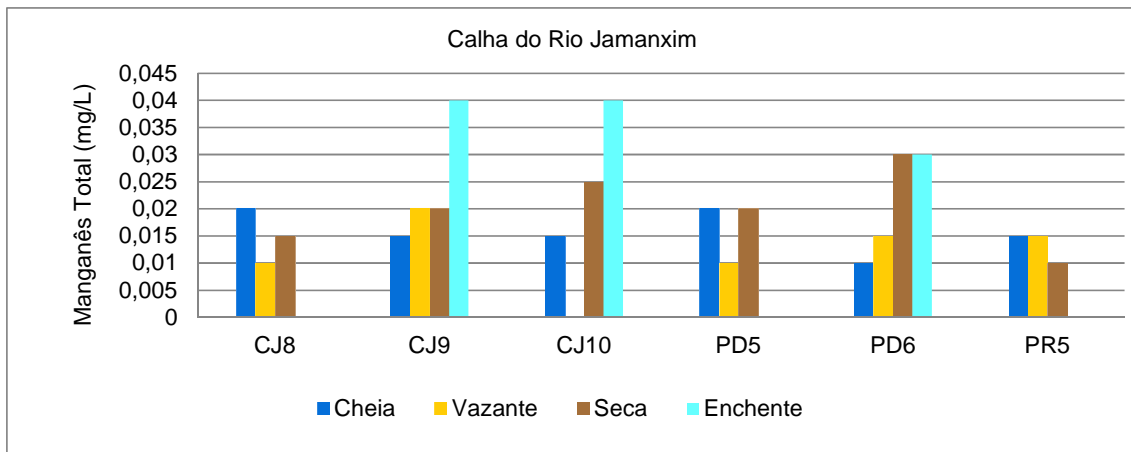


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/134 - Manganês Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

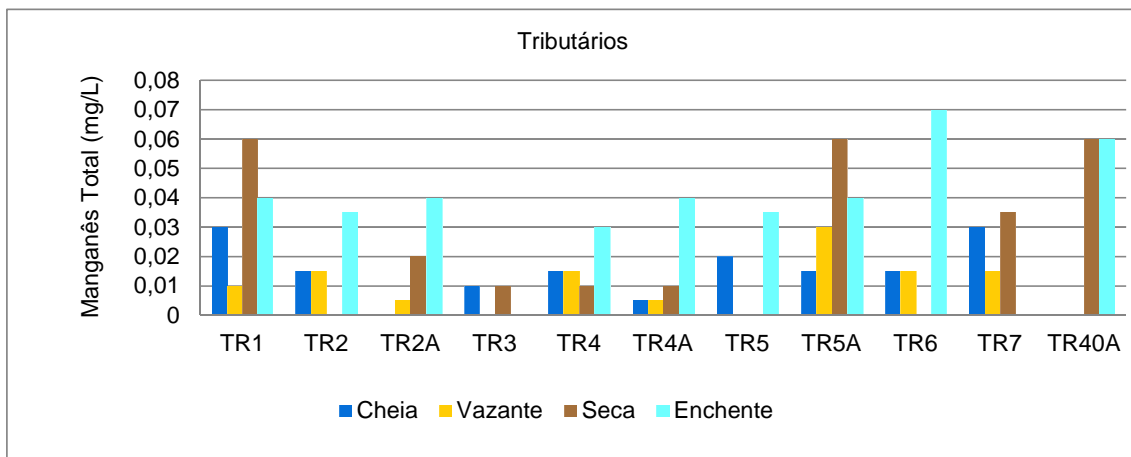


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/135 - Manganês Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

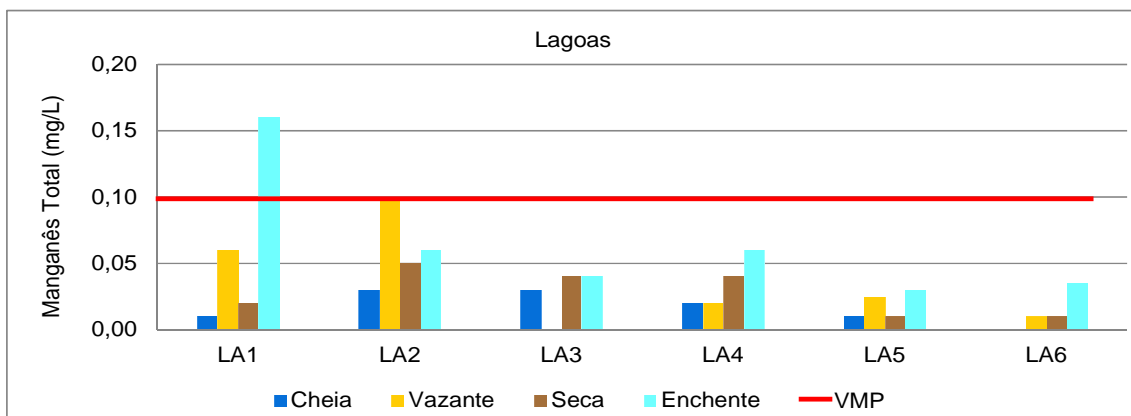


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/136 - Manganês Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (0,10 mg/L)

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/28 - Síntese dos Resultados de Manganês Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,016	0,012	0,013	0,027	0,02
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	0,010	<0,002
	Máximo	0,030	0,020	0,025	0,040	0,04
	Desvio Padrão	0,007	0,007	0,007	0,010	0,010
	Erro Padrão	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,016	0,012	0,020	0,037	0,02
	Mínimo	0,010	<0,002	0,010	0,030	<0,002
	Máximo	0,020	0,020	0,030	0,040	0,04
	Desvio Padrão	0,004	0,006	0,007	0,006	0,010
	Erro Padrão	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,016	0,011	0,025	0,043	0,020
	Mínimo	<0,002	<0,002	<0,002	0,030	<0,002
	Máximo	0,030	0,030	0,060	0,070	0,070
	Desvio Padrão	0,009	0,009	0,025	0,013	0,019
	Erro Padrão	0,003	0,003	0,007	0,004	0,003
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,017	0,036	0,028	0,064	0,040
	Mínimo	<0,002	<0,002	0,010	0,030	<0,002
	Máximo	0,030	0,100	0,050	0,160	0,160
	Desvio Padrão	0,012	0,037	0,017	0,049	0,035
	Erro Padrão	0,005	0,015	0,007	0,020	0,01

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

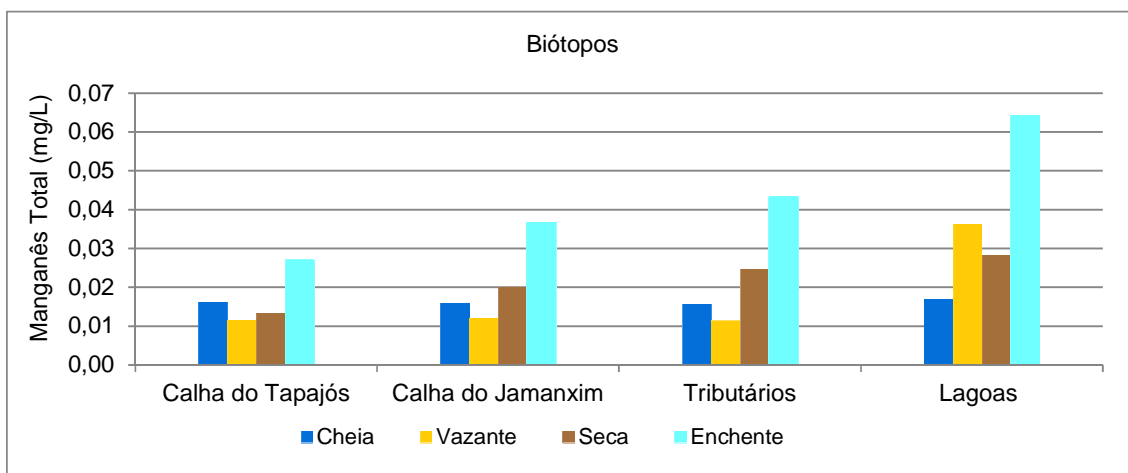


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/137 - Valores Médios de Manganês Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Mercúrio Total

Estudos conduzidos na bacia do rio Tapajós apontam a presença do mercúrio no ambiente, tanto de origem natural, como pela ação nos garimpos de ouro, por desmatamento e queimadas (SANTOS, 1993; VEIGA *et. al.*, 1994; SANTOS *et. al.*, 1995; 2001; AKAGI *et. al.*, 1995; 1996, BRABO *et. al.*, 1999; FOSTIER *et. al.*, 1999; ZEIDEMANN *et. al.*, 1999 *apud* VILLAS BÔAS *et. al.*, 2001).

De acordo com ROULET *et al* (1998), no vale do rio Tapajós há um grande reservatório de mercúrio natural o que demonstra a importância do solo como uma fonte desse elemento para sistemas aquáticos, principalmente com atividades antrópicas como desmatamento e garimpo.

Importante destacar que a área de influência do AHE São Luiz do Tapajós passou por um processo de intensificação da atividade garimpeira a partir de 2007, após o encerramento de um ciclo que teve seu apogeu na década de 80. Os garimpos artesanais residuais desse período deram lugar à lavra mecanizada com técnicas mais sofisticadas utilizando-se das chamadas escavadeiras de esteira (mais conhecidas por PCs).

A exploração por esse sistema é desenvolvida com maior intensidade no chamado “verão amazônico”, ou seja, no período menos chuvoso, que ocorre geralmente de junho a novembro. O revolvimento de espesso pacote de solo estéril (argila geralmente aluvial), para beneficiamento da chamada camada de cascalho mineralizada, conduz a geração de uma significativa pluma de material em suspensão nas águas das drenagens menores que pode ser facilmente reconhecida pelas imagens de satélite, segundo anteriormente apresentado.

A partir de 2011, ocorreu uma intensificação da exploração aurífera na bacia do Tapajós, agregando parte das dragas e balsas que migraram do rio Madeira.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece para mercúrio total o valor máximo de 0,0002 mg/L para corpos d'água classe 2.

As campanhas de amostragem de mercúrio obedeceram ao regime sazonal de vazões de cheia, vazante, seca e enchente, cujos pontos encontram-se espacializados na Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2/01 – Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos, sendo considerados 40 pontos de amostragem dos quais 17 no corpo central do rio Tapajós, 6 no rio Jamanxim, 11 nos tributários e 6 nas lagoas.

Para um melhor entendimento do contexto regional, foram considerados de forma mais ampla, 13 pontos de amostragens fora da All, sendo 6 a jusante do empreendimento e 7 a montante do remanso, onde ocorrem as atividades garimpeiras.

As campanhas iniciais de mercúrio analisadas pelo Laboratório ATEMAE - Assessoria Técnica em Serviços para o Meio Ambiente Ltda, com coletas realizadas nos períodos de cheia, seca e enchente, diferentemente dos resultados da campanha de vazante (26/06 a 18/07 de 2012) que não identificou a presença de mercúrio, apresentaram alguns valores anômalos em relação aos padrões conhecidos, fato que levou a realização de campanhas de amostragens extras nos mesmos períodos e com réplicas para checagem destas informações, cujos resultados não confirmaram os valores anômalos das análises constatadas anteriormente.

Desta forma, as amostragens foram repetidas durante os períodos seca (outubro/2013), enchente (janeiro/fevereiro/2014) e cheia (abril/2014) com a coleta de duas amostras por ponto (réplicas) que foram enviadas a dois laboratórios distintos, conforme descrito na sequência:

- No período de seca, com campanha desenvolvida em outubro de 2013, foram considerados 11 pontos selecionados da rede de amostragem (TR-04, CT-04, TR-2A, PR-05, CT-05, CT-06, CT-6A, TR-5A, LA-02, TR-06 e CT-7A), onde as amostras foram enviadas aos laboratórios CORPLAB Serviços Analíticos Ambientais Ltda e CTQ – Análises Químicas e Ambientais, que não constataram valores acima do máximo permitido de 0,200 µg/L conforme determina a Resolução CONAMA 357/março de 2005 para enquadramento do curso d'água em classe 2. Os resultados dessas análises laboratoriais constam do **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/03a (Volume 8 Tomo II – Anexos Gerais)**;

Neste mesmo período, a equipe de especialistas em mercúrio liderada pelo Professor Olaf Malm da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),

juntamente com a equipe CNEC WorleyParsons realizou uma campanha de amostragem tendo como meta prioritária a coleta de água para análise de mercúrio total. As análises consideraram o mercúrio total e metil mercúrio na água, no material particulado em suspensão, nos sedimentos de fundo, nas amostras de plâncton e amostras de peixes coletados a partir de pescadores próximos a Itaituba e Buburé, cujos resultados constam do **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/03b (Volume 8 Tomo II – Anexos Gerais)**;

- No período de enchente com campanha desenvolvida em janeiro e fevereiro de 2014, as coletas foram enviadas aos laboratórios CTQ e BIOAGRI – a Mérieux NutriSciences Company . Em nenhuma destas amostragens foi identificada a presença de mercúrio total na água. Os laudos laboratoriais respectivos emitidos pelos laboratórios CTQ e BIOAGRI encontram-se no **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/03a; Volume 8 Tomo II – Anexos Gerais)**;
- No período de cheia com campanha desenvolvida em abril de 2014 pelos laboratórios CTQ e BIOAGRI, também em nenhuma amostragem foi constatada a presença de mercúrio total na água. Os laudos laboratoriais respectivos emitidos por estes laboratórios encontram-se no **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/03a; Volume 8 Tomo II – Anexos Gerais)**.

Os resultados das campanhas de amostragens extras não assinalaram a presença de mercúrio total na água, acima do Valor Máximo Permitido (VMP), em nenhuma das coletas realizadas.

Neste trabalho de aferição das amostragens ressaltam-se as conclusões da campanha do professor Olaf Malm durante o período da seca, que foi desenvolvida com maior nível de detalhe, por representar o período mais crítico para a análise do mercúrio. Ou seja, baixo nível das águas com grande quantidade de material particulado e a intensa atividade garimpeira, onde se verificou uma relação positiva entre as concentrações de mercúrio total na água e a massa de material em suspensão. Fato este que confirma a atividade antrópica causadora de erosão, como importante fonte de mercúrio total para os corpos d'água. Além da análise do mercúrio total também foram realizadas as análises de mercúrio total em material particulado e em sedimento de fundo, metil mercúrio na água, em plânctons e em peixes.

As concentrações de mercúrio total encontradas na coluna d'água estiveram sempre abaixo do Valor Máximo Permitido preconizado pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2. No entanto, uma análise quantitativa destes valores abaixo do VMP indicam maiores concentrações junto as atividade de mineração seguida pelos demais tributários, pelos pontos na calha principal do Tapajós e pelas lagoas.

Os valores de metil-mercúrio na água foram mais elevados nos tributários e lagoas, sendo mais baixos na calha principal. A porcentagem de metil mercúrio foi mais alta nas lagoas seguida pelos tributários de água escura.

De uma forma geral o plâncton respondeu de maneira semelhante ao que se verificou na coluna d'água, onde foram observados valores mais elevados de metil mercúrio associados aos ambientes mais lênticos como as lagoas ou tributários com cor da d'água mais escura.

A maior porcentagem de metilmercúrio nas lagoas e nos tributários de água escura indica que estes biótopos são mais eficientes quanto ao processo de metilação do mercúrio, provavelmente por suas características físicas e químicas. As possíveis alterações provenientes de um ambiente lótico em lêntico são fundamentais em estudos futuros relacionado à formação de metil-mercúrio.

Todos os valores encontrados nos sedimentos estudados estão abaixo dos valores de mercúrio preconizados pela Resolução CONAMA 454/2012 para sedimento de água doce Nível 1, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota que é de 0,17 mg/kg ou 170 µg/kg. Entretanto áreas sujeitas à rejeitos de mineração tanto tributários como lagoas apresentaram valores superiores a 100 µg/kg.

Embora o número de amostras de pescado seja pequeno as concentrações obsevdadas estão de acordo com o já verificado por outras pesquisas na região. De acordo com a Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, o limite máximo permitido de mercúrio para peixes não predadores é de 500 µg de mercúrio por kg de peixe e para peixes predadores é de 1000 µg de mercúrio por kg de peixe. A OMS considera apenas o limite de 500 µg por kg para pescado. Comparando esses limites com os valores de mercúrio observados nos peixes analisados, pode-se notar que alguns peixes carnívoros apresentaram valores próximos a estes limites o que demanda atenção.

Assim a área apresenta fontes naturais de mercúrio, solos erodidos por desmatamento e/ou mineração e antrópicas (uso na mineração de Au), além de ambientes com suscetibilidade à organificação do mercúrio. Assim deve-se considerar a partir de quaisquer modificações no ambiente que propiciem ainda mais estas condições (anoxia, redução do pH, acúmulo de matéria orgânica) que sejam realizadas a médio e longo prazo acompanhamento da dinâmica do mercúrio no ambiente.

- Níquel Total

O níquel está presente naturalmente na crosta terrestre. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o valor máximo permitido de 0,025 mg/L para corpos d'água classe 2. Em todos os pontos amostrados foram obtidos valores abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,002 mg/L), atendendo, portanto, à legislação vigente.

As concentrações de níquel verificadas para os pontos amostrados são apresentadas no Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33.

- Zinco Total

O zinco é um metal amplamente distribuído na natureza, sendo comum o seu uso na forma metálica ou em sais do metal, estando presente nas habitações (telhas, utensílios) e em produtos diversos. Esse metal se acumula facilmente nos organismos aquáticos filtradores e nos peixes.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina o valor máximo de 0,18 mg/L para águas classe 2. Publicação do Projeto HiBAm (ABDO *et al.*, 1997) revela no rio Tapajós nas proximidades de Itaituba concentração de zinco igual a 0,0026 mg/L na época seca.

Os **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.3.2/138 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/141** apresentam os valores detectados nos pontos de coleta, para as quatro campanhas realizadas durante o ciclo hidrológico de 2012 para o diagnóstico do AHE São Luiz do Tapajós (O valor máximo permitido - VMP foi representado apenas no gráfico com concentrações superiores a esse limite).

Os resultados das análises indicam que em uma única amostra foi detectada extrapolação do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/05, equivalente a 0,28 mg/L (ponto CT7, rio Tapajós - montante do rio Crepori) durante a campanha de enchente, conforme ilustra o Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/138.

Em geral, verificaram-se concentrações mais baixas de zinco nas campanhas de cheia, conforme observado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29** e **Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/142**.

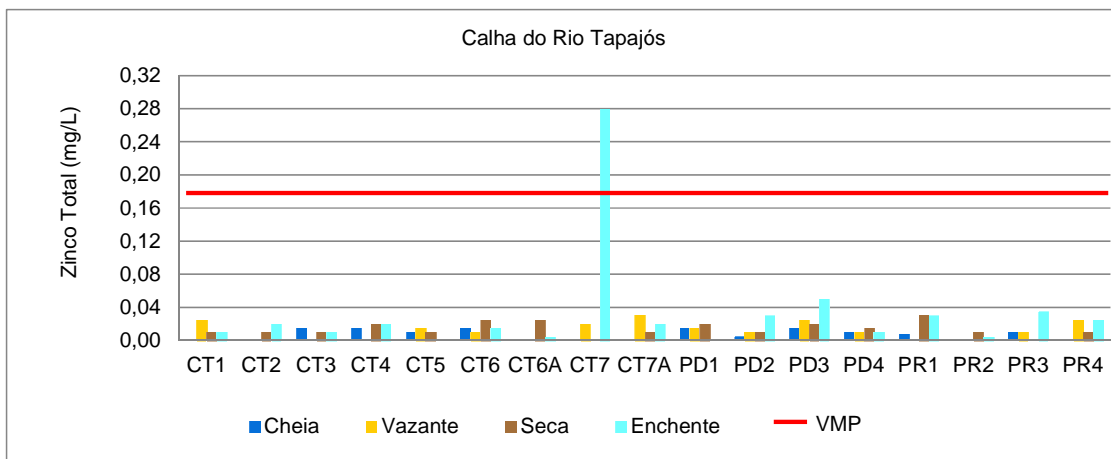


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/138 - Zinco Total (mg/L) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP - Valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 (0,18 mg/L)

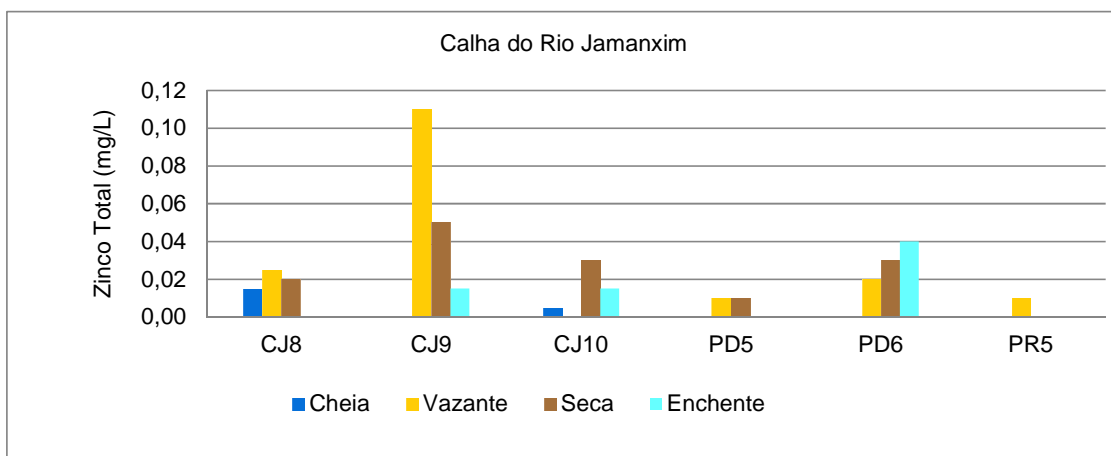


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/139 - Zinco Total (mg/L) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

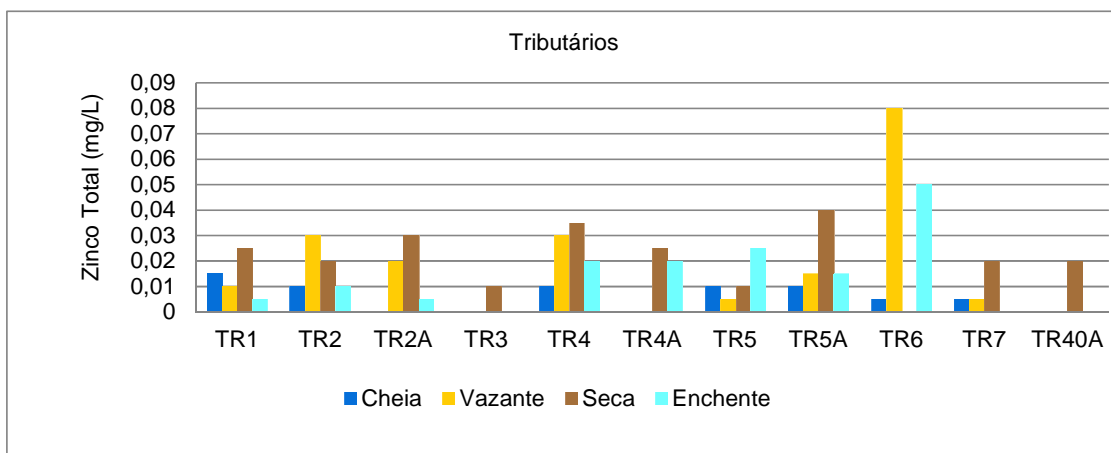


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/140 - Zinco Total (mg/L) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

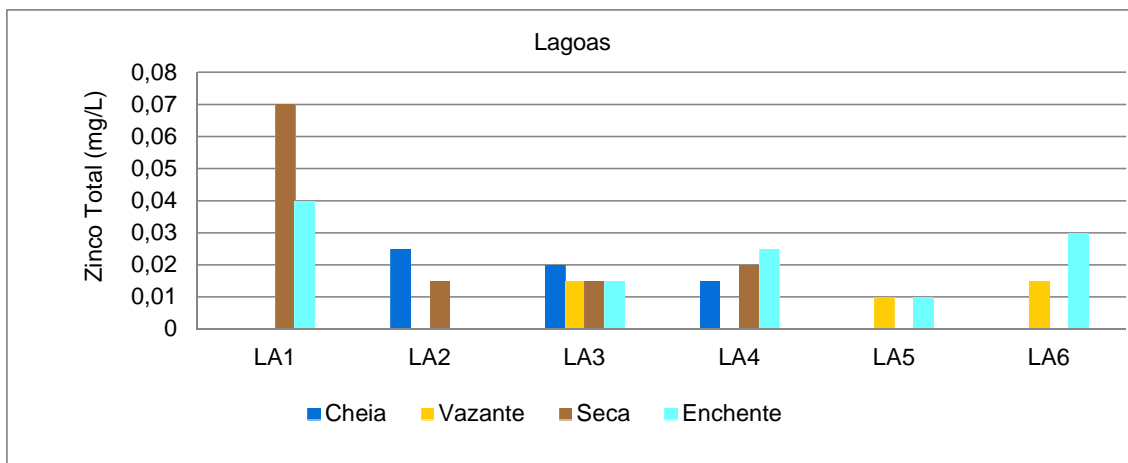


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/141 – Zinco Total (mg/L) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.3.2/29 - Síntese dos Resultados de Zinco Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do Rio Tapajós	n	17	17	17	17	68
	Média	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02
	Mínimo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Máximo	0,02	0,03	0,03	0,28	0,28
	Desvio Padrão	0,01	0,01	0,01	0,06	0,03
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Calha do Rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02
	Mínimo	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	<0,001
	Máximo	0,02	0,11	0,05	0,04	0,11
	Desvio Padrão	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02
	Erro Padrão	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
Tributários	n	10	10	11	9	40
	Média	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	Mínimo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Máximo	0,02	0,08	0,04	0,05	0,08
	Desvio Padrão	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02
	Erro Padrão	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
	Mínimo	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Máximo	0,03	0,02	0,07	0,04	0,07
	Desvio Padrão	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02
	Erro Padrão	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

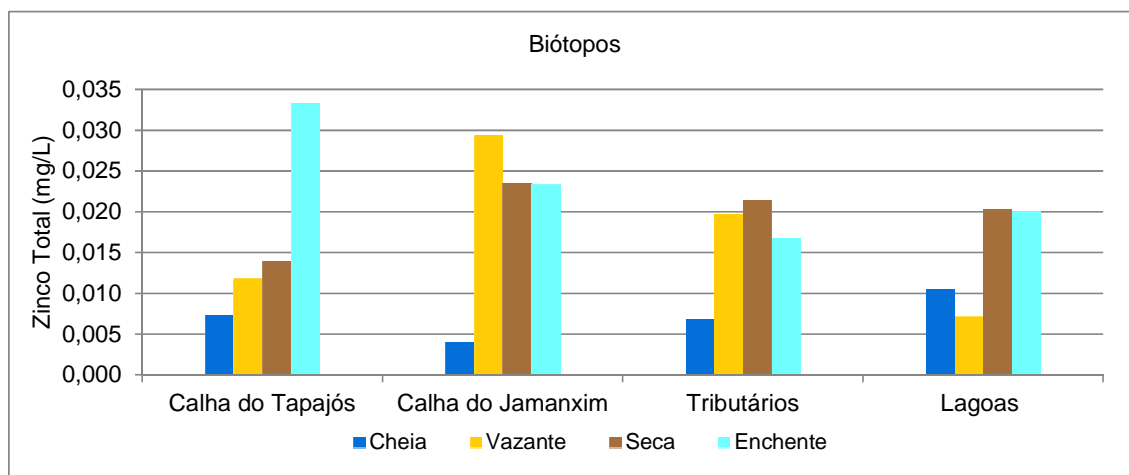


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.3.2/142 – Valores Médios de Zinco Total (mg/L) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Cianeto

Os cianetos são os sais do hidrácido cianídrico (ácido prússico, HCN) podendo ocorrer na água em forma de ânion (CN⁻) ou de cianeto de hidrogênio (HCN). Em valores neutros de pH prevalece o cianeto de hidrogênio. Esses compostos podem chegar às águas superficiais através dos efluentes de diversos processos industriais como galvanoplastia, extração de ouro e prata dos minérios, além de inseticidas, venenos para rato, entre outros.

Os cianetos são altamente tóxicos e níveis de 1,0 mg/L podem causar a morte de peixes em 20 minutos. A Resolução CONAMA 357/2005 determina o valor máximo de 0,005 mg/L para águas classe 2. Os resultados das análises de todos os pontos da rede de amostragem indicaram valores abaixo do limite de quantificação do método 0,004 mg/L, estando em consonância com a legislação em vigor.

- Fluoreto

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos, ocorrendo normalmente na sua forma combinada como fluoreto. Traços de fluoreto são normalmente encontrados em águas naturais e concentrações elevadas geralmente estão associadas a fontes subterrâneas.

Em locais onde existem minerais ricos em flúor, concentrações de até 10 mg/L ou mais são encontradas. Alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina o valor máximo de 1,4 mg/L para águas classe 2. As análises de todos os pontos da rede de amostragem não detectaram valores acima dessa legislação, indicando, em geral, resultados abaixo do limite de quantificação do método e a ocorrência de concentrações mais elevadas no período de cheia Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 7 e Volume 8 – Anexos Gerais) - Quadros 7.4.1.1.2.6.2.3.2/05 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/08, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/13 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/16, 7.4.1.1.2.6.2.3.2/21 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/24 e 7.4.1.1.2.6.2.3.2/30 a 7.4.1.1.2.6.2.3.2/33).

7.4.1.1.2.6.2.4 Indicador da Qualidade da Água: IQA

A seguir é apresentado o indicador de qualidade da água: Índice de Qualidade da Água - IQA.

A apresentação dos resultados é disposta em valores tabulares e gráficos utilizando-se legenda de cores representativas dos intervalos de classe estabelecidos para cada índice específico.

- Índice de Qualidade da Água - IQA

Para avaliação dos corpos d'água na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós utilizou-se o Índice de Qualidade da Água - IQA, cujos resultados constam no **Quadro 7.4.1.1.2.6.2.4/01** e ilustrados nos **Gráficos 7.4.1.1.2.6.2.4/01 a 7.4.1.1.2.6.2.4/04 e Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/05**.

O cálculo de IQA foi efetuado para os pontos da rede amostral nos quais foram efetuadas as análises de *E.coli*, apesar da inexpressiva participação dos esgotos domésticos na bacia contribuinte.

Os resultados das amostragens de qualidade da água apontam valores de IQA classificados predominantemente nas categorias Ótima, nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, e Boa nas lagoas e tributários. As condições satisfatórias assinaladas decorrem da baixa ocupação da bacia aliada a sua elevada disponibilidade hídrica, fatores que favorecem a assimilação e autodepuração das cargas poluidoras.

Em termos gerais, foram observadas pequenas oscilações entre os resultados de IQA de um mesmo ponto ao longo das quatro campanhas como ilustra o Quadro 7.4.1.1.2.6.2.4/01.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.4/01 – Resultados do Índice de Qualidade da Água - Ciclo Hidrológico 2012.

Biótopos	Pontos	Classificação			
		Cheia	Vazante	Seca	Enchente
Calha do Rio Tapajós	CT1	84	88	91	93
	CT2	83	87	89	90
	CT3	83	90	84	87
	CT4	85	86	93	90
	CT5	81	88	92	91
	CT6	84	84	92	87
	CT7	86	88	80	87
	PD1	87	82	88	91
	PD2	83	84	92	91
	PD3	80	88	85	88
	PD4	89	88	87	91
	PR1	84	92	92	89
	PR2	74	86	87	91
	PR3	73	89	85	88
PR4	71	85	84	83	
Calha do Rio Jamanxim	CJ8	70	84	85	X
	CJ9	72	87	83	79
	CJ10	74	85	82	72
	PD5	68	86	84	X
	PD6	76	86	80	83
	PR5	72	80	84	X
Tributários	TR1	68	85	78	85
	TR2	67	77	72	78
	TR3	63	78	70	X
	TR4	63	79	70	75
	TR5	65	76	76	76
	TR6	69	71	78	74
	TR7	70	82	82	X
Lagoas	LA1	70	72	65	63
	LA2	72	66	74	85
	LA3	73	70	79	81
	LA4	69	71	79	75
	LA5	60	65	76	71
	LA6	60	78	61	71

LEGENDA:

	Categoria	Ponderação
	Ótima	79<IQA≤100
	Boa	51<IQA≤79
	Regular	36<IQA≤51
	Ruim	19<IQA≤36
	Péssima	IQA≤19
X	Pontos não amostrados	

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012; Adaptada de CETESB (2008).

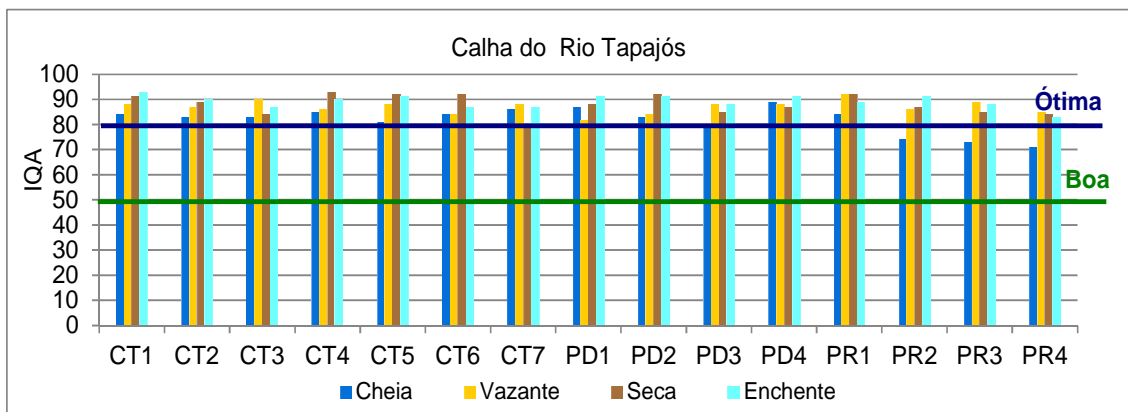


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/01 - Índice de Qualidade da Água (IQA) na Calha do Rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

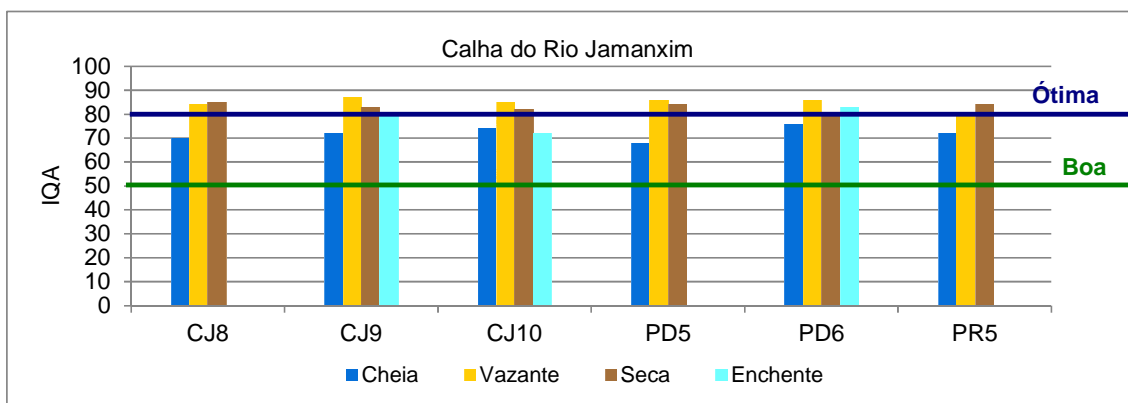


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/02 - Índice de Qualidade da Água (IQA) na Calha do Rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

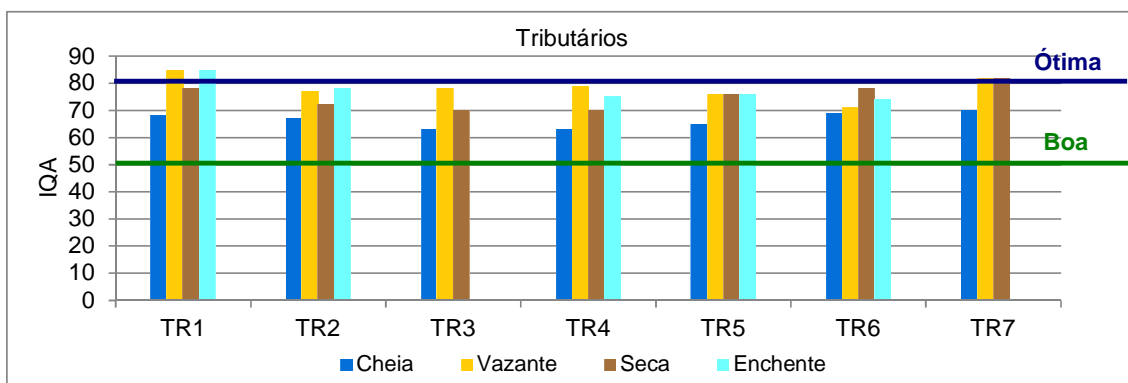


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/03 - Índice de Qualidade da Água (IQA) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

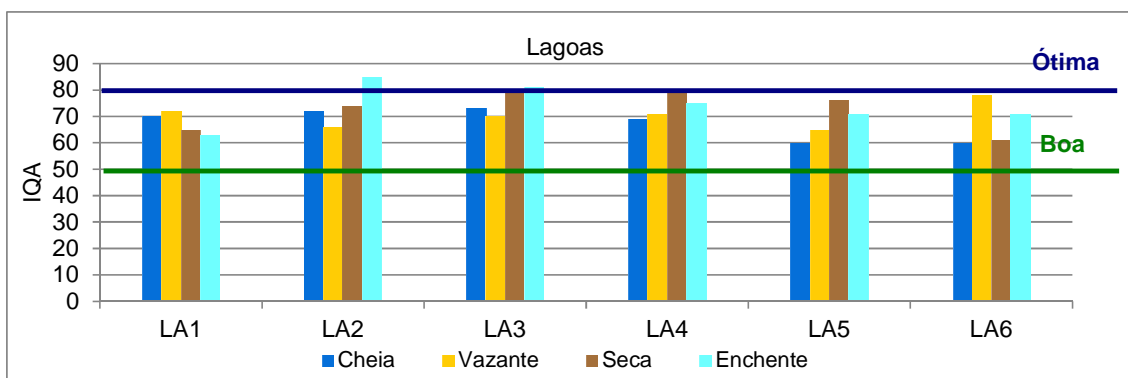


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/04 - Índice de Qualidade da Água (IQA) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

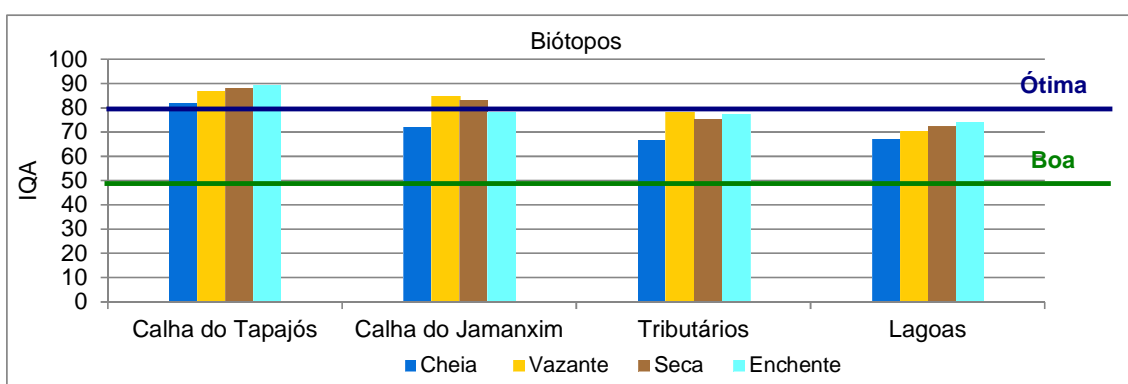


Gráfico 7.4.1.1.2.6.2.4/05 - Valores Médios de Índice de Qualidade da Água (IQA) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

7.4.1.1.2.6.2.5 Análise Multivariada

Para as águas superficiais, foram realizadas análises multivariadas com base nos dados obtidos nas quatro campanhas de amostragem realizadas ao longo do ciclo hidrológico de 2012. Nesse contexto, foram analisadas correlações envolvendo as concentrações de metais, em especial o ferro e o alumínio que são os principais constituintes litológicos regionais, bem como dos nutrientes nitrogênio e fósforo, considerados limitantes no processo de eutrofização dos sistemas hídricos, além de parâmetros indicadores das características físico-química das águas, tais como pH, temperatura e oxigênio dissolvido (**Quadro 7.4.1.1.2.6.2.5/01**).

- Metais

Conforme citado no âmbito do diagnóstico ambiental, foram obtidos valores elevados de ferro (total e dissolvido) nas campanhas de amostragem de qualidade da água, com maior incidência no período de enchente.

A presença de ferro na água pode estar relacionada a situações geológicas de cobertura laterítica, que é dominante em toda a região da All, e também à presença de material limonítico que preenche o plano de fraturas. O ferro lixiviado destas rochas é normalmente transportado para o recurso hídrico na forma de carga de lavagem principalmente durante o período chuvoso, interferindo nos padrões de cor verdadeira e de turbidez da água.

Levando-se em conta as quatro campanhas de amostragem, as análises multivariadas com correlações estatisticamente significativas mostraram associação positiva moderada entre o ferro total e o alumínio, bem como entre o ferro dissolvido e a cor verdadeira. Observou-se ainda correlação positiva forte entre o ferro dissolvido e o alumínio, sendo que as duas formas de ferro analisadas mostraram correlação positiva moderada com o manganês e com os índices de turbidez.

Na análise específica realizada para os biótopos, os resultados de ferro total e de ferro dissolvido indicaram correlações positivas significativas com os metais alumínio e manganês nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, e nos tributários, sendo menos evidentes nas lagoas, possivelmente devido aos processos de precipitação que tendem a ocorrer mais intensamente nos ambientes lênticos.

Assim como ocorre com o ferro, o alumínio também possui ampla área de ocorrência na All, possivelmente devido ao processo de laterização. Na rede de amostragem, as concentrações mais altas deste metal ocorreram nas áreas de garimpo onde também foram observados os maiores índices de turbidez, devido aos efeitos do revolvimento do material aluvial provocado pela atividade garimpeira. Nesse processo, o material argiloso rico em caulinita (silicato de alumínio) em forma coloidal ou associada à granulometria mais fina na fração das argilas são facilmente transportados para a água.

Verificou-se também que as concentrações mais altas de alumínio foram amostradas no período de enchente, provavelmente em razão da carga de lavagem e do transporte de material argiloso.

Conforme citado, as análises multivariadas realizadas para as quatro campanhas de amostragem revelaram correlação significativa positiva forte e/ou moderada entre o alumínio e o ferro total e dissolvido, a cor verdadeira e a turbidez.

Levando-se em conta os biótopos avaliados, os resultados de alumínio também evidenciaram correlações positivas significativas com os metais ferro e manganês, principalmente nos tributários, que apontaram também uma forte correlação com os níveis de cor verdadeira, possivelmente em função da maior turbulência das águas, que tende a promover maior dispersão desses constituintes no meio líquido.

Em contraste com os metais ferro e alumínio, as concentrações mais elevadas de cobre, zinco e cromo ocorreram de forma restrita e pontual, geralmente associadas à carga de lavagem. Normalmente, estes metais possuem ocorrência pouco representativa no ambiente estudado e suas origens podem estar relacionadas às variações da litologia do substrato rochoso.

No conjunto geral das análises multivariadas, observou-se correlação significativa positiva fraca entre manganês e os metais cobre (total e dissolvido) e cromo. Em particular, o zinco apresentou correlação positiva moderada com o manganês, o ferro (total e dissolvido) e o alumínio, condição atribuída às características litológicas regionais.

- Nutrientes

Considerando o conjunto das amostragens realizadas nas quatro campanhas, as análises multivariadas com correlação significativa mostram uma associação positiva forte entre os valores de fósforo total e de nitrogênio Kjeldhal total, principalmente na calha do rio Jamanxim, nos tributários e nas lagoas.

Na calha do rio Tapajós, a correlação entre estes componentes foi positiva moderada, provavelmente decorrente da maior vazão, tornando menos sensíveis as condicionantes locais, como cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. Os valores de fósforo também mantiveram correlação positiva fraca com os teores de clorofila-a, indicando que esse composto exerce influência na produtividade primária do ambiente aquático.

Do ponto de vista sazonal, houve também correlação positiva forte entre o nitrogênio e o fósforo na vazante, na seca e na enchente, períodos nos quais grande parte desses sais minerais é incorporada e assimilada. No período de cheia, a ausência de correlação significativa entre esses nutrientes pode estar associada à elevada diluição causada pela maior disponibilidade hídrica dos corpos d'água, efeito constatado também pelas baixas concentrações de nitrogênio obtidas nas amostras coletadas.

- Características Físico-Químicas

Com base nos dados físico-químicos levantados durante os quatro períodos do ciclo hidrológico 2012, verificou-se que as análises multivariadas que exibiram resultados estatisticamente significativos ocorreram entre os parâmetros oxigênio dissolvido, pH e temperatura da água, bem como entre turbidez e sólidos suspensos totais, e entre condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais.

Nos biótopos representados pela calha do rio Tapajós, pelos tributários e pelas lagoas foram constatadas correlações positivas variando de moderada a forte entre os valores de pH e de oxigênio dissolvido. As flutuações do pH estão diretamente relacionadas com os processos de decomposição e atividades fotossintéticas. A assimilação do gás carbônico realizada pelo fitoplâncton e por macrófitas aquáticas submersas eleva os valores do pH do meio, enquanto que os processos respiratórios interferem na redução do pH (ESTEVES, 1988).

Em todos os biótopos avaliados na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, foram observadas correlações positivas classificadas como moderada e forte entre os valores de pH e de temperatura da água. Nesses mesmos ambientes, obtiveram-se correlações positivas forte entre a condutividade e os sólidos dissolvidos totais, em função da proporcionalidade direta existente entre esses dois parâmetros (CETESB, 2014).

Também foram verificadas correlações positivas forte e moderada nos biótopos analisados entre sólidos suspensos totais e turbidez. Esses resultados são esperados, pois a turbidez na água é causada pela presença de material sólido em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica etc.).

Do ponto de vista sazonal, os resultados de oxigênio dissolvido e de pH apresentaram correlações positivas oscilando entre moderada a forte em todo o ciclo hidrológico, enquanto que os valores de temperatura da água com o pH mostraram associação positiva moderada na campanha de seca e positiva forte na campanha de enchente.

A análise realizada entre a turbidez e os sólidos suspensos totais resultou em correlação positiva moderada no período de cheia e positiva forte nos períodos de seca e enchente. Quanto à condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais, foram detectadas associações positivas fortes em todo o ciclo hidrológico avaliado.

Quadro 7.4.1.1.2.6.2.5/01 - Análises Multivariadas das Águas Superficiais.

Parâmetro		Correlação Geral		Correlações por Biótopos								Correlações por Períodos							
				Calha do Rio Tapajós		Calha do Rio Jamanxim		Tributários		Lagoas		Cheia		Vazante		Seca		Enchente	
		r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Metais																			
Ferro Total	Alumínio Dissolvido	0,44	0,00	0,49	0,00	0,43	0,05	0,53	0,01	0,37	0,07	0,29	0,09	0,25	0,16	0,00	0,00	0,25	0,19
	Manganês Total	0,43	0,00	0,35	0,01	0,54	0,02	0,39	0,05	0,51	0,01	0,20	0,26	0,44	0,01	0,30	0,09	0,68	0,00
	Cor Verdadeira	0,27	0,00	0,22	0,09	0,25	0,28	0,18	0,39	0,08	0,71	0,07	0,68	0,38	0,03	0,58	0,00	0,42	0,03
Ferro Dissolvido	Alumínio Dissolvido	0,50	0,00	0,56	0,00	0,48	0,03	0,63	0,00	0,37	0,07	0,30	0,09	0,19	0,28	0,00	0,00	0,24	0,20
	Manganês Total	0,48	0,00	0,36	0,01	0,58	0,01	0,47	0,02	0,53	0,01	0,23	0,19	0,35	0,04	0,30	0,09	0,58	0,00
	Cor Verdadeira	0,37	0,00	0,36	0,00	0,28	0,22	0,35	0,08	0,10	0,63	0,07	0,70	0,37	0,03	0,52	0,00	0,47	0,01
Alumínio Dissolvido	Manganês Total	0,44	0,00	0,56	0,00	0,50	0,02	0,50	0,01	0,25	0,25	0,25	0,15	0,09	0,61	0,00	0,00	0,23	0,24
	Cor Verdadeira	0,37	0,00	0,44	0,00	0,40	0,07	0,52	0,01	0,27	0,20	0,34	0,05	0,09	0,61	0,00	0,00	0,14	0,46
Nutrientes																			
Nitrogênio Kjeldahl Total	Fósforo Total	0,56	0,00	0,40	0,00	0,68	0,00	0,73	0,00	0,78	0,00	0,28	0,10	0,56	0,00	0,84	0,00	0,79	0,00
Físico-químicos																			
pH	Oxigênio Dissolvido	0,50	0,00	0,36	0,00	0,09	0,71	0,53	0,01	0,43	0,04	0,34	0,05	0,39	0,02	0,63	0,00	0,68	0,00
	Temperatura da Água	0,52	0,00	0,70	0,00	0,60	0,00	0,56	0,00	0,49	0,01	0,13	0,46	0,11	0,52	0,35	0,04	0,57	0,00
Turbidez	Sólidos Suspensos Totais	0,50	0,00	0,30	0,02	0,83	0,00	0,49	0,01	0,42	0,04	0,42	0,01	0,21	0,23	0,95	0,00	0,51	0,00
Condutividade Elétrica	Sólidos Dissolvidos Totais	0,94	0,00	0,87	0,00	0,96	0,00	0,91	0,00	0,93	0,00	0,86	0,00	0,86	0,00	0,98	0,00	0,98	0,00

LEGENDA: r: coeficiente de correlação de Spearman; p: nível de significância estatística (em negrito constam os valores de $p < 0,05$). Classificação dos valores de correlação - fraca: $0,10 \leq r \leq 0,29$, moderada: $0,30 \leq r \leq 0,49$, forte: $0,50 \leq r \leq 1,00$.

7.4.1.1.2.6.2.6 Bioindicadores da Qualidade da Água

As comunidades hidrobiológicas (fitoplâncton, zooplâncton e invertebrados bentônicos) atuam como bioindicadores da qualidade da água, pois alguns grupos apresentam seletividade quanto ao habitat, refletindo com maior exatidão eventuais desequilíbrios ambientais, tais como a introdução de cargas poluentes nos corpos d'água (FRONDORK, 2001).

Em geral, ambientes em equilíbrio propiciam a manutenção de grande diversidade de espécies, associada a um pequeno número de indivíduos de cada espécie. Em contraste, cursos d'água que sofrem interferências antrópicas tendem a eliminar os organismos mais sensíveis, selecionando as comunidades mais resistentes que, por sua vez, passam a se proliferar em maior quantidade (BRANCO, 1986).

O detalhamento dos resultados obtidos na análise das comunidades hidrobiológicas do AHE São Luiz do Tapajós consta no Capítulo do Meio Biótico nos itens 7.4.2.1.1 - Fitoplâncton, 7.4.2.2.8 – Zooplâncton e 7.4.2.2.9 Invertebrados bentônicos.

Dentre os indicadores adotados para avaliar a qualidade das águas superficiais dos corpos d'água destaca-se o Índice da Comunidade Fitoplanctônica – ICF, adaptado da CETESB (2011). Esse indicador aponta uma condição Ótima do ecossistema aquático quando a densidade total do fitoplâncton (algas e cianobactérias) é inferior a 1.000 org./mL, sem ocorrência de dominância entre os grupos e com resultado de Índice de Estado Trófico - IET entre 47 e 52. A classificação Boa é obtida quando a densidade de organismos fitoplanctônicos está entre 1.000 a 5.000 org./mL, com IET entre 52 e 59, e/ou há dominância da classe Zygnemaphyceae, grupo que tende a predominar em corpos d'água oligotróficos (FUNASA (2007), ou de diatomáceas.

A condição Regular é aferida quando a densidade do fitoplâncton está entre 5.000 e 10.000 org./mL e/ou há dominância da classe Chlorophyceae, principalmente da ordem Chlorococcales, com IET na faixa entre 59 e 63.

A classificação Ruim é atribuída quando a densidade total de organismos é superior a 10.000 org./mL, com IET entre 63 e 74. Nessa classificação, deve ocorrer concomitantemente dominância da classe Cyanobacteria, grupo que usualmente é abundante em corpos d'água eutrofizados, ou da classe Euglenophyceae, organismos que se desenvolvem preferencialmente em águas ricas em substâncias orgânicas, podendo se proliferar massivamente, sobretudo em ambientes de menor correnteza e com disponibilidade de compostos nitrogenados.

Os resultados do ICF, na AID e ADA do AHE São Luiz do Tapajós durante o ciclo hidrológico 2012, mantiveram-se predominantemente nas categorias Ótima e Boa, o que denota, na maioria dos pontos, baixo nível de trofia e ausência de dominância de grupos fitoplanctônicos indicadores de ambientes ecossistemas aquáticos alterados por fontes de poluição, tais como euglenofíceas e cianobactérias.

Na avaliação da comunidade bentônica considerou-se a análise do equilíbrio do ambiente aquático em relação à distribuição dos indivíduos nas guildas tróficas. Os dados obtidos evidenciam predomínio de coletores, o que indica disponibilidade de matéria orgânica no sedimento (DÉVAI, 1990), e de predadores, grupos que dependem diretamente da presença de outros invertebrados e não dos gradientes de produtividade ou disponibilidade de partículas orgânicas (VANNOTE et al., 1980).

Para os invertebrados bentônicos, aplicou-se também como indicador da qualidade ambiental dos corpos hídricos d'água o Índice da Comunidade Bentônica - ICB, que relaciona dois descritores ecológicos - riqueza de *taxa* e diversidade de Shannon-Wiener, conforme detalhado no item 7.4.2.2.9.

Os resultados deste índice evidenciam que a qualidade ambiental nos pontos amostrados no âmbito da AID e ADA do AHE São Luiz do Tapajós possibilita a colonização do substrato possibilita a colonização de uma fauna diversificada de invertebrados bentônicos, pois a maior parte dos pontos está enquadrada, em média, nas categorias Boa e Ótima, conforme exposto no item 7.4.2.2.9.

7.4.1.1.2.6.2.7 Considerações Finais

O rio Tapajós exibe comportamento hidrodinâmico distinto nos trechos do seu alto e baixo cursos, os quais são delimitados pelas corredeiras de São Luiz do Tapajós, onde está projetado o eixo da barragem do empreendimento. No alto curso, há inúmeros trechos de corredeiras, enquanto que o baixo curso apresenta regime de vazões influenciado pelo remanso do rio Amazonas.

O rio Tapajós enquandra-se na tipologia de rios amazônicos de águas claras, dotados de elevada transparência, com visibilidade superior a 1,0 m em alguns pontos da calha. Segundo vários estudos, são sistemas aquáticos pobres em sais minerais, com baixo conteúdo de cálcio e de magnésio, que lhes confere baixa condutividade e também menor capacidade de tamponamento das águas, resultando em ambientes com pH levemente ácido a neutro.

Nas áreas de influência direta (AID) e diretamente afetada (ADA) do AHE São Luiz do Tapajós, o baixo índice de uso e ocupação do solo, aliado à elevada disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, é um dos principais fatores que contribui para a boa

qualidade das águas do rio Tapajós. A presença de corredeiras, com águas veiculando em leito conformado em substrato rochoso, garante a oxigenação de suas águas, que são consideradas adequadas para manutenção da vida aquática aeróbia.

O padrão estrutural dos ecossistemas aquáticos na área de estudo é fortemente condicionado pelo ciclo hidrológico regional. Os eventos de cheia (fevereiro a abril), de vazante (maio a julho), de seca (agosto a outubro) e de enchente (novembro a janeiro) são determinantes para a qualidade do sistema hídrico e a estruturação das comunidades aquáticas.

Durante o ano hidrológico de 2012, o regime de precipitação apresentou um padrão sazonal acentuado, com trimestre mais chuvoso incidindo entre os meses de janeiro a março e mais seco entre agosto a outubro. Neste ano, foram desenvolvidas quatro campanhas, caracterizando os períodos de cheia (03/04 a 01/05), de vazante (26/06 a 18/07), de seca (10/09 a 09/10) e de enchente (21/11 a 13/12), sucessivamente.

A rede básica de amostragem compreendeu 34 pontos previstos no plano de trabalho, além de sete pontos adicionais. Essa malha amostral abrangeu uma extensão de 350 km na calha dos rios Tapajós, em trechos situados a montante e a jusante do futuro reservatório, incluindo também o rio Jamanxim, diversos tributários de menor porte, além de lagoas, praias e pedrais.

Os resultados obtidos, ao longo das quatro campanhas realizadas na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, evidenciam que os cursos d'água amostrados apresentam boa qualidade ambiental, devido à elevada disponibilidade hídrica e à reduzida ocupação antrópica das bacias contribuintes. Esses fatores resultaram em características físicas, químicas e bacteriológicas condizentes com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2, para a maioria dos parâmetros avaliados.

As cargas dos esgotos, restritas aos pequenos povoados dispersos na bacia, não chegam a comprometer a qualidade da água, haja vista que a alta capacidade de diluição e autodepuração dos cursos d'água mantém a maioria dos ambientes em estado oligotrófico, com concentração de oxigênio suficiente para manutenção da vida aquática.

Em função das flutuações que ocorrem na descarga dos rios, o rio Amazonas e seus tributários produzem durante a cheia extensas áreas de alagamento, que provocam alterações no funcionamento ecológico do sistema, ocasionando aumento do nível dos lagos de várzea e produzindo inundação das florestas.

Essas inundações têm duas consequências principais: a primeira é o transporte de nutrientes dos rios aos lagos de várzea, interferindo na produção primária e nos ciclos biogeoquímicos; a segunda refere-se à inundação da floresta e ao contato da água com a mata, introduzindo um ciclo de decomposição biológica da matéria orgânica representada por folhagens e detritos diversos, com reflexo às características físico-químicas e biológicas das águas.

Na campanha de cheia de 2012, foram registrados os menores valores de temperatura do ar e da água. O sistema aquático apresentou índices reduzidos de sólidos em suspensão, de condutividade e menores resultados de pH devido à parcela da vegetação inundada, com tendência à depleção de oxigênio dissolvido nos ambientes lânticos.

O Índice de Qualidade da Água – IQA foi classificado predominantemente nas categorias Ótima, nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, e Boa, nas lagoas e tributários.

A campanha de vazante mostrou uma ligeira melhoria na classificação do IQA, porém, ocorreu um aumento no grau de trofia do ambiente, com vários pontos em condição mesotrófica, e até mesmo hipereutrófica atribuída aos picos de fósforo detectados na lagoa do rio Tapajós LA5.

No período seco, houve uma nítida queda nos padrões de qualidade da água na rede amostral, principalmente em função das vazões muito reduzidas identificadas em relação à série histórica, que se refletiu em vários parâmetros monitorados. Paralelamente, nessa época, detectou-se um aumento nos níveis de sólidos em suspensão e de turbidez, possivelmente devido à intensificação da atividade de garimpo, sobretudo nos tributários contribuintes, afetando consideravelmente as condições estéticas das águas nos ambientes lóticos.

Durante o período seco foram verificadas maiores concentrações de fósforo total, sobretudo nas lagoas, o que condicionou o desenvolvimento de algas e de macrófitas aquáticas, refletindo também no teor de clorofila-a. Contudo, o IQA nesta coleta se manteve nas categorias Ótima e Boa.

A campanha de enchente refletiu nitidamente o aporte de sólidos e de cargas de lavagem aos corpos d'água em decorrência das primeiras chuvas normalmente incidentes nesta época do ano. Em decorrência, foram obtidos nesse período os menores índices de transparência da água, concentrações mais elevadas de alumínio, e de ferro proveniente da lixiviação de solos lateríticos, que influenciou também nos índices mais pronunciados de cor verificados em todos os biótopos amostrados.

Foram verificadas concentrações médias de *E. coli* mais expressivas nas amostragens realizadas nos tributários e com uma maior evidência nas campanhas de seca e enchente, porém, em concentrações que não comprometem o ambiente aquático do ponto de vista sanitário. O IQA também assinalou condição predominantemente Ótima, exceto nos tributários e nas lagoas que mantiveram, em geral, classificação Boa.

Outro aspecto positivo observado em todas as campanhas esteve associado a não detecção de vários metais e compostos potencialmente contaminantes no sistema aquático ou sua ocorrência em níveis muito baixos, como arsênio, chumbo, cádmio, cromo e cianeto, ocorrendo pontualmente extrapolação na concentração de cobre.

Assim, as análises relacionadas à qualidade da água na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós tornam-se importantes ao considerar a transformação do ambiente lótico para lêntico, na formação do reservatório. Nesta questão, o entendimento das cinéticas relacionadas às alterações das condições hidrobiológicas e sua interação com a qualidade das águas superficiais serão analisadas através da aplicação de técnicas de modelagem matemática, tema a ser tratado em detalhes no **item 7.4.1.1.2.6.3**.

7.4.1.1.2.6.3 Resultados das Modelagens Matemáticas de Qualidade das Águas Superficiais

7.4.1.1.2.6.3.1 Introdução

Durante a formação de reservatórios artificiais, as alterações na qualidade da água devido à submersão dos solos e da vegetação se constituem num dos principais impactos sobre o meio biótico (Tundisi, 1978; Baxter & Glaude, 1980). No geral, essas alterações incluem a fertilização temporária das massas de água e pressões no balanço de oxigênio dissolvido (Ploskey, 1985; Bianchini Jr. & Cunha-Santino, 2011).

Um dos métodos empregados para atenuar tais alterações consiste na remoção prévia da biomassa vegetal (nas suas diferentes formas) da área a ser inundada. Nesse contexto, estudos de simulação da qualidade da água de futuros reservatórios têm sido utilizados para o estabelecimento do grau de desmatamento necessário para atenuar e/ou neutralizar alguns impactos (Garzon, 1984; Bianchini Jr., 1997).

Nesse estudo, ressalta-se que o termo desmatamento é adotado no contexto de remoção da fitomassa (que inclui: folhas, galhos finos, cascas e serapilheira) da bacia de acumulação e não somente no que se refere à retirada de estruturas com interesse econômico (i.e. fustes e galhos grossos). Em geral, tais simulações consideram os ciclos biogeoquímicos de alguns elementos, dentre os quais: o carbono e o nitrogênio.

A quantificação da área a ser desmatada é relevante por ser um procedimento dispendioso, que deve constar da planilha de custos dos empreendimentos.

Do ponto de vista ambiental, as ações de desmatamento e limpeza do reservatório estão relacionadas à atenuação de vários impactos sobre as características químicas, físicas e biológicas dos recursos hídricos envolvidos com as formações dos reservatórios. Principalmente os impactos relacionados com os balanços de: oxigênio dissolvido (e.g. mortalidade de peixes, formação de gás sulfídrico e de metano, aumento do poder de corrosão da água, etc.), nitrogênio e de fósforo (e.g. aumento da fertilidade da água). De acordo com vários estudos desenvolvidos (Jewell, 1971; Lush & Hynes, 1973; NAS, 1981; Chapra, & Reckhow, 1983; Esteves & Barbosa, 1986; Gale et al., 1992; Moore Jr. et al., 1992; Wetzel, 2001; Davis & Cornwell, 2008) têm-se verificado que estas alterações tendem a diminuir o potencial de utilização das águas do reservatório e do trecho do rio a jusante do empreendimento (e.g. dessedentação de animais, captação de água para abastecimento domiciliar, recreação, irrigação etc.).

Em relação à qualidade das águas e suas inter-relações com a formação do reservatório são identificadas duas fases:

- Fase de enchimento do reservatório, onde se observa a ocorrência de condições mais críticas em termos de qualidade da água. A biomassa vegetal residente é afogada e se decompõe, liberando uma grande quantidade de compostos orgânicos e nutrientes, com possibilidades de estabelecimento de condições anóxicas. Este processo ocorre até o reservatório alcançar o seu nível operacional, a partir do qual toda a vegetação estará incorporada; e
- Fase de operação, onde ocorre o consumo de toda a matéria orgânica inundada ao longo do tempo e posterior estabilização das condições bioquímicas do meio aquático. A formação do reservatório propicia um novo equilíbrio ao sistema hídrico, condicionando tempos de residência relativamente elevados e favorecendo a ocorrência de processos eutróficos. No ciclo de estabilização do regime hidráulico pode ocorrer também a estratificação térmica do reservatório, onde são formados três reatores bioquímicos distintos, o hipolímnio (compartimento inferior), o epilímnio (compartimento superior) e uma camada intermediária, o metalímnio.

Para representar estes processos, foram utilizados os seguintes modelos de simulação:

- Modelo hidráulico. Concebido para retratar o processo de circulação da água no reservatório, durante as fases de enchimento e operação. A simulação destes processos é realizada pelo programa MEKONG, apropriado à modelação de

grandes planícies de inundação. Este aplicativo gera as informações hidráulicas de entrada utilizadas pelo modelo de eutrofização.

- Modelo de eutrofização. O modelo de eutrofização baseia-se fundamentalmente no módulo EUTRO4 do modelo de simulação de qualidade da água WASP4 (Water Quality Analysis Simulation Program) distribuído pela EPA - Environmental Protection Agency, americana. O programa original foi adaptado para capacitar a representação do processo de incorporação e biodegradação da matéria vegetal inundada.
- Modelo de estratificação térmica. Modelo matemático desenvolvido por Huber e Harleman, do “Massachusetts Institute of Technology, abril/1971”, e posteriormente aplicado em diversos reservatórios, com significativo sucesso. O modelo utilizado foi concebido com base no programa fonte apresentado em linguagem Fortran constante da publicação “Prediction of the Annual Cycle of Temperature Changes in a Stratified Lake or Reservoir: Mathematical Model and User’s Manual”, desenvolvido por Patrick J. Ryan e Donald R. F. Harleman do MIT – Massachusetts Institute of Technology.

Dados mais detalhados relativos a conceituação teórica dos modelos matemáticos utilizados, preparação e tratamento visando a formulação dos dados de entrada destes aplicativos, são apresentados no **Anexo Geral 7.4.1.1.2.6/04 – Modelagem Matemática de Qualidade das Águas do Reservatório (Volume 5 – Anexos Gerais)**.

Na sequência são resumidos os principais tópicos considerados na formulação da modelagem matemática e os resultados obtidos das simulações configuradas através de saídas gráficas e numéricas.

7.4.1.1.2.6.3.2 Características do AHE São Luiz do Tapajós

O AHE São Luiz do Tapajós é parte integrante da divisão de queda do rio Tapajós e constitui um aproveitamento com potência instalada de 7.610 MW.

O aproveitamento deverá operar a fio d’água na cota 50,0 m correspondente ao nível d’água máximo normal, ocupando uma superfície líquida de 729,25 km² e volume d’água acumulado de $7.765,99 * 10^6$ m³.

Nestas condições, o reservatório terá uma profundidade média de 10,6 m. No local da tomada d’água da casa de força principal será observada a profundidade máxima de 43,5 m e junto a tomada d’água da casa de força complementar, a profundidade será de 32,0 m.

O local previsto para implantação do aproveitamento dista cerca de 60 km a montante da cidade de Itaituba no Estado do Pará e o remanso formado no Rio Tapajós deverá se estender até nas proximidades da foz do rio Ratão (tributário da margem direita) conformando um percurso de 136 km. No curso do Jamanxim, o remanso deverá evoluir por uma extensão de 56 km se estendendo até a região da Cachoeira do Caí.

Considerando-se a vazão média mensal de 12.999 m³/s, o tempo de residência médio da água no reservatório será de 6,9 dias, caracterizando o reservatório como corpo d'água assemelhado a ambiente lótico.

7.4.1.1.2.6.3.3 Características dos Modelos Matemáticos

7.4.1.1.2.6.3.3.1 Modelo Hidráulico

No processo de modelagem matemática, o corpo hídrico é representado por uma sequência de compartimentos horizontais e trechos de canais por onde se processa o escoamento entre células vizinhas. As leis de transferência de vazões baseiam-se na Fórmula de Manning aliada à expressão da continuidade, cujo sentido do escoamento é função da diferença dos níveis d'água entre as células consideradas.

O condicionante físico que regula o escoamento é ditado principalmente pela topografia local. A água que extravasa de sua calha natural tem seu fluxo de vazão moldado pelas fronteiras naturais do terreno, tais como meandros, vales irregulares, depressões no terreno e vegetação, o que pressupõe o conhecimento da morfologia da área inundada, a qual deve ser amarrada topograficamente.

Estas funções são cumpridas pelo modelo hidráulico, gerando as variáveis de estado requisitadas pelo modelo de simulação de qualidade da água.

O modelo matemático concebido é do tipo bidimensional e baseia-se no algoritmo proposto por Jean A. Cunge que o utilizou na modelagem das áreas inundadas do Delta do Mekong.

7.4.1.1.2.6.3.3.2 Modelo Bioquímico

O modelo bioquímico baseia-se fundamentalmente na estrutura lógica do módulo **EUTRO4** do programa **WASP4**, ao qual foram acrescentadas as equações que permitem simular os processos físicos e bioquímicos de incorporação e degradação da biomassa que ocorrem durante as fases de enchimento e operação do reservatório, sendo identificados quatro sistemas interativos: Cinética fitoplantônica; Ciclo do fósforo; Ciclo do nitrogênio e Balanço do oxigênio dissolvido.

No processo de simulação, o corpo hídrico é representado por um conjunto de segmentos ou reatores de mistura completa, onde ocorrem reações envolvendo 8 variáveis bioquímicas: Amônia: NH_3 ; Nitrato: NO_3 ; Ortofosfato: OPO_4 ; Clorofila A: **CHLa**; Demanda bioquímica do oxigênio: **DBO**; Oxigênio dissolvido: **OD**; Nitrogênio orgânico: **ON**; Fósforo orgânico: **OP**.

As cinéticas que descrevem a incorporação e biodegradação da fitomassa inundada são representadas por equações diferenciais de primeira ordem, descrevem as variações temporais dos seguintes parâmetros: Demanda bioquímica de oxigênio; Nitrogênio contido na vegetação submersa e dissolvido na água; Fósforo contido na vegetação e dissolvido na água e Oxigênio dissolvido.

No processo de modelagem, a degradação da biomassa inundada é representada pelas parcelas fixa ao solo e dissolvida, cujas cinéticas são regidas pelos níveis de concentrações de oxigênio dissolvido no corpo hídrico representativas das condições aeróbicas e anaeróbicas.

Desta forma é requerido, como dados de entrada, o fornecimento de dois conjuntos de parâmetros K1, K2 e K3 representativas das condições aeróbicas e anaeróbicas do corpo hídrico.

O modelo adotado apresenta algumas características que devem ser consideradas quando da interpretação de seus resultados, dentre os quais se citam:

- O modelo considera cada segmento como sendo um reator de mistura completa; e
- O processo de biodegradação tem início logo após o seu afogamento, ou seja, não se prevê, portanto, a morte gradual da fitomassa submersa. Desse modo, em algumas situações, as simulações podem conter resultados que sejam mais críticos do que o esperado (por exemplo: déficits de OD), pois a defasagem temporal entre submersão e morte da vegetação contribui para a atenuação da velocidade das alterações da qualidade da água. No entanto, a despeito destas limitações, o modelo utilizado fornece, inequivocamente, as tendências das características da qualidade da água do futuro reservatório.

7.4.1.1.2.6.3.3 Modelo de Estratificação Térmica

A estratificação térmica deve-se à criação de ambientes lânticos com reduzida capacidade de renovação. Este processo é constatado ao longo da coluna d'água em reservatórios profundos, com o aparecimento de três níveis ou camadas distintas de temperatura, sendo elas: epilímnio, metalímnio e hipolímnio.

O estabelecimento da estratificação é favorecido quando o volume do reservatório é grande, face aos volumes de vazões anuais afluentes. Nestas condições a isoterma é horizontal durante a maior parte do ano e a estratificação é geralmente mantida durante o verão e o outono.

Na condição estratificada, a camada do hipolímnio apresenta-se como um reator bioquímico isolado da atmosfera, impedindo o processo de re-aeração. Neste ambiente são normalmente observadas condições de anaerobiose e baixos índices de qualidade das águas, com produção indesejável de gases e odores, ocasionalmente com efeitos tóxicos, com uma produção de amônia, redução de sulfeto e formação de metano.

Esta situação mais crítica, observada na camada de fundo, decorre principalmente dos processos de decomposição da matéria orgânica oriunda da vegetação afogada.

Durante a quebra da termoclina ocorre uma mistura das camadas, causando uma rápida deterioração da qualidade da água. Por esta razão, o conhecimento do perfil térmico é essencial para o controle da qualidade da água e da previsão de estruturas hidráulicas de descargas adequadas, visando minimizar os impactos decorrentes destes processos.

As principais simplificações da modelagem são:

- A isoterma no reservatório estratificado é horizontal e o gradiente térmico existe apenas na direção vertical;
- O transporte de calor devido à mistura provocada pelo fluxo turbulento ocorre somente na região do epilímnio e se limita ao espaço de tempo em que a temperatura induz a desestabilização do perfil de densidade;
- A radiação solar é transmitida somente na direção vertical;
- O fluxo de calor não é perdido na interface física entre a massa líquida e o solo junto às margens e fundo do reservatório. As trocas de calor partem da superfície do reservatório, via evaporação e através dos fluxos de vazões derivadas da afluência e da defluência;
- A densidade e o calor específico e o coeficiente de difusão molecular da água é assumido constante ao longo da simulação; e
- A energia da radiação solar, transmitida para a água e interceptada pelas margens, é distribuída uniformemente sobre a seção transversal e na profundidade de interceptação.

7.4.1.1.2.6.3.4 Dados Básicos Utilizados na Modelagem

Os trabalhos de modelagem matemática são precedidos por uma fase preparatória de coleta de dados disponíveis, onde as informações básicas foram definidas em função das necessidades de informações para as entradas em cada um dos modelos utilizados.

7.4.1.1.2.6.3.4.1 Segmentação do Reservatório

No processo de modelagem, o reservatório é representado por uma sequência de células horizontais interligadas através de elementos de canais por onde veiculam as vazões e os constituintes químicos e bioquímicos.

Cada segmento é representado como um reator homogêneo de mistura completa, ambiente onde processam as cinéticas e as transformações dos componentes limnológicos presentes no meio líquido e aqueles decorrentes da incorporação e biodegradação da biomassa inundada.

No processo de segmentação da área do reservatório, procurou-se separar o corpo central do reservatório onde o fluxo de vazão ocorre de forma preferencial, dos braços tributários laterais onde o escoamento se processa de forma mais lenta.

Na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.4.1/01** é apresentado o esquema de compartimentação do reservatório do AHE São Luiz do Tapajós a ser representado nos estudos de modelagem matemática. Neste processo o reservatório foi dividido em 24 reatores, sendo 9 representativos do corpo central do reservatório (calha do Tapajós), 4 segmentos representativos da calha do Jamanxim e 12 segmentos representativos dos principais braços tributários laterais. No modelo são considerados ainda 14 pontos de afluições de cargas e vazões (Q-01 a Q-14).

No **Mapa 7.4.1.1.2.6/02 - Segmentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós – Subbacias e Reatores (Volume 9 – Mapas)** (folhas 1/2 e 2/2), na escala 1:100.000, é apresentada a segmentação do reservatório do AHE São Luiz do Tapajós, com a identificação da malha hídrica, dos reatores e das subbacias contribuintes. No **Mapa 7.4.1.1.2.6/03 – Segmentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós - Tipologias Vegetais e de Uso do Solo (Volume 9 – Mapas)** (folhas 1/2 e 2/2), escala 1:100.000, é apresentada a mesma segmentação, onde são consideradas as tipologias vegetais e o uso do solo.

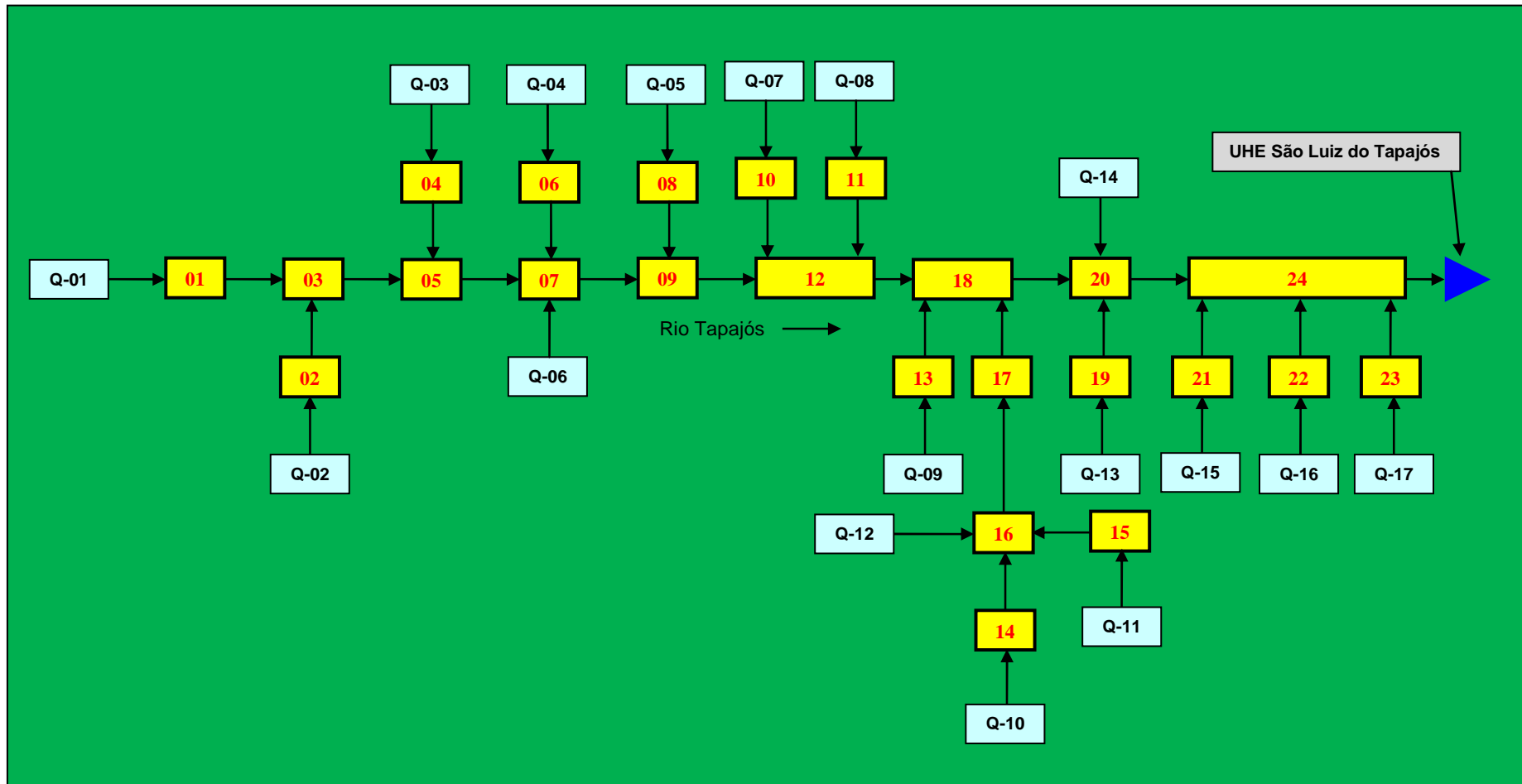


Figura 7.4.1.1.2.6.3.4.1/01 – Esquema de Compartimentação do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.

7.4.1.1.2.6.3.4.2 Modelo Hidráulico

Os dados cartográficos e topográficos, representados pelas restituições aerofotogramétricas e levantamentos topobatimétricos de seções transversais são fundamentais na composição do modelo hidráulico, definindo as características físicas dos reatores bioquímicos.

Como insumos de entrada, foram utilizadas series de vazões diárias, formuladas com base nas vazões médias mensais geradas nos locais do eixo do AHE São Luiz do Tapajós, AHE Jatobá e AHE Cachoeira do Caí, compiladas no período de janeiro de 1931 a dezembro de 2011. Nestas condições as vazões afluentes representam uma condição hidrológica média.

As vazões contribuintes a faixa do reservatório baseou-se na seguinte sistemática:

- **Vazões laterais ao corpo do reservatório.** Compreendem os aportes de vazões dos tributários laterais existentes na área intermediária do reservatório que contempla uma superfície territorial de 13.587 km². As vazões de cada parcela de área contribuinte foram estimadas considerando a proporcionalidade das áreas das bacias de drenagem contribuintes respectivas e produtividades hídricas expressa em L/s/km².
- **Vazões afluentes a montante dos cursos do Tapajós e Jamanxim.** Foram definidas a partir dos dados de vazões médias mensais afluentes ao eixo do AHE Jatobá e Cachoeira do Caí, adotando-se como padrão, a média mensal compilada entre janeiro de 1931 a dezembro de 2011, procurando desta forma, aferir uma condição hidrológica média.

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/01** são apresentadas as áreas de cada parcela contribuinte ao corpo do reservatório, indicando os cursos d'água participantes mais significativos.

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/02** são discriminados os dados de vazões médias mensais afluentes lateralmente a cada segmento do reservatório.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/01 - Áreas das Bacias Contribuintes dos Segmentos.

Bacia Contribuinte	Curso d'água Principal	Área (km ²)	Tributários Laterais
B01	Tapajós	3345,87	Rio Ratão, Igarapé da Missão e laterais
B02	Tapajós	274,99	Igarapé do Barreiro ou Farmácia
B03	Tapajós	1110,12	Igarapé Putica e Igarapé do Jacaré e laterais
B04	Tapajós	589,63	Rio Jutai
B05	Tapajós	266,30	Igarapé Jutaizinho e laterais
B06	Tapajós	795,21	Igarapé da Montanha
B07	Tapajós	427,42	Laterais
B08	Tapajós	376,57	Igarapé Urubutu
B09	Tapajós	238,24	Igarapé São João e laterais
B10	Tapajós	213,75	Sem identificação
B11	Tapajós	456,80	Igarapé Mariazinha
B12	Tapajós	342,92	Laterais
B13	Tapajós	328,32	Córrego Lajinha
B14	Jamanxim	563,57	Laterais Montante
B15	Jamanxim	1126,82	Jamanxinzinho
B16	Jamanxim	90,02	Laterais
B17	Jamanxim	147,62	São Raimundo e Laterais
B18	Tapajós	235,86	Laterais
B19	Tapajós	235,78	Laterais
B20	Tapajós	420,73	Igarapé Mumbuai e Laterais
B21	Tapajós	1324,27	Rio Tucunaré
B22	Tapajós	83,77	Igarapé Pimental
B23	Tapajós	434,47	Igarapé Bathu
B24	Tapajós	157,48	Laterais
Total		13.586,53	

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.2/02 - Vazões Médias Mensais Afluentes (m³/s).

Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Q-01	13447,8	18186,1	22111,3	21061,9	14850,4	8252,0	5284,4	4146,5	3876,1	4345,0	5890,0	8696,2
Q-02	9,6	13,9	21,1	21,5	19,7	8,7	3,3	1,6	0,8	1,2	3,5	6,5
Q-03	20,6	29,8	45,3	46,2	42,2	18,6	7,1	3,4	1,6	2,6	7,5	13,9
Q-04	27,8	40,2	61,1	62,3	56,9	25,1	9,6	4,6	2,2	3,5	10,1	18,8
Q-05	13,2	19,0	28,9	29,5	26,9	11,9	4,6	2,2	1,0	1,7	4,8	8,9
Q-06	44,6	64,5	97,9	99,8	91,2	40,2	15,4	7,5	3,5	5,7	16,1	30,1
Q-07	7,5	10,8	16,4	16,7	15,3	6,7	2,6	1,2	0,6	1,0	2,7	5,0
Q-08	16,0	23,1	35,1	35,8	32,7	14,4	5,5	2,7	1,3	2,0	5,8	10,8
Q-09	11,5	16,6	25,2	25,7	23,5	10,4	4,0	1,9	0,9	1,5	4,2	7,7
Q-10	2250,0	3507,0	4619,0	4544,0	3220,0	1274,0	472,0	213,0	170,0	306,0	552,0	1353,0
Q-11	39,4	57,0	86,6	88,2	80,6	35,6	13,6	6,6	3,1	5,0	14,2	26,6
Q-12	8,3	12,0	18,3	18,6	17,0	7,5	2,9	1,4	0,7	1,1	3,0	5,6
Q-13	8,2	11,9	18,1	18,5	16,9	7,4	2,9	1,4	0,7	1,1	3,0	5,6
Q-14	28,5	41,2	62,5	63,8	58,2	25,7	9,9	4,8	2,2	3,6	10,3	19,2
Q-15	46,3	67,0	101,7	103,7	94,7	41,8	16,0	7,7	3,7	5,9	16,7	31,2
Q-16	2,9	4,2	6,4	6,6	6,0	2,6	1,0	0,5	0,2	0,4	1,1	2,0
Q-17	15,2	22,0	33,4	34,0	31,1	13,7	5,3	2,5	1,2	1,9	5,5	10,2

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

7.4.1.1.2.6.3.4.3 Modelo Bioquímico

O modelo bioquímico adota como variáveis de entrada, além das informações fornecidas pelo modelo hidráulico, dados de natureza climática, dados de qualidade das águas, dados de fitomassa e valores dos parâmetros bioquímicos.

Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica de Itaituba, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, onde foram considerados os seguintes parâmetros climáticos: temperatura média do ar; umidade relativa do ar; nebulosidade e velocidade média do vento. A radiação média foi obtida do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB.

Os dados de qualidade da água compreendem os parâmetros de natureza química e física proveniente de campanhas de qualidade da água realizadas na área de influência do reservatório do AHE São Luiz do Tapajós. Na composição destas informações foram considerados os dados das 4 campanhas de qualidade da água realizados no âmbito dos estudos de EIA-RIMA no ano de 2012, campanhas do Projeto Brasil das Águas e de dados de monitoramento disponíveis de estações fluviométricas operadas pela Agência Nacional de Águas - ANA.

A distribuição espacial desta rede de amostragem é apresentada no Mapa 7.3.1.2/04 – Pontos de Qualidade da Água na Bacia do Tapajós na Bacia do Rio Tapajós (Volume 3 – Mapas) - escala 1:1.000.000 do item 7.3.1.2 Recursos Hídricos, subitem 7.3.1.2.2.8.1 Aspectos Hidrometeorológicos da All.

Os dados utilizados para a quantificação da fitomassa são provenientes dos estudos de caracterização da vegetação, incluindo os levantamentos de campo e a identificação botânica a partir dos dados coletados nas campanhas de campo que apresentaram Formações Aluviais e Submontanas a serem diretamente afetadas pela formação do futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.

Neste trabalho, além da determinação do peso referente a fitomassa arbórea total, também foi estimado a fitomassa para os componentes denominados de troncos, galhos, folhas e casca que juntos representam a matéria orgânica arbórea. Também foram estimados os valores referentes a matéria orgânica morta, que neste caso contempla a serapilheira.

Na sequência são apresentados os resultados de peso de matéria orgânica por hectare referentes a Floresta Ombrófila de Terra Firme e Floresta Ombrófila Aluvial calculados segundo equações ajustadas como já descrito neste relatório, bem como os pesos percentuais para os componentes da matéria orgânica arbórea denominados

de tronco, galhos, casca e folhas, bem como para a matéria orgânica morta (serrapilheira).

Os resultados deste trabalho são retratados nos **Quadros 7.4.1.1.2.6.3.4.3/01 e 7.4.1.1.2.6.3.4.3/02**.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/01 - Fitomassa em toneladas por hectare e percentuais - Floresta Ombrófila Submontana.

Tipo de Matéria Orgânica		Tipologia Vegetal	
		(ton/ha)	(%)
MO arbórea	tronco	96,58	48,12
	galhos	77,24	38,49
	folhas	14,44	7,20
	casca	12,37	6,17
	total	200,68	100,00
MO morta (serrapilheira)		5,78	-
MO total		206,46	-

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/02 - Fitomassa em toneladas por hectare e percentuais - Floresta Ombrófila Aluvial.

Tipo de Matéria Orgânica		Tipologia Vegetal	
		(ton/ha)	(%)
MO arbórea	tronco	86,99	48,12
	galhos	69,57	38,49
	folhas	13,01	7,20
	casca	11,15	6,17
	total	180,77	100,00
MO morta		5,78	-
MO total		186,55	-

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

A pesquisa das condições de uso e cobertura dos solos presentes na área abrangida pelo reservatório do AHE São Luiz do Tapajós permitiu a identificação e delimitação da área de 12 parcelas de ocupação do território conforme relacionado no **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/03**.

A partir dos dados de inventário da fitomassa residente na área do reservatório, procedeu-se o cálculo da densidade do carbono biodegradável utilizada como insumo de entrada no modelo matemático.

Nesta estimativa, calculou-se a densidade de carbono biodegradável expressa em kg/m², considerando-se as várias tipologias vegetais presentes na área do reservatório e a parcela residente no solo, sendo desprezada a biomassa do tronco que se caracteriza por elevados tempos de degradação.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/03 - Tipos de Ocupação da Área Abrangida pelo Reservatório.

Usos do Solo (nº)	Uso do Solo do Reservatório	Área (ha)
1	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial da Planície Fluvial	6.063,18
2	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	5.265,57
3	Floresta Ombrófila Densa Aluvial da Planície de Inundação	2.794,07
4	Floresta Ombrófila Densa Aluvial da Planície Fluvial	14.117,43
5	Floresta Ombrófila Densa Submontana	8.550,96
6	Vegetação Secundária	47,29
7	Campos Naturais	0,03
8	Banco de Areia	179,38
9	Pedrais	1.720,01
10	Antrópico	721,26
11	Estradas	61,05
12	Rio	38.794,03
Total		78.314,27

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/04** são apresentados os valores das densidades do carbono biodegradável, expresso em kg/m^2 correspondente a cada segmento.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/04 - Densidade de Carbono Biodegradável.

Segmento	Total do Carbono Oxidável		
	Fitomassa (kg/m^2)	Solo (kg/m^2)	Reservatório (kg/m^2)
Seg_01	0,016	0,002	0,018
Seg_02	0,348	0,038	0,386
Seg_03	0,029	0,004	0,032
Seg_04	0,349	0,038	0,387
Seg_05	0,063	0,007	0,070
Seg_06	0,318	0,035	0,353
Seg_07	0,105	0,011	0,117
Seg_08	0,353	0,038	0,391
Seg_09	0,116	0,013	0,129
Seg_10	0,350	0,038	0,387
Seg_11	0,351	0,038	0,389
Seg_12	0,162	0,018	0,180
Seg_13	0,348	0,037	0,386
Seg_14	0,230	0,025	0,255
Seg_15	0,323	0,035	0,358
Seg_16	0,183	0,020	0,203
Seg_17	0,275	0,030	0,305
Seg_18	0,142	0,016	0,158
Seg_19	0,356	0,038	0,394
Seg_20	0,155	0,017	0,172
Seg_21	0,315	0,035	0,350
Seg_22	0,319	0,036	0,355
Seg_23	0,337	0,037	0,373
Seg_24	0,124	0,014	0,138
Reservatório	0,169	0,019	0,187

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

As constantes das equações cinéticas relativas aos ciclos dos nutrientes e do oxigênio dissolvido adotado na modelagem são apresentadas no **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/05**.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/05 - Constantes das Equações Cinéticas.

Constante	Descrição	Valor	Unidade
K1320C	Nitrification rate at 20° C	0,10	1/day
K1320T	Temperature coefficient for k1320C	1,085	-
KNIT	half-saturation constant for nitrification-oxygen limitation	2,0	mg O2/L
K140C	Denitrification rate at 20° C	0,09	1/day
K140T	Temperature coefficient for K140C	1,045	-
KNO3	half-saturation const. for denitrification- oxygen limitation	2,0	mg O2/L
KIC	Saturated growth rate of phytoplankton at 20° C	0,2	1/day
KIT	Temperature coefficient for KIC	1,068	-
XKC	Cholorophyll extinction coefficient	0,017	m ² /mg chla
PHIMX	Maximumphosphorous quantum yield	720	mg C/mole
KMNGI	Nitrogen half-saturation const. for phytoplankton growth	0,025	mg N/L
KMPGI	Phosphorous half-saturation const. for phyto. growth	0,001	mg PO4/L
NCRB	Nitrogen-to-carbon ratio in phytoplankton	0,250	mg N/mg C
PCRB	phosphorus-to-carbon ratio in phytoplankton	0,025	mgPO4/mgC
KIRC	endogenous respiration rate of phytoplankton at 20° C	0,125	1/day
KIRT	temperaturecoefficient for KIRC	1,045	-
KID	non-predatory phytoplankton death rate	0,020	1/day
KPZDC	decomposition rate for phyto. in the sediment at 20° C	0,020	1/day
KPZDT	temperaturecoefficient for KPZDDC	1,08	-
KDC	BOD deoxygenation rate at 20° C	0,10	1/day
KDT	temperaturecoefficient	1,047	-
KDSC	decomposition rate for CBOD. in the sediment at 20° C	0,011	1/day
KDST	temperaturecoefficient	1,047	-
KBOD	half-satur. const. for carbon. Deoxygenationoxygenlimit.	0,00	mg O2/L
OCRB	oxygen-to-carbon ratio in phytoplankton	2,67	mgO2/mg C
K2	reaeration rate at 20° C for entire water body	0,00	1/day
K1013C	mineralization rate of dissolved organic nitrogen at 20°C	0,020	1/day
K1013T	temperaturecoefficient for K1013C	1,02	-
KONDC	decomposition rate for organic nitrogen in the sediment	0,0004	1/day
KONDT	temperaturecoefficient	1,08	-
K58C	mineralization. rate of dissolved organic phosphorus at 20°C	0,22	1/day
K58T	temperaturecoefficient for K58C	1,08	-
KOPDC	decomposition. rate for organic phosphorus in the sediment	0,0004	1/day
KOPDT	temperaturecoefficient	1,08	-

FONTE: UFSCar(2013)/EPA(2008)

As constantes das equações cinéticas relativas ao processo de biodegradação da fitomassa afogada do Reservatório do AHE São Luiz do Tapajós são apresentadas no **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/06**.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.3/06 - Taxas de Biodegradação da Fitomassa Inundada.

Descrição	Valor	Unidade
Taxa de solubilização - condição aeróbica	0,760	1/dia
Taxa de solubilização - condição anaeróbica	0,364	1/dia
Taxa de oxidação material particulado - cond. aeróbica	0,240	1/dia
Taxa de oxidação material particulado - cond. anaeróbica	0,449	1/dia
Taxa de oxidação material dissolvido- cond. aeróbica	0,016	1/dia
Taxa de oxidação material dissolvido- cond. anaeróbica	0,003	1/dia
Razão nitrogênio- carbono	0,0287	mg N/mg C
Razão fósforo- carbono	0,0016	mg P/mg C

FONTE: UFSCar(2013)/EPA(2008)

7.4.1.1.2.6.3.4.4 Análise Hidrodinâmica dos Tributários

A morfologia de um ambiente aquático exerce grande influência nas suas características limnológicas. A distribuição de substâncias e organismos num corpo d'água é regulada pela dinâmica de circulação e estratificação, e existe forte vinculação desta com as características morfométricas do reservatório.

Dentre os parâmetros morfométricos, que possam assinalar propensão em provocar processos de deterioração da qualidade da água do reservatório, são analisados o tempo de residência do reservatório e o Número de Froude Densimétrico.

O tempo de residência da água é uma das variáveis importantes que influenciam os processos químicos e biológicos que ocorrem nos reservatórios (Straškraba, 1999). Considera-se que reservatórios com tempos de residência inferiores a duas semanas sejam ecossistemas com comportamentos similares aos de rios (ambientes com elevadas taxas de renovação da água); com TR superiores a duas semanas e menor que um ano sejam ambientes com posição intermediária entre rio e lago; e com TR superiores a um ano, sejam ecossistemas com características bastante próximas a lacustres (Straškraba, 1999).

Dependendo da magnitude, o tempo de residência pode induzir condições favoráveis para a ciclagem dos nutrientes e para o desenvolvimento do fitoplâncton e de macrófitas aquáticas. Quanto maiores os tempos de residência, maiores tenderão a ser as alterações na qualidade da água do reservatório em relação as dos rios originais. No reservatório de São Luiz do Tapajós o tempo médio de retenção hidráulica será da ordem de 6,9 dias, sendo classificado como ecossistemas com comportamentos similares a de rios.

O Número de Froude Densimétrico (NF) é um adimensional, que reúne as principais características de estratificação e morfometria. Reservatórios fortemente estratificados possuem NF bastante inferiores a $1/\pi$, reservatórios com fraca estratificação

apresentam NF variando entre 0,1 e 1,0 e sistemas completamente misturados possuem NF superior a 1,0 (Nogueira (1991)).

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.4/01** são apresentadas as principais características dos braços tributários que constituem o reservatório, com a classificação do tipo de ambiente e condições de estratificação.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.4.4/01 - Análise dos Braços Tributários.

Braço	Curso d'água	Vazão (m ³ /s)	Área (km ²)	Volume (m ³ *10 ⁶)	Compr. (km)	Tempo de Residência (dias)	Ambiente	Froude Densim.	Estratif.
2	Igarapé Farmácia	8,7	4,07	9,38	12,5	12,5	rio	1,620	Misturado
4	Rio Jutai	18,7	8,18	37,29	14	23,1	rio/lago	0,496	Fraca
6	Igarapé da Montanha	25,2	8,22	41,45	16,1	19,0	rio/lago	0,625	Fraca
8	Igarapé Urubutu	12,4	16,11	86,16	17,4	80,4	rio/lago	0,151	Fraca
10	Sem Identificação	7,4	10,36	62,48	10,7	97,7	rio/lago	0,068	Forte
11	Igarapé Mariazinha	15,1	11,66	69,77	16,6	53,5	rio/lago	0,193	Fraca
13	Córrego Lajinha	11,1	22,81	170,84	30	178,1	rio/lago	0,084	Forte
15	Jamanxinzinho	36,3	9,32	37,55	18,5	12,0	rio	1,429	Misturado
19	Sem Identificação	8,8	15,65	84,47	18,5	111,1	rio/lago	0,115	Fraca
21	Rio Tucunaré	42,9	20,83	181,15	37,7	48,9	rio/lago	0,331	Fraca
22	Igarapé Pimental	4,3	6,17	64,93	12,8	174,8	rio/lago	0,026	Forte
23	Igarapé Bathu	15,3	13,37	168,09	21,8	127,2	rio/lago	0,051	Forte

7.4.1.1.2.6.3.5 Resultados das Modelagens Matemáticas

A seguir são apresentados os estudos de modelagem matemática, onde são analisados os resultados auferidos pelos seguintes aplicativos:

- Modelo de simulação WASP de qualidade da água, onde é analisado um cenário de início de enchimento em 1º de fevereiro e duração de três meses para completar esta etapa, e
- Modelo de estratificação térmica. Nesta modelagem é verificada a tendência de estratificação térmica do reservatório analisadas a luz das variações sazonais de vazões.

7.4.1.1.2.6.3.5.1 Modelagem Matemática da Qualidade da Água

Neste item são apresentados os resultados dos estudos de modelagem matemática da qualidade da água, onde as condições ambientais do recurso hídrico são aferidas de acordo com o cenário sem desmatamento da área a ser abrangida pelo reservatório e desenvolvimento de ação corretiva de desmatamento e limpeza do reservatório.

Os processamentos consideraram as seguintes premissas:

- Vazão mensal definida no local do eixo do AHE São Luiz do Tapajós compilada com base na média histórica gerada entre janeiro de 1931 a dezembro de 2011, retratando, portanto, uma condição hidrológica média. As vazões mensais obtidas foram discretizadas em base diária, formalizando desta forma os dados de entrada do modelo hidráulico. Durante o processamento do modelo hidráulico, estas vazões foram por sua vez discretizadas em intervalo de 10 minutos a fim evitar problemas de instabilidade numérica.
- Data de início do enchimento do reservatório: Considerou-se o fechamento do reservatório primeiro dia do mês de fevereiro e um período de simulação de 365 dias, o que abrange os períodos de enchimento e pós-enchimento do reservatório.
- Tempo de enchimento do reservatório. As simulações consideraram um cenário com duração do tempo de enchimento de 3 meses.
- Vazão sanitária a ser liberada para jusante: Considerando-se a ocorrência de condições hidrológicas médias, haverá pouca alteração no regime natural de vazão do rio Tapajós a jusante do reservatório. Para proceder ao enchimento em três meses, deverá ser retida uma vazão de 1.010 m³/s e liberada para jusante uma vazão média da ordem de 23.700 m³/s. A retenção da vazão deverá ser mantida durante todo o período de enchimento até o nível d'água do reservatório alcançar a cota de 50,0 m correspondente ao nível máximo normal de operação. A partir deste nível a vazão de saída é mantida igual a somatória das vazões de entrada de forma a manter a continuidade do sistema.
- Os valores de vazões liberadas para jusante durante o período de enchimento são bastante superiores a vazão mínima $Q_{7,10}$ (vazão de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos) definida em 3.558 m³/s, garantindo desta forma, maior tempo para assimilação dos compostos bioquímicos liberados durante a submersão da biomassa residente e permitir o resgate da fauna local.

A seguir são apresentados os resultados da simulação considerando as condições sem desmatamento do reservatório e considerando a realização de ações preventivas

de desmatamento e limpeza, onde se procurou auferir níveis de oxigênio dissolvido não abaixo dos 4 mg/L, limite suficiente para a manutenção da vida aquática. Salienta-se que este período é transitório e limitado a fase de enchimento do reservatório.

Os resultados da modelagem matemática são apresentados através de saídas gráficas, onde é analisado o comportamento temporal e espacial das concentrações da DBO, do oxigênio dissolvido, da amônia, do nitrato e do fósforo.

Para cada parâmetro analisado, os resultados são apresentados através de dois conjuntos de gráficos:

- Um conjunto reunindo os segmentos do corpo central do reservatório abrangido pelo curso do rio Tapajós;
- Um conjunto agrupando os segmentos representativos dos braços tributários.

O **Anexo Digital 7.4.1.1.2.6/01 (Volume 5 – Anexos Gerais)** apresenta todos os dados de entrada e saída referentes a modelagem de qualidade da água.

a) Condição sem Desmatamento do Reservatório

Neste cenário foi analisado o comportamento da qualidade da água, considerando-se a inundação da biomassa natural residente na área do reservatório, cujos resultados foram utilizados como referência para a formalização dos cenários com desmatamento.

Dentre os parâmetros considerados nos processos bioquímicos e cinéticos de qualidade da água, o oxigênio dissolvido constitui o mais importante, sendo determinante para a preservação da ictiofauna.

Além da importância do oxigênio para o subsídio à sobrevivência dos peixes e demais organismos aeróbios, a presença deste elemento também condiciona a disponibilidade de nutrientes, interferindo, deste modo, na evolução da eutrofização. A presença de oxigênio mantém o sistema aquático em condição oxidante. Nesta situação, normalmente, ocorre a oxidação e/ou hidratação (química ou biológica) de cátions metálicos (e.g. Fe, Al) e outros íons (e.g. Mn, Ca) que se ligam a espécies fosfatadas (por adsorção) e precipitam. Ainda nesta condição (oxidante) as formas fosfatadas podem reagir com argilas (e.g. gipsita, hematita) e, de forma similar, precipitarem (Wetzel, 1983).

A manutenção das condições oxidantes conserva os precipitados (ricos em fósforo e outros nutrientes) imobilizados nas camadas superficiais dos sedimentos que, por sua

vez, ainda formam uma camada que contribui para barrar a difusão de elementos nutrientes desde os sedimentos. Na ocorrência de rebaixamento do potencial de oxidação (pelo evento de anaerobiose ou anoxia), estes compostos precipitados dissolvem-se e juntamente com os demais elementos reduzidos do interior dos sedimentos, se difundem para a coluna d'água, contribuindo para a eutrofização do ambiente aquático. Este processo de eutrofização induzido pela ausência de oxigênio é usualmente denominado: "autofertilização" (Esteves, 1988). Pelo exposto, fica evidente a importância da proposição de excluir e/ou minimizar a anaerobiose e a anoxia como mecanismo de controle e atenuação da eutrofização dos braços do reservatório.

Nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01 e 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02** são retratadas de forma gráfica a evolução temporal do oxigênio dissolvido para cada segmento considerado na modelagem e nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03 e 7.4.1.1.2.6.3.5.1/04** a evolução temporal da DBO – Demanda Bioquímica do Oxigênio.

Verificam-se condições mais satisfatórias de qualidade da água nos segmentos que compõem o corpo central do reservatório onde a circulação da água se processa de forma preferencial. Em função da alta disponibilidade hídrica do período fixado para o enchimento do reservatório, as concentrações de oxigênio dissolvido ficaram compreendidas entre 5,9 e 6,9 mg/L.

As partições do reservatório mais afetadas pelo processo do enchimento estão relacionadas aos braços tributários cujos setores deverão ser objeto de ações preventivas de desmatamento e limpeza mais detalhado. Nestes compartimentos, a evolução temporal da taxa de oxigênio dissolvido apresentou um padrão comum de comportamento, chegando a atingir níveis de anoxia.

Os gráficos a seguir apresentam o número de dias contado a partir do início do enchimento fixado em 1º de fevereiro.

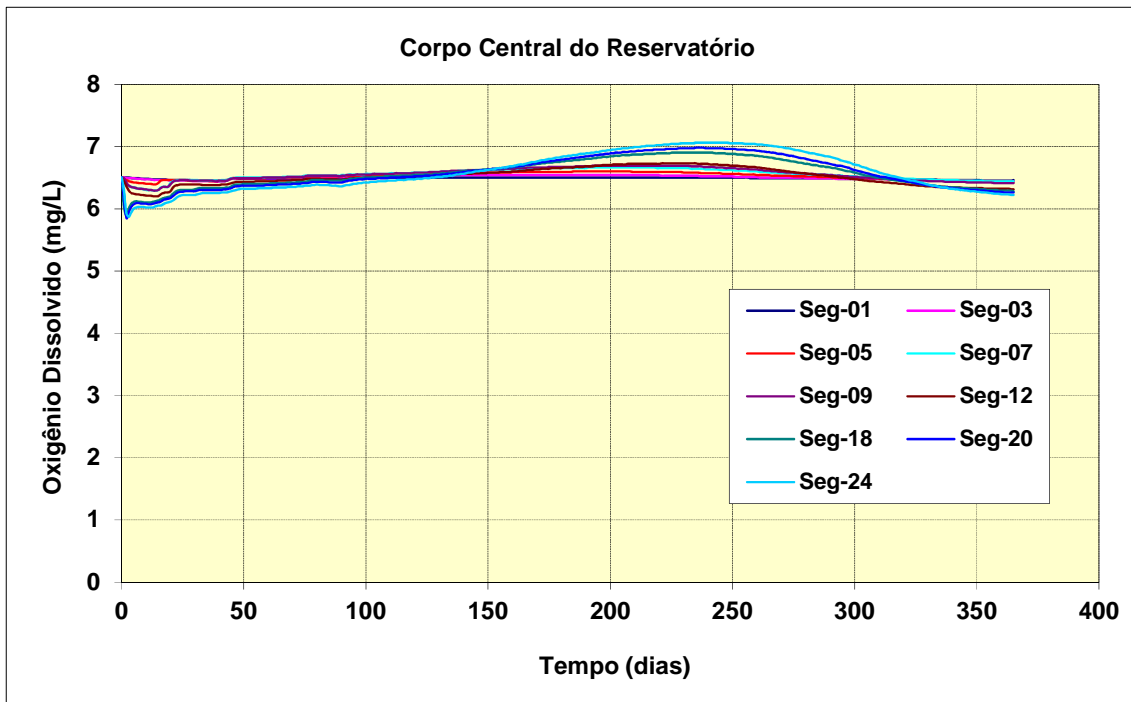


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.

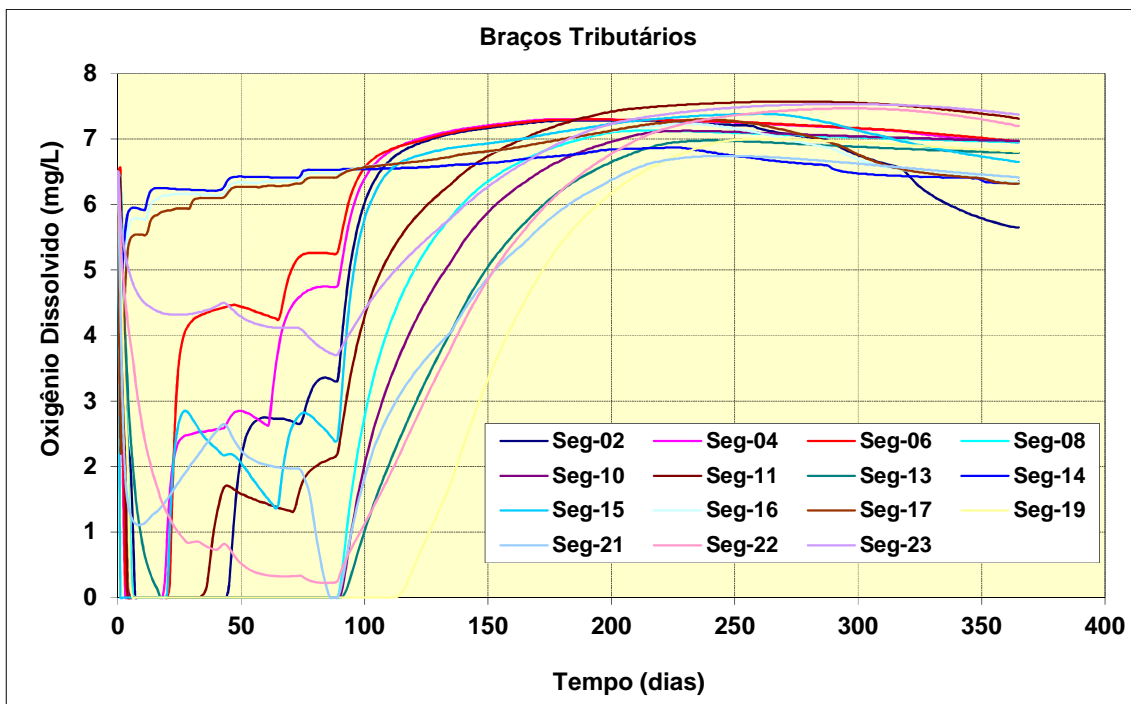


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02 – Oxigênio Dissolvido – Braços Tributários.

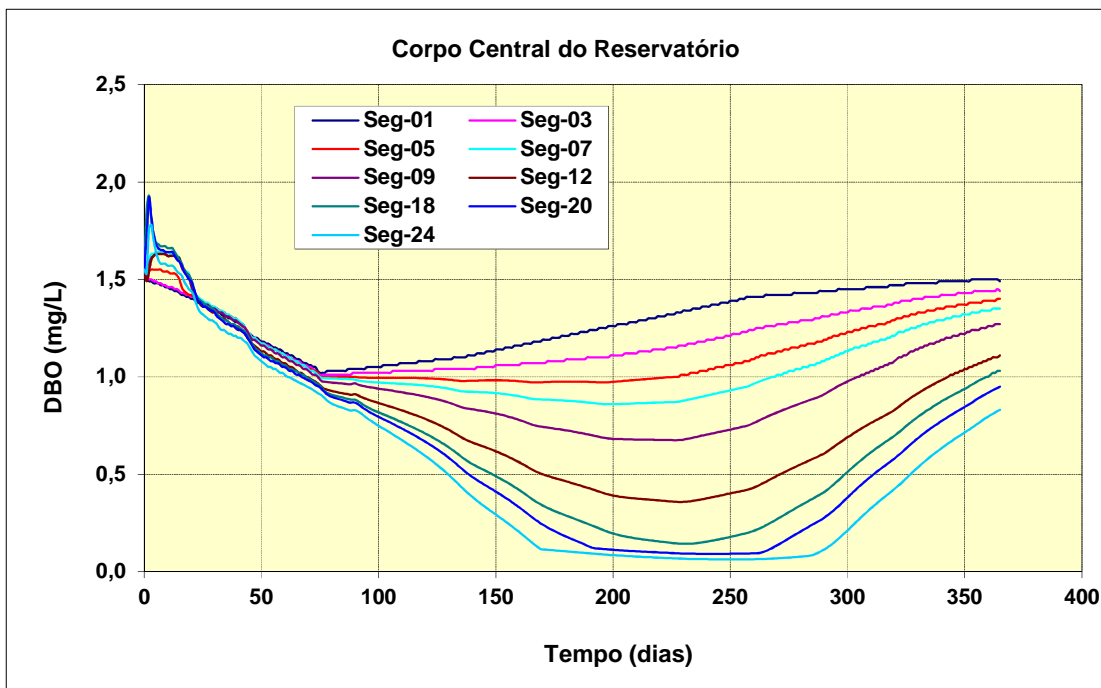


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03 - DBO – Corpo Central do Reservatório.

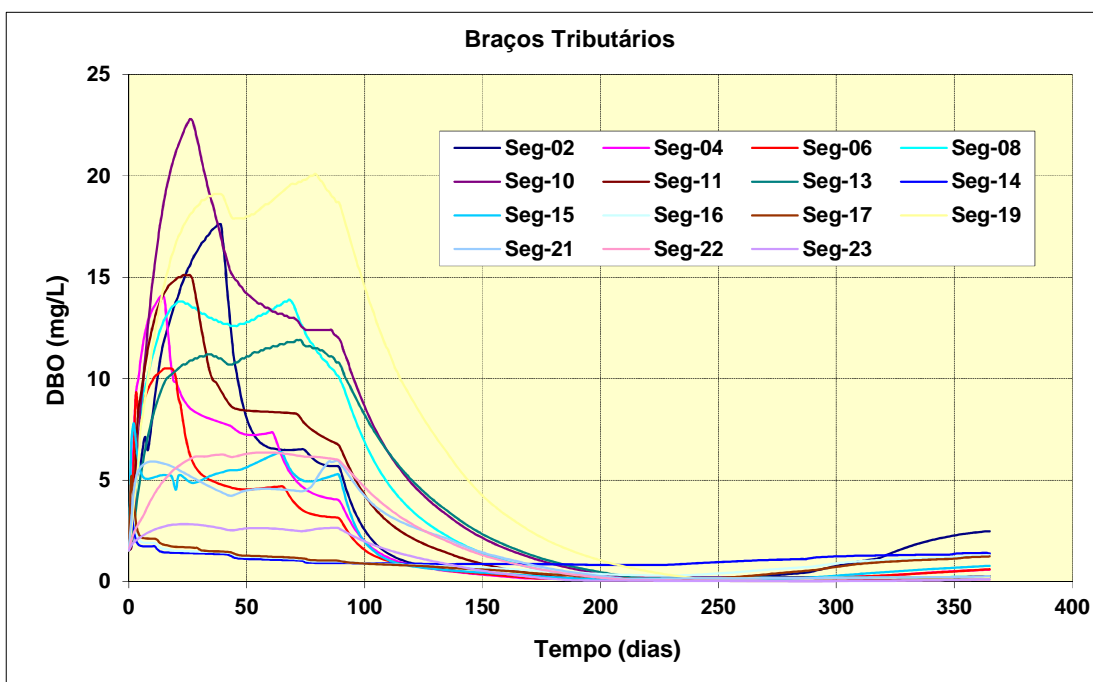


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/04 - DBO – Corpo Central do Reservatório.

b) Condição com Desmatamento e Limpeza do Reservatório

Neste cenário são apresentados os resultados da simulação, considerando a realização de ações preventivas de desmatamento e limpeza da área a ser abrangida pelo futuro lago, visando a preservação da qualidade da água durante as fases de enchimento e operação do reservatório.

As simulações foram desenvolvidas através de um processo interativo, considerando-se a cada processamento, a imposição de taxas de desmatamento e limpeza do reservatório. Este procedimento foi realizado até atingir as metas almejadas de manter as concentrações de oxigênio dissolvido em patamares não inferiores a 4 mg/L.

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01** são assinalados os segmentos que deverão ser objeto de ações preventivas de desmatamento e limpeza resultantes do processamento, onde são assinalados os valores percentuais de retirada de fitomassa e as áreas respectivas expressas em km².

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/01 – Segmentos Considerados nas Ações de Desmatamento.

Segmento	Área total ocupada pela vegetação Inundável (km ²)	Porcentagem de Desmatamento (%)	Área a ser Desmatada (km ²)
1	0,993	0,00	0,00
2	4,453	85,00	3,79
3	4,364	14,29	0,62
4	8,757	75,00	6,57
5	7,264	55,40	4,02
6	8,160	68,00	5,55
7	12,256	60,48	7,41
8	17,137	72,00	12,34
9	16,381	28,47	4,66
10	10,745	81,00	8,70
11	12,324	77,00	9,49
12	47,863	28,48	13,63
13	23,556	68,00	16,02
14	10,653	25,00	2,66
15	9,783	78,00	7,63
16	16,673	83,00	13,84
17	19,694	65,00	12,80
18	35,256	26,65	9,40
19	15,891	84,00	13,35
20	26,571	43,71	11,61
21	22,699	65,00	14,75
22	6,134	60,00	3,68
23	11,123	10,00	1,11
24	29,981	12,46	3,74
Total	378,711	49,5	187,381

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

As simulações indicam a necessidade de ações de desmatamento e limpeza do reservatório principalmente nos compartimentos abrangidos pelos braços tributários.

Outra questão relevante a ser considerada, refere-se variação natural do nível d'água do rio Tapajós e sua relação com ecologia das florestas afetadas e que pode contribuir na definição de área e volume a ser desmatado, como segue:

- No caso das florestas de terra firme, que nunca são submersas, a inundação com afogamento das bases, ou mesmo a saturação do solo afetando somente as raízes tende a matar as árvores e arbustos muito rapidamente, pelo que é recomendada sua remoção total nos trechos em que a modelagem aponta diminuição da qualidade da água, principalmente nos tributários menores e braços com maior tempo de detenção.
- Já as florestas aluviais convivem com períodos de quatro a seis meses de inundação parcial anual, e tendem a definhar somente entre seis meses e um ano após a inundação permanente, de modo gradual, conforme a tolerância das diferentes espécies de plantas afetadas. O nível dos rios Tapajós e Jamanxim chega a subir naturalmente até quatro a seis metros dentro dessas florestas, sendo normalmente tolerado pelas árvores, arbustos e lianas aí presentes. Assim, quando a inundação permanente atingir essas florestas é esperado que ocorra uma morte gradual da vegetação com disponibilização homeopática da fitomassa, que se iniciará tardiamente (no mínimo após seis meses), num período não tão crítico para afetar a qualidade da água.

Por conta das questões apresentadas acima, é recomendado que o desmatamento seja concentrado em áreas de floresta de terra firme e, em porções de floresta aluvial onde a coluna d'água prevista do reservatório ultrapasse a altura de cinco metros, caracterizando inundações não usuais. Nas porções do reservatório cobertas por floresta aluvial, onde o nível da inundação não chega a atingir cinco metros, o desmatamento não deve ser necessário, porque a floresta tende a morrer gradualmente, gerando uma dinâmica de substituição de habitats com menor capacidade de eutrofização e dentro dos limites de tolerância do sistema.

Diante das considerações anteriores a ação preventiva de desmatamento e limpeza do reservatório deverá compreender uma área de 187,381 km², ou 49,5% da área ocupada pela vegetação inundável.

Nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/05** e **7.4.1.1.2.6.3.5.1/06** são apresentados de forma gráfica a evolução temporal do oxigênio dissolvido e nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/07** e **7.4.1.1.2.6.3.5.1/08** o respectivo gráfico apresentando a evolução temporal da DBO – demanda bioquímica do oxigênio.

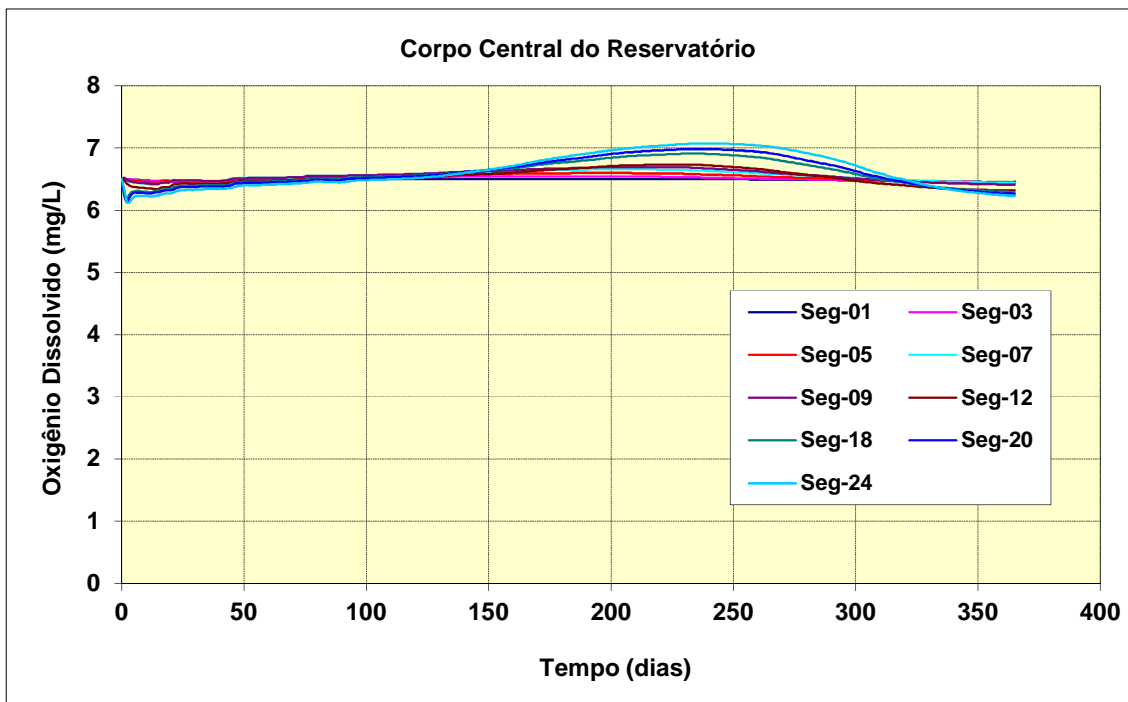


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/05 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.

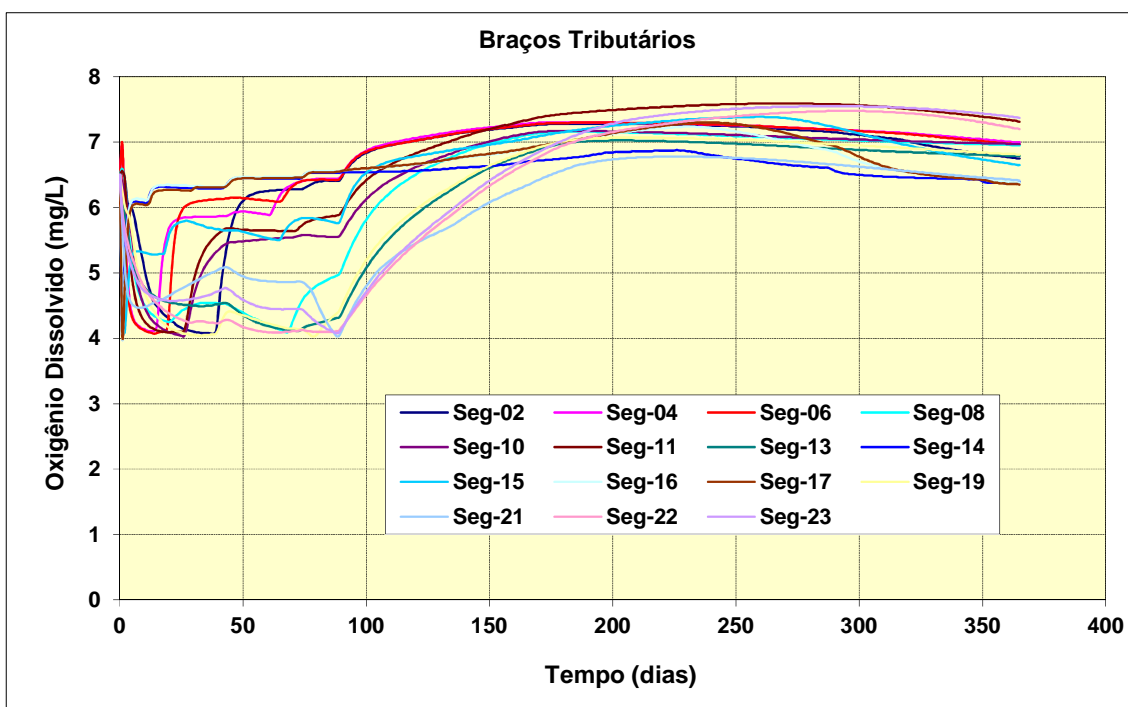


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/06 – Oxigênio Dissolvido – Braços Tributários.

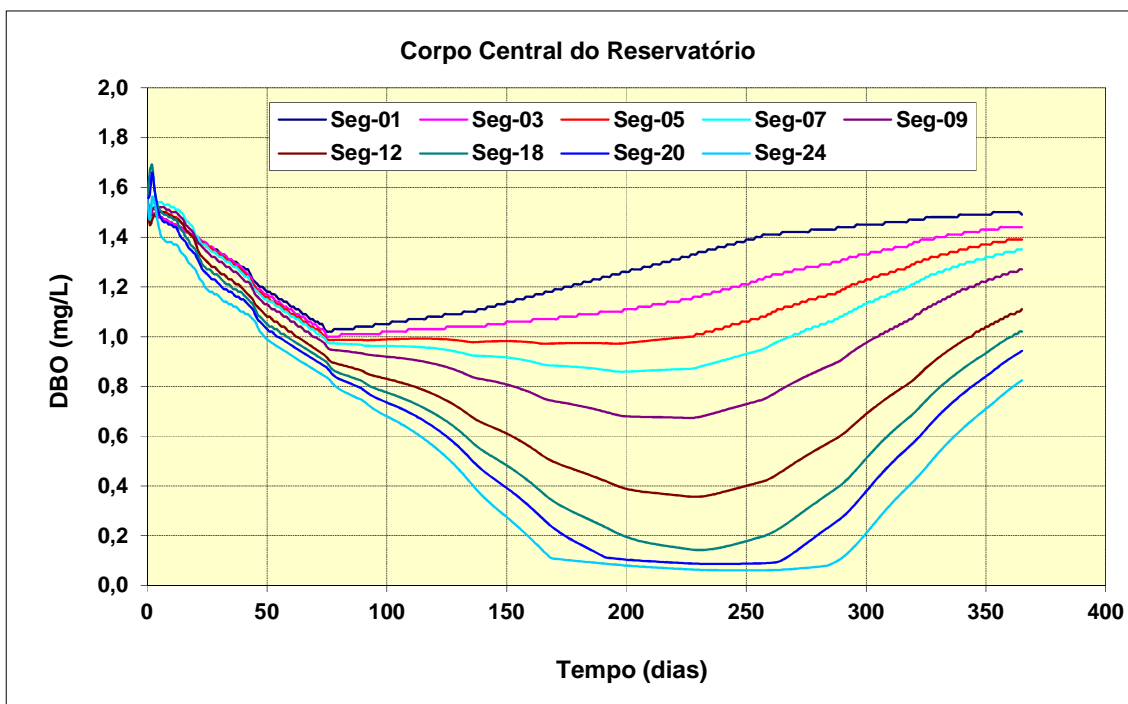


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/07 - DBO – Corpo Central do Reservatório.

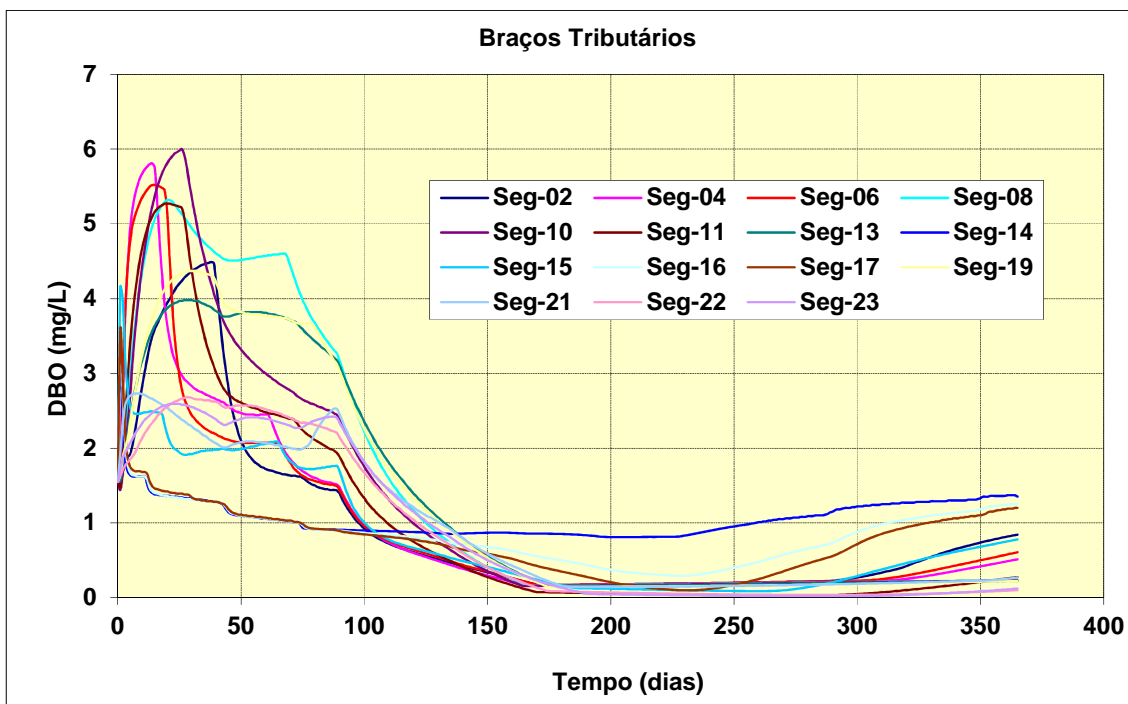


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/08 - DBO – Braços Tributários.

Nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/09 e 7.4.1.1.2.6.3.5.1/10** são apresentados de forma gráfica a evolução temporal da Amônia e nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/11 e 7.4.1.1.2.6.3.5.1/12** os respectivos gráficos apresentando a evolução temporal do

Nitrato que apresentaram concentrações abaixo do Valor Máximo Permitido da Resolução CONAMA 357/05 que especificam limites respectivos de 10 mg/L para o nitrato e 3,7 mg/L para a amônia.

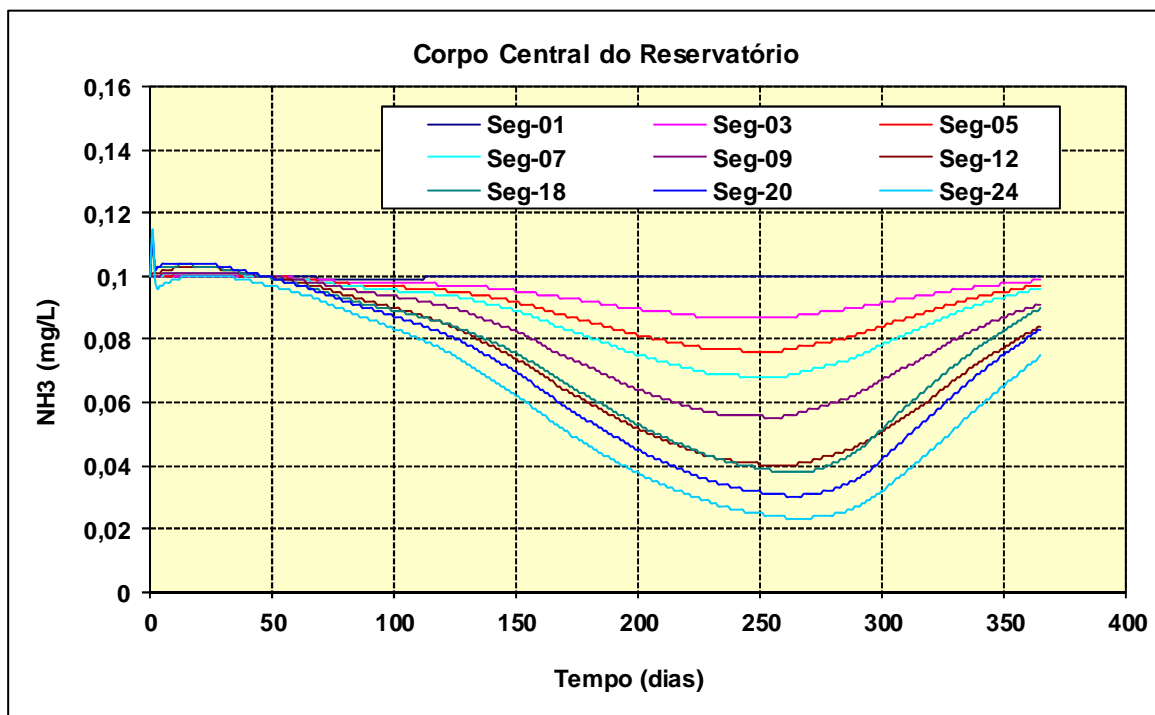


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/09 – Amônia – Corpo Central do Reservatório.

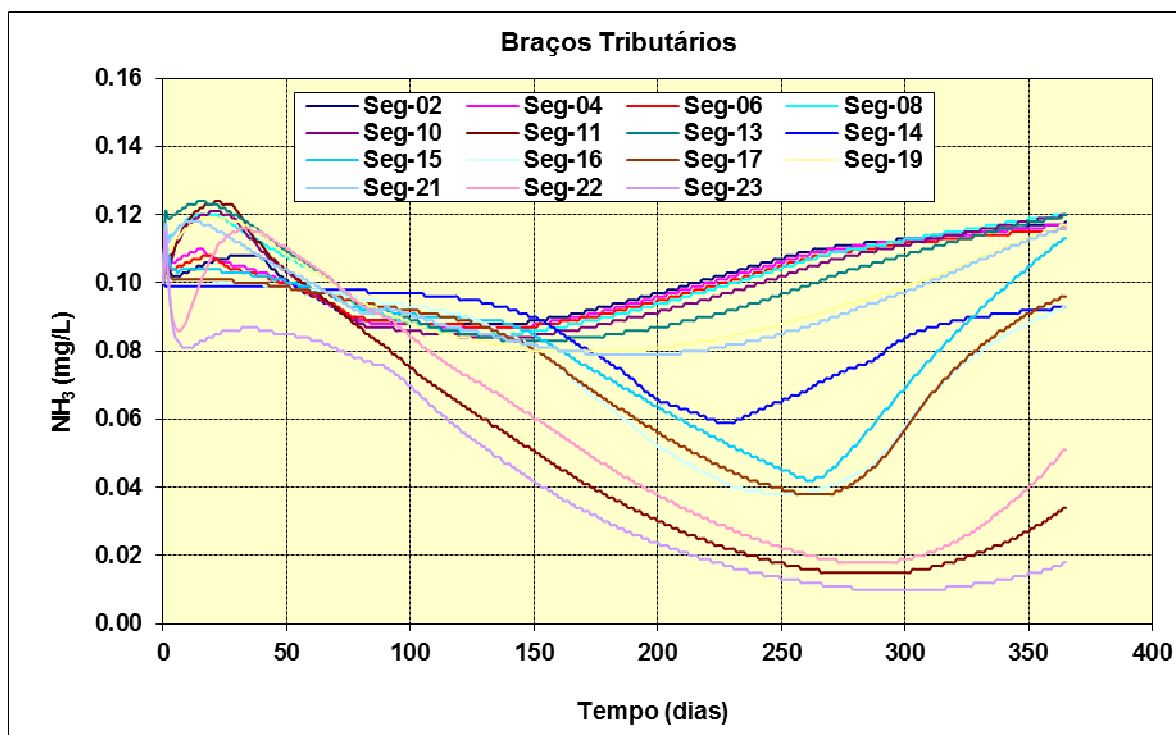


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/10 – Amônia – Braços Tributários.

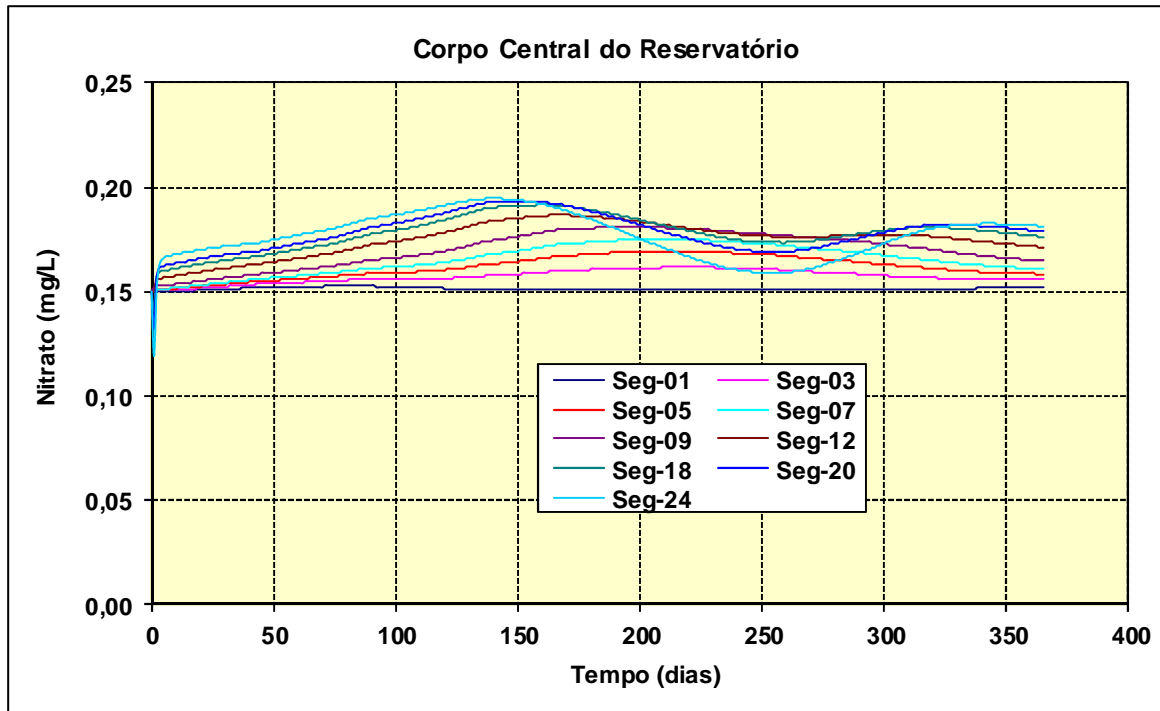


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/11 – Nitrato – Corpo Central do Reservatório.

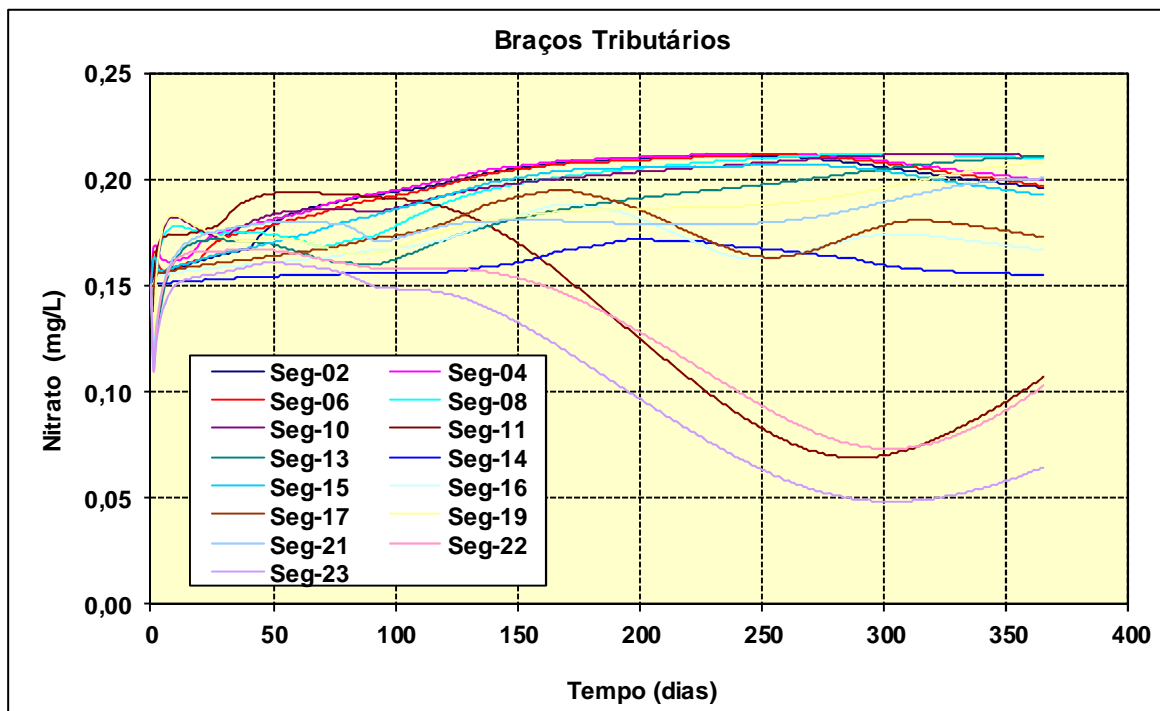


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/12 – Nitrato – Braços Tributários.

Nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.3.5.1/13** e **7.4.1.1.2.6.3.5.1/14** são apresentados os resultados da simulação da qualidade da água para o constituinte fósforo, representativas dos compartimentos que compõem o corpo central e os braços

tributários. As maiores taxas de decréscimo do fósforo ocorrem durante o período de estiagem, mais especificamente nos meses de agosto, setembro e outubro, onde o tempo de residência da água no reservatório é mais elevado.

A Resolução Conama 357/2005 define limites máximos de 0,1 mg/L de fósforo total para ambientes lóticos e 0,03 mg/L para lênticos de classe 2. Para sistemas aquáticos intermediários com tempo de residência entre 2 e 40 dias e tributários diretos de ambiente lêntico, o valor limite é 0,05 mg/L.

Neste particular, é analisado o tempo de residência da água no reservatório que apresentam diferenciações em função não apenas do regime sazonal de vazões como também da variabilidade espacial dos fluxos de vazões que determinam a circulação da água no reservatório, onde são identificadas as seguintes partições:

- Segmentos representativos do corpo central do reservatório, acompanhando o alinhamento do álveo natural do curso do Tapajós, onde as alterações esperadas tenderão a ser pouco significativas em função do fluxo preferencial do escoamento; e
- Segmentos representativos dos compartimentos laterais do reservatório, onde os tempos de residência são mais elevados e os processos de eutrofização esperados são mais pronunciados.

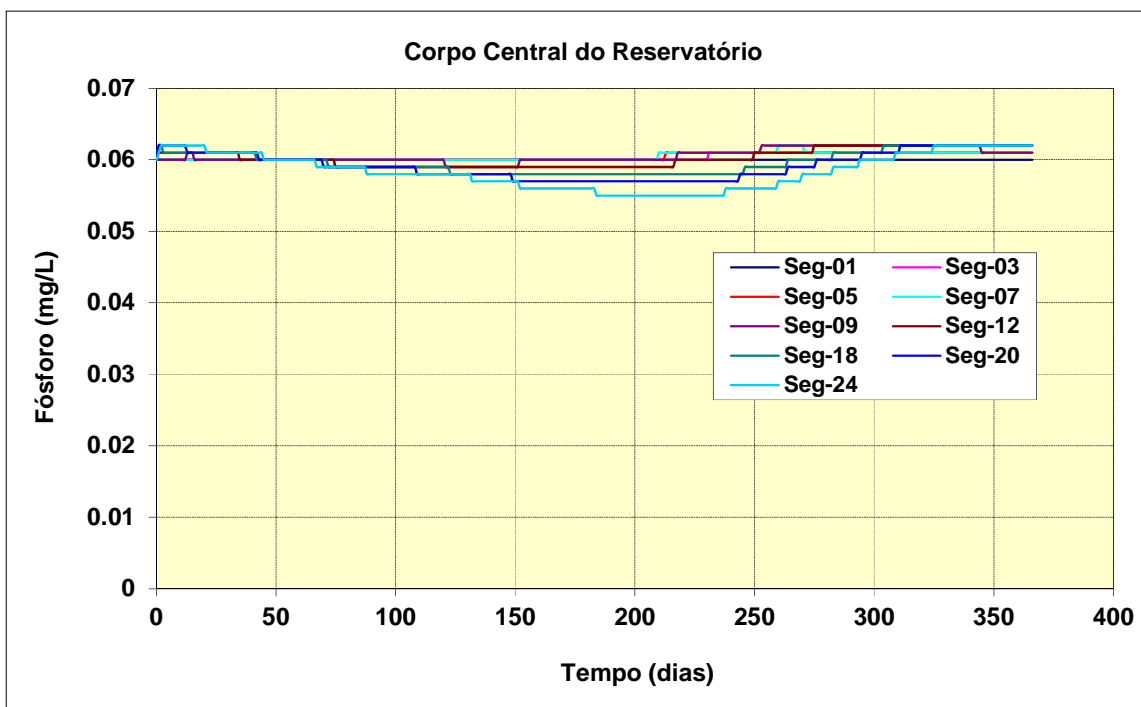


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/13 – Fósforo – Corpo Central do Reservatório.

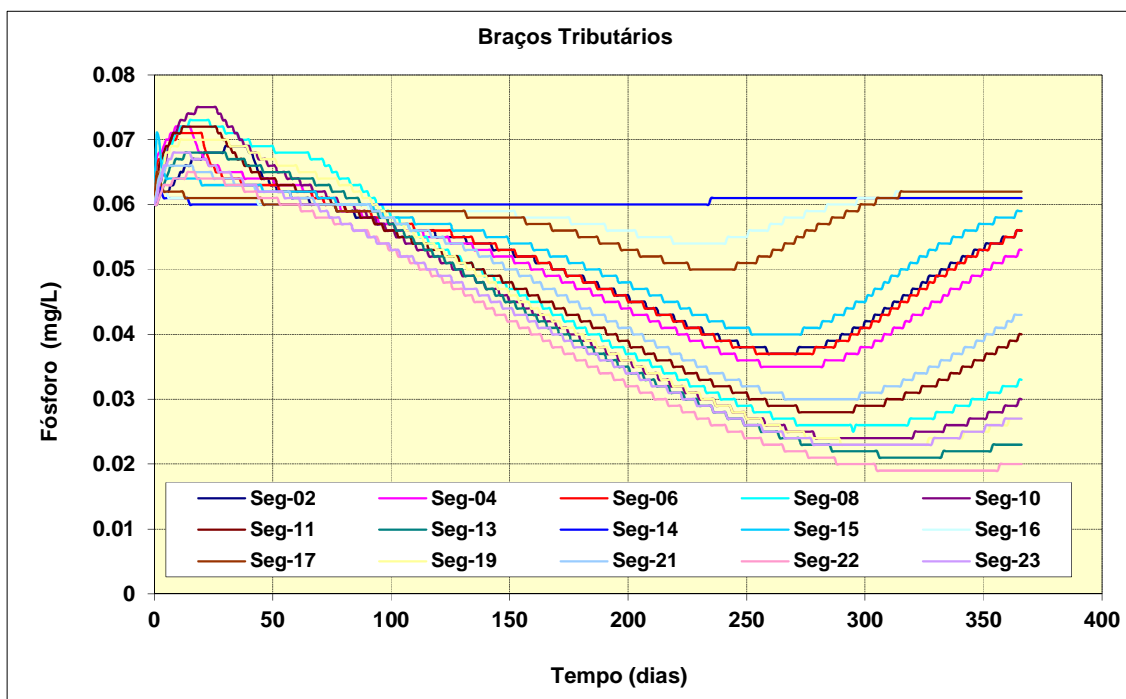


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.1/14 – Fósforo – Braços Tributários do Reservatório.

Para a classificação do estado trófico das águas do reservatório, adotaram-se os critérios utilizados pela CETESB, que consideraram os valores de concentração do fósforo, conforme faixas de valores apresentados respectivamente no **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02** e **Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03**.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/02 - Classificação do Estado Trófico – Rios.

Concentração de Fósforo (mg/L)	Classificação do Estado Trófico
$< 0,013$	Ultraoligotrófico
$0,013 < P \leq 0,035$	Oligotrófico
$0,035 < P \leq 0,137$	Mesotrófico
$0,137 < P \leq 0,296$	Eutrófico
$0,297 < P$	Supereutrófico

FONTE: CETESB.

Quadro 7.4.1.1.2.6.3.5.1/03 - Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.

Concentração de Fósforo (mg/L)	Classificação do Estado Trófico
$P \leq 0,008$	Ultraoligotrófico
$0,008 < P \leq 0,019$	Oligotrófico
$0,019 < P \leq 0,052$	Mesotrófico
$0,052 < P \leq 0,120$	Eutrófico
$0,120 < P$	Supereutrófico

FONTE: CETESB.

Com base nos baixos tempos de residência dos segmentos representativos do corpo central do reservatório, os resultados evidenciam que em tais setores as águas deverão se enquadrar predominantemente em estado mesotrófico. Condição pouco diferente deverá ser observada para os compartimentos dos braços laterais (onde a circulação da água se processa de forma mais lenta), durante o período de formação do reservatório quando tais setores deverão se enquadrar como eutróficos. Em seguida, os braços laterais deverão a apresentar declínio das concentrações de fósforo e conseqüentemente se enquadrarem, predominantemente, como sistemas mesotróficos.

Os ambientes mesotróficos (condição predominante prevista para o reservatório) correspondem a corpos d'água com produtividade primária intermediária. Por possuir uma concentração média de nutrientes esses ambientes tendem a apresentar ciclagem relativamente lenta, transparência limitada, presença variável de microalgas e macrófitas aquáticas. Em geral, a predominância de tais condições provoca, normalmente, baixo prejuízo aos usos múltiplos da água (WALT et al. 2007).

Os resultados das simulações indicam, ainda, que atenção especial deverá ser dispensada nos braços laterais que permeiam ambas as margens do reservatório, principalmente nos compartimentos onde as condições de uso e ocupação do solo da bacia são mais intensas. Nesse contexto, ressalta-se o controle de erosões e o levantamento das fontes pontuais (e.g., garimpo) e difusas (e.g., enxurradas com fertilizantes empregados nas culturas) de fósforo. Nessas regiões com baixa circulação hidrodinâmica, as emissões de matéria orgânica deverão ser também evitadas tendo em vista que a anaerobiose tende a favorecer a liberação de fósforo desde os sedimentos (processo de autofertilização).

Ressalta-se que, devido às características do modelo adotado, os valores estimados das concentrações dos constituintes químicos referem-se a situações médias, podendo ocorrer casos de maior gravidade em locais específicos do reservatório onde a circulação da água seja menor, condicionando maiores tempos de residência. Nesta condição enquadram-se os cursos dos braços tributários afluentes ao corpo do reservatório.

Os processos de eutrofização dos braços deverão ser controlados na origem, com o desenvolvimento de ações que evitem as aflúncias de fontes poluidoras e que detenham os aportes de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), superiores as capacidades de assimilação dos corpos d'água.

No corpo central do reservatório, no alinhamento da antiga calha do rio onde os fluxos hidráulicos serão predominantes, as condições límnicas tenderão a ser menos alteradas.

7.4.1.1.2.6.3.5.2 Modelo de Estratificação Térmica do Reservatório

Os estudos de modelagem da estratificação térmica contemplou 5 compartimentos do reservatório do AHE de São Luiz do Tapajós, seguintes:

- O primeiro compartimento refere-se a calha do rio Tapajós, procurando retratar uma condição nas proximidades do eixo do empreendimento;
- Três destes compartimentos abrangeram os cursos d'água localizados mais próximos do local do eixo, respectivamente os braços dos igarapés Bathu, Pimental e Tucunaré, formador da margem esquerda do rio Tapajós; e
- O quarto compartimento refere-se ao rio Jamanxim, principal tributário contribuinte pela margem esquerda do rio Tapajós.

As análises procuraram retratar uma condição hidrológica média, considerando o reservatório operando sem deplecionamento, mantendo-se a elevação do nível d'água na cota 50,0 m. Nestas condições as vazões afluentes e defluentes foram consideradas de mesma magnitude.

No processo de modelagem, os valores médios mensais fornecidos como dado de entrada, são discretizados a nível diário no processo de simulação, formalizando desta forma, as variáveis temporais requisitadas pela modelagem. O **Anexo Digital 7.4.1.1.2.6/02 (Volume 5 – Anexos Gerais)** apresenta todos os dados de entrada e saída da modelagem de estratificação térmica do reservatório.

- **Compartimento 01:** Procurou caracterizar o corpo central do reservatório de São Luiz do Tapajós.

Na parte mais profunda do reservatório, próxima a região do eixo, o leito do rio natural situa-se aproximadamente na cota 16,0 m. Nestas condições o perfil vertical de temperatura foi representado por uma grade composta por 35 pontos espaçados a cada metro entre as cotas 16 e 50 m.

Neste caso particular, adotou-se o cenário hidrológico mais crítico da série observada de vazões verificada no ano de 1998 e que apresentou uma média anual de 8.064 m³/s. Ressalta-se que a simulação de uma condição hidrológica média não foi possível em função de instabilidades constadas no processo de modelagem.

Verifica-se que, mesmo para as condições mais críticas, a estratificação térmica do reservatório junto ao local do eixo do AHE São Luiz do Tapajós não é mantida ao longo do ano. O que se observa é nítido processo de desestabilização térmica afetado principalmente pela forte influência dos processos advectivos, resultando em uma

ampla variação temporal da temperatura da água nas partições mais profundas do reservatório, conforme pode ser observado na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/01**.

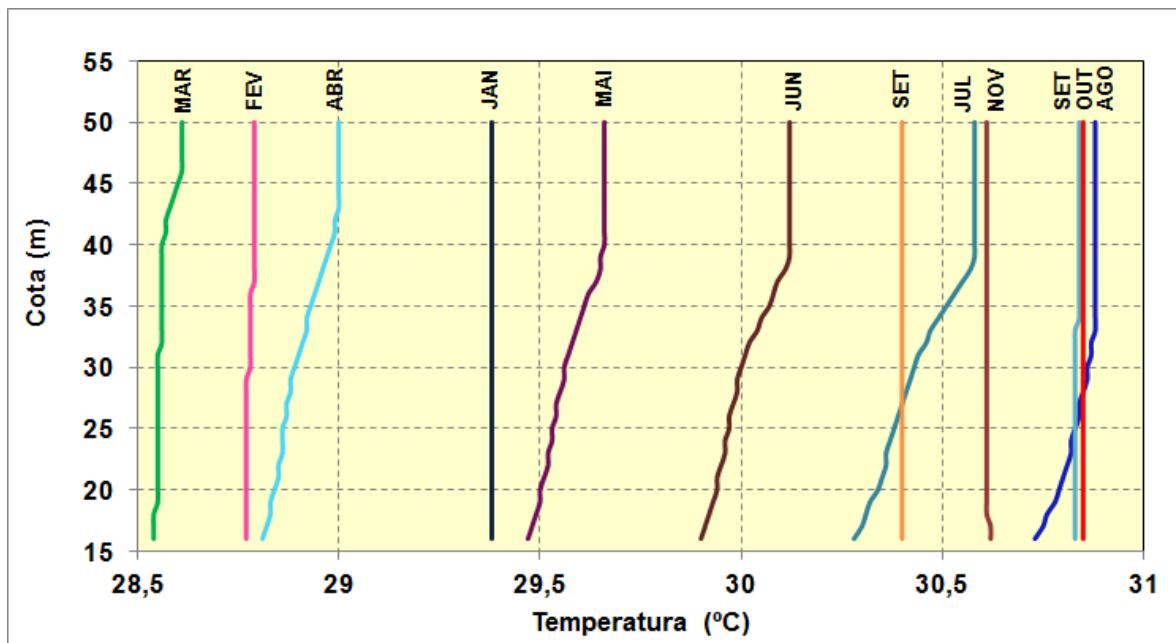


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/01- Perfil de Temperatura – Corpo Central Junto ao Eixo.

- **Compartmento C2:** Trecho do compartimento do braço do igarapé Tucunaré.

O perfil vertical de temperatura da água foi representado por uma grade composta por 31 pontos espaçada a cada metro entre as cotas 20 e 50 m.

Verifica-se uma tendência de manutenção da estratificação térmica no compartimento deste braço com a ocorrência mais determinante observada entre os meses de fevereiro e outubro onde as temperaturas do fundo se estabilizam próximo de 27°C. Uma tendência de alteração deste equilíbrio é verificada entre os meses de novembro e janeiro, onde as temperaturas de fundo apresentam variações de até 1,6 °C, conforme assinalado na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/02**.

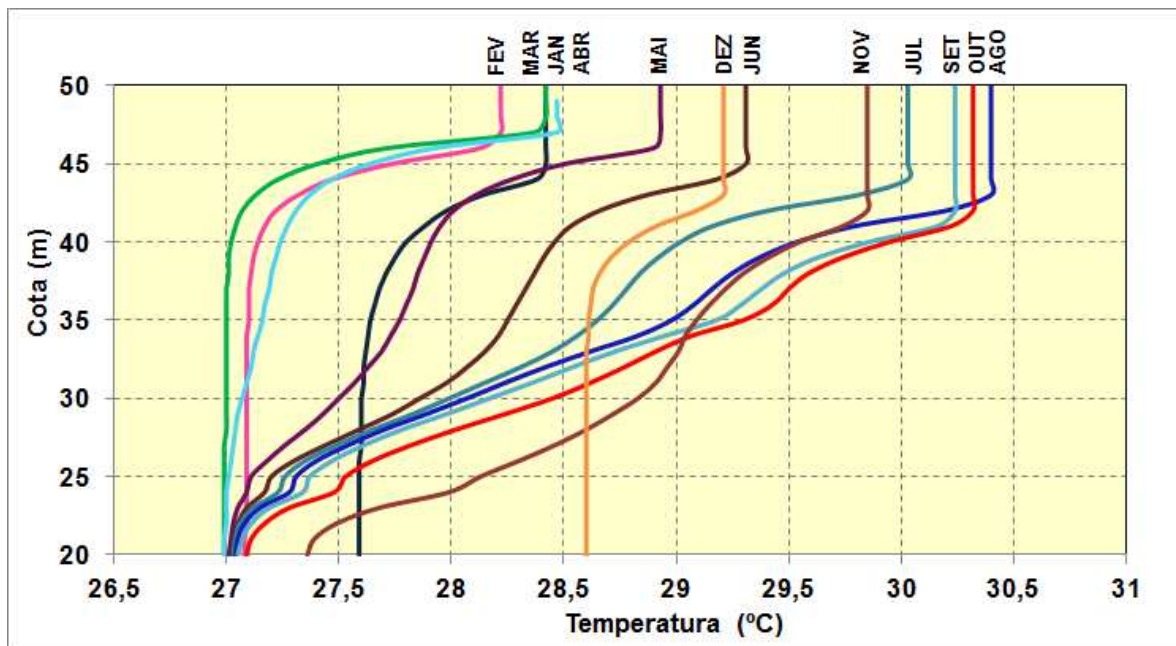


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/02- Perfil de Temperatura – igarapé Tucunaré.

- **Compartimento C3:** Trecho do compartimento do braço do braço do igarapé Pimental.

O perfil vertical de temperatura da água foi representado por uma grade composta por 31 pontos espaçada a cada metro entre as cotas 20 e 50 m.

Verifica-se que estratificação térmica deste braço é mantida ao longo do ano, com temperatura nas partições mais profundas deste braço estabilizada em valores próximos de 27,25°C. Verifica-se uma ocorrência pontual de variação da temperatura do fundo, desestabilizada em função das condições advectivas do escoamento, conforme verificado na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/03**.

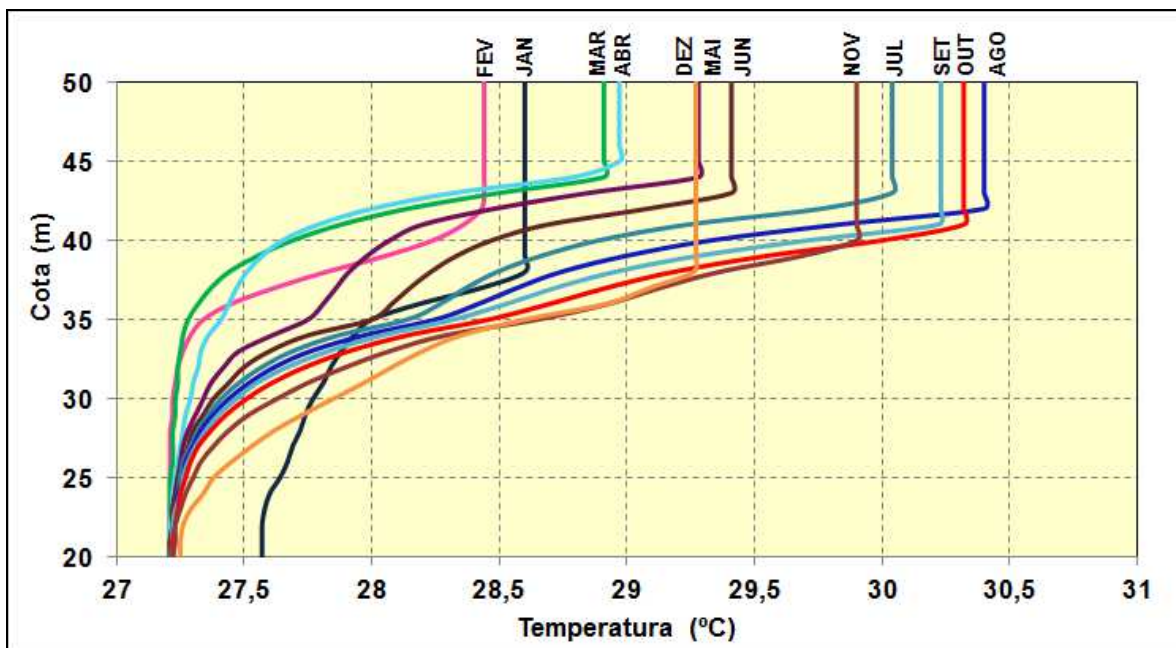


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/03 - Perfil de Temperatura – rio Pimental.

- **Compartmento C4:** Trecho do compartimento do braço do igarapé Bathu

O perfil vertical de temperatura da água foi representado por uma grade composta por 31 pontos espaçada a cada metro entre as cotas 20 e 50 m. Verifica-se grande semelhança das condições observadas no igarapé Pimental com uma forte tendência de manutenção da estratificação térmica ao longo do ano e estabilização da temperatura, nas porções mais profundas deste braço, em níveis próximos de 27,25°C. Na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/04** é apresentado o perfil de temperatura da água correspondente a cada mês.

- **Compartmento C5:** Trecho do compartimento do rio Jamanxim.

Procurou caracterizar o corpo deste braço tributário, no trecho onde as variações de níveis d'água, para diversas recorrências de vazões, revelaram pouco significativas.

O perfil vertical de temperatura da água foi representado por uma grade composta por 31 pontos espaçada a cada metro entre as cotas 20 e 50 m.

Verifica-se neste compartimento uma fraca tendência de ocorrer processo de estratificação térmica em função do baixo tempo de residência da água o que favorece um processo de mistura da água em todo o perfil da coluna d'água, conforme pode ser observado na **Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/05**.

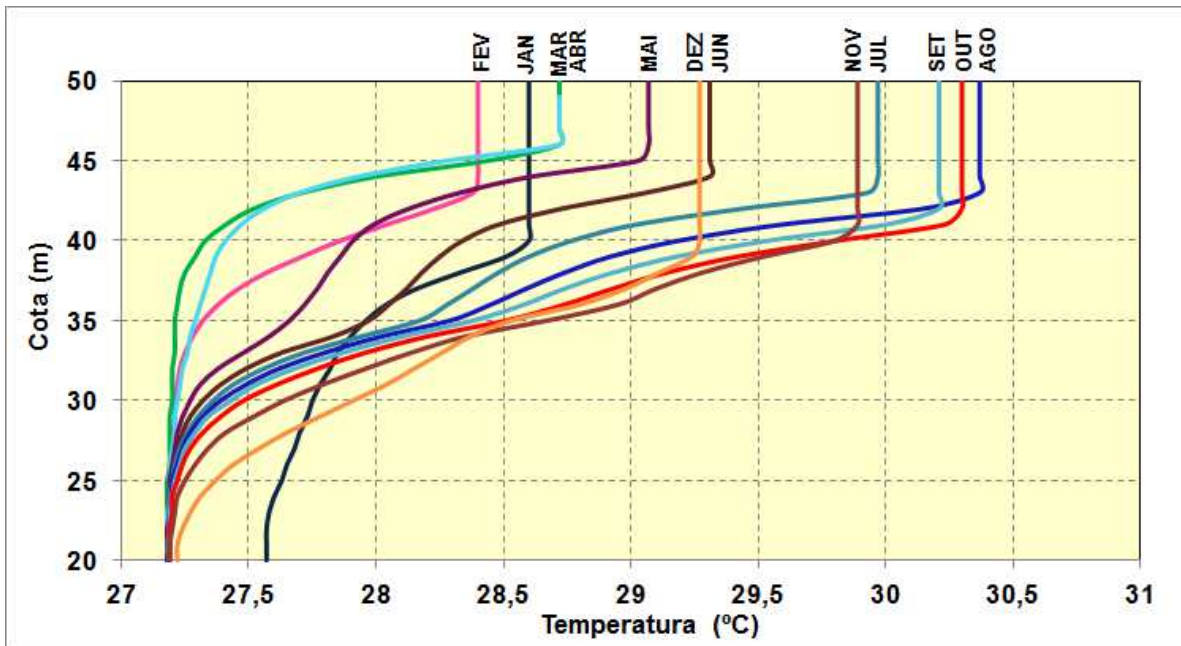


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/04 - Perfil de Temperatura – Igarapé Bathu.

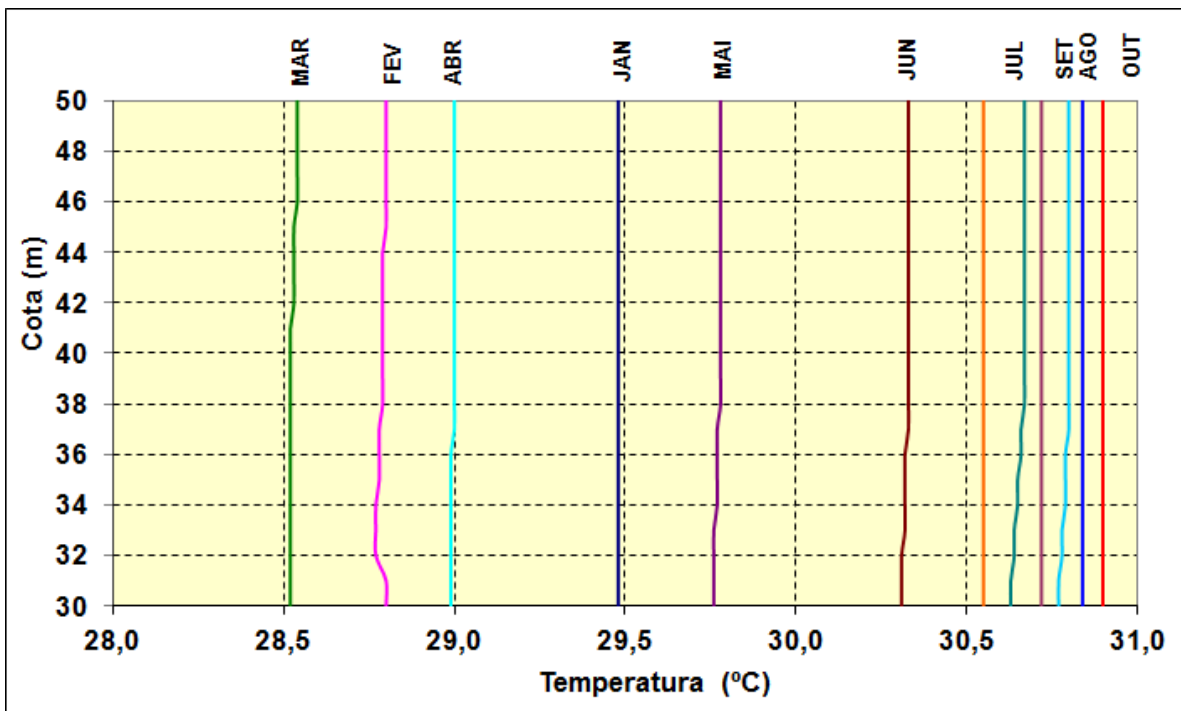


Figura 7.4.1.1.2.6.3.5.2/05 - Perfil de Temperatura – rio Jamanxim.

7.4.1.1.2.6.3.6 Conclusão

Os resultados das simulações indicam uma baixa tendência de ocorrer estratificação térmica no corpo central do reservatório e no braço do rio Jamanxim em função

principalmente do reduzido tempo de residência da água, o que vem favorecer forte tendência de quebra da termoclina e manutenção de perfil de temperatura com pouca variação.

Mesma condição não é observada na maioria dos demais braços tributários, que se caracterizam por apresentar áreas de bacias contribuintes reduzidas, redundando em baixas vazões ao considerar os volumes auferidos com a formação do reservatório. Nestas condições os tempos de residência das águas são relativamente mais elevados o que vem favorecer a ocorrência de um ambiente com características mais lentas e manutenção dos processos de estratificação térmica.

7.4.1.1.2.6.4 Análise considerando a Emissão de Gases de Efeito Estufa no Reservatório

O metano e o dióxido de carbono são os dois principais gases de efeito estufa (GEE) associados aos reservatórios de usinas hidroelétricas. Ambos afetam o clima, entretanto o metano tem uma vida mais curta na atmosfera, possivelmente diminuindo sua influência no aquecimento global ao longo do tempo (BAIRD, 2002).

Os gases emitidos pelos reservatórios se originam da decomposição de três fontes: da biomassa original inundada, da biomassa formada pelo processo de fotossíntese nas águas do reservatório e da matéria orgânica proveniente da bacia de drenagem do reservatório.

A decomposição diminui progressivamente a quantidade de biomassa inundada (e.g., folhas, galhos, cascas, serapilheira, fustes), e a proporção da sua contribuição para a emissão de gases diminui com o tempo, sendo a maior contribuição gerada nos primeiros três anos depois da inundação (SANTOS *et al.* 2005).

A matéria orgânica biodegradável pode ser produzida no reservatório (matéria orgânica autóctone), transportada para o reservatório através da área de drenagem (matéria orgânica alóctone) e proveniente das áreas inundadas na formação do reservatório (i.e., fitomassa inundada). No entanto, a contribuição relativa destas diferentes fontes na emissão de gases de efeito estufa por reservatórios ainda não é bem compreendida (HUTTUNEM; MARTIKAINEM; 2005).

As pesquisas iniciais relacionadas às emissões dos gases de efeito estufa, provenientes de reservatórios de hidroelétricas, estavam centradas principalmente no destino da matéria orgânica biodegradável após a inundação da biomassa terrestre. Logo se tornou claro que a degradação da vegetação inundada era apenas uma parte do problema da emissão dos gases de efeito estufa dos reservatórios.

Somente a degradação da matéria orgânica autóctone não explicava as altas emissões de metano e dióxido de carbono em determinados reservatórios. A quantidade de matéria orgânica de origem alóctone, proveniente das regiões a montante do reservatório, é responsável pela produção de uma parte significativa dos gases de efeito estufa formada no ambiente lântico.

Independente da origem, se a matéria orgânica do reservatório é continuamente renovada, e se a decomposição da matéria orgânica resulta em emissões maiores de metano e dióxido de carbono do que haveria na ausência do reservatório, então as superfícies destes reservatórios serão sempre emissores líquidos de gases de efeito estufa para a atmosfera (SVENSSON, 2005).

No fundo do reservatório existe a biomassa que foi inundada, na sua formação, sedimentos formados por detritos de plâncton e matéria orgânica alóctone. A decomposição do sedimento por bactérias aeróbias demanda quantidades altas de oxigênio que muitas vezes não podem ser supridas. Quando não há oxigênio suficiente para decompor a matéria orgânica, o regime anaeróbio é estabelecido.

Nos primeiros estágios da decomposição anaeróbia são produzidos ácidos orgânicos, os quais são decompostos originando metano e dióxido de carbono. Nessa condição o nitrogênio gasoso é também gerado pela decomposição de aminoácidos e desnitrificação (SANTOS *et al.*, 2005).

Junto com a produção de metano e dióxido de carbono, resíduos inertes, como o ácido fúlvico, ácido húmico e humina são formados. Estes compostos inertes são polímeros fenólicos originados principalmente da lignina, presente na madeira.

Então, parte do carbono originalmente presente é emitida na forma de gás, e a outra parte é carregada pela água como ácido fúlvico e húmico que são solúveis. A parte insolúvel dos resíduos fenólicos, o húmus, é incorporada no fundo do reservatório como sedimento. Por outro lado, a biomassa gerada pela fotossíntese fornece alimento para a base das cadeias tróficas. A sequência dessas cadeias é constituída, por exemplo, por algas, protozoários, microcrustáceos e peixes. Nessa sequência há também a produção de dióxido de carbono e metano, os quais junto com organismos de animais superiores mortos servem de alimento para as bactérias que geram os gases (SANTOS *et al.* 2005).

7.4.1.1.2.6.4.1 Formas de Emissão de Gases de Efeito Estufa dos Reservatórios

A emissão dos gases de efeito estufa em reservatórios é controlada pelo transporte físico destes gases a partir do sedimento e da coluna de água. Os modos de transportes mais importantes em ambientes continentais (não marinhos) são: difusão

molecular, ebulição, advecção causada pela mistura turbulenta da água e transporte via plantas aquáticas (HUTTUNEM; MARTIKAINEM; 2005).

Os gases de efeito estufa são gerados no sedimento do reservatório e, inicialmente, ficam dissolvidos na água intersticial. O metano e nitrogênio gasoso, que são menos solúveis que o dióxido de carbono, se agregam em forma de bolhas.

Estas bolhas crescem até um ponto que não conseguem mais ficar presas dentro do sedimento e, então, soltam-se e migram para a superfície da água. O dióxido de carbono tende a ficar retido na água porque é mais solúvel, mas uma fração pequena entra nas bolhas. Nem todo metano gerado no sedimento é liberado em forma de bolhas. Em águas rasas, parte do metano se difunde até a superfície.

Geralmente, em profundidades maiores que 30 metros, o metano é predominantemente emitido através da difusão porque a pressão da coluna de água não possibilita a formação de bolhas. Nas camadas mais superficiais do reservatório, a concentração de oxigênio aumenta e as bactérias presentes nessas camadas podem produzir dióxido de carbono a partir da oxidação do metano.

Então, nesse caso, a camada oxigenada do reservatório funciona como sumidouro de metano. Da mesma maneira que a fotossíntese é um sumidouro para o dióxido de carbono (SANTOS *et al.* 2005).

A maioria dos estudos sobre emissões de gases de efeito estufa de reservatórios tem se concentrado no gás metano. Águas lóticicas e turbulentas são bem oxigenadas e não apresentam condições para a formação de metano, que é produto da degradação da matéria orgânica em condições anaeróbicas. Em águas lênticas, particularmente em águas estratificadas, o hipolímnio, parte da água do fundo do reservatório, é anóxico, e apresenta condições para a metanogênese. O metano, então formado, se difunde através da coluna de água ou forma bolha, no sedimento, que irão se mover em direção à superfície da água.

O metano que difunde é um substrato para a bactéria metanotrófica e é rapidamente consumido por estes microorganismos, se houver disponibilidade de oxigênio. Portanto, se o corpo de água for profundo, somente uma pequena quantidade de metano alcançará a superfície da água.

Quando a metanogênese é intensa, a concentração de oxigênio diminui, expandindo a zona anóxica. A zona oxigenada do reservatório irá diminuir e se a profundidade do corpo de água não for grande o suficiente, o processo de oxidação será insuficiente para remover todo o metano. Por outro lado, a ebulição, transporte de massa através das bolhas, faz o metano indisponível para as bactérias metanotróficas enquanto ele

se move do sedimento do reservatório até a superfície da água, o que faz com o metano entrar direto na atmosfera (SVENSSON, 2005).

Quando o transporte de sedimentos é intenso na bacia de contribuição do reservatório, como, por exemplo, em muitas bacias tropicais, estes sedimentos cobrem a matéria orgânica presente no fundo do reservatório antes da diagênese. A decomposição da matéria orgânica coberta pelos sedimentos é mais lenta que a matéria orgânica coberta pela água (SVENSSON, 2005).

Ebulição e difusão parecem não serem os únicos fenômenos de emissão de gases de efeito estufa por reservatórios. Estudos recentes mostram que um dos principais caminhos de emissão pode ser a difusão de gases quando a água passa na turbina da usina. Isto ocorre porque a turbina cria uma mudança brusca na pressão e temperatura da água, o que reduz a solubilidade do metano e dióxido de carbono na água. Consequentemente, parte do metano e dióxido de carbono presente na água antes de passar pela turbina é liberada para atmosfera assim que a água passa pela turbina. Apesar de que, tanto o dióxido de carbono quanto o metano são liberado quando a água passa pela turbina, a emissão do metano é mais acentuada neste processo. A razão para isso é que a concentração de metano cresce com a profundidade da coluna de água. A água que passa pela turbina é geralmente tomada na parte de baixo da barragem e contém uma concentração maior de metano (FEARNside, 2002).

7.4.1.1.2.6.4.2 Fatores que Influenciam a Emissão de CO₂ e CH₄

Três fatores parecem ser particularmente importantes na emissão de gases de efeito estufa de reservatórios: quantidade de matéria orgânica (dissolvida e particulada) presente, profundidade do reservatório e condições climáticas. Estes mesmos fatores têm forte influência na produção primária de lagos e reservatórios considerando um nível constante de nutrientes (normalmente há uma relação linear entre a quantidade de carbono e o conteúdo de nitrogênio e fósforo) (SVENSSON, 2005).

O fluxo de gases de efeito estufa em lagos e reservatórios, na interface sedimento e água e através da superfície da água para a atmosfera apresentam correlação positiva com o estado trófico do ecossistema (HUTTUNEM; MARTIKAINEM; 2005). Os processos químicos, morfológicas e biológicas que determinam o destino de carbono em reservatórios são semelhantes às que ocorrem em ecossistemas aquáticos naturais. No entanto, alguns destes processos podem ser temporariamente modificados em reservatórios devido à inundação de ecossistemas terrestres, que resulta da criação de reservatórios (TREMBLAY *et al.* 2004).

Dentre os vários fatores que influenciam a quantidade de dióxido de carbono e metano existente no reservatório, um dos mais importantes parece ser o clima da área onde está localizado o reservatório. Os reservatórios localizados em áreas tropicais apresentam taxas de emissão maiores que aqueles situados em regiões boreais e temperadas. Uma razão possível para este fato é que a temperatura da água em regiões tropicais é muito mais alta, conseqüentemente, as taxas de decomposição da matéria orgânica são maiores, elevando o fluxo de emissão do metano e do dióxido de carbono (ST. LOUIS *et al.* 2000).

A idade do reservatório também deve ser considerada como fator de influência das emissões através do tempo. Estudo realizado em reservatório tropical (Petit Saut; Guiana Francesa) desde sua formação mostrou que as emissões tendem a diminuir com o tempo (GALY-LACAUX *et al.* 1999), estabilizando-se em níveis próximos ao verificados em ambientes naturais. Isso ocorre porque parte da vegetação demora muitos anos para decompor e, também, porque a decomposição das plantas aquáticas e algas fazem com que o reservatório continue emitindo gases de efeito estufa ao longo do tempo. Em reservatórios boreais, programas de acompanhamento têm registrado que as mudanças geralmente duram menos de 10 anos. No entanto, em reservatórios tropicais, as alterações podem estender-se por um período mais longo, de acordo com as condições de represamento. No caso de reservatórios é sabido que a quantidade de GEE emitida na interface ar/água varia ao longo do tempo; há um pico inicial que ocorre imediatamente após represamento.

Fluxos de GEE em reservatórios boreais são geralmente de 3 a 6 vezes maior do que os de lagos naturais quando atingem seu máximo em 3 a 5 anos após o represamento. Em reservatórios boreais com mais de 10 anos (10 anos para o CO₂ e 4 anos para CH₄), os fluxos de CO₂ variaram entre 1800 e 11200 mg CO₂ m⁻² d⁻¹ e são semelhantes aos dos sistemas naturais (fluxos: 460-10800 mg CO₂ m⁻² d⁻¹). Geralmente, desgaseificação e emissões de ebulição não são relatadas para as regiões boreais porque as emissões difusas são consideradas a principal via. As emissões de metano são muito baixas nestes ecossistemas, no entanto, eles podem ser substanciais em algumas áreas tropicais onde a via de ebulição é importante. Apesar de menos dados disponíveis, padrões semelhantes são observados na maioria dos reservatórios boreais (e.g., Finlândia, British-Columbia, Manitoba, Terra Nova - Labrador), semiáridos (e.g., Arizona, Novo México, Utah) e das regiões tropicais (e.g., Panamá, Brasil, Guiana Francesa). Nas regiões tropicais, o tempo para voltar aos valores naturais é às vezes maior, dependendo das condições da qualidade da água. Por exemplo, quando as condições anóxicas ocorrem, a produção de CH₄ diminui lentamente e pode ser mantida por longos períodos devido à entrada de carbono a partir da bacia de drenagem.

Outros fatores que devem ser levados em consideração, antes de chegar a alguma conclusão no que diz respeito à relação entre a emissão e o ciclo de vida do reservatório, são o tipo de ecossistema inundado e a quantidades de biomassa inundada.

Além destes fatos, há vários fatores que podem afetar a quantidade de gases de efeito estufa emitidos em diferentes áreas do mesmo reservatório. Por exemplo, a quantidade de vegetação e o crescimento de plantas aquáticas em certas áreas do reservatório, que por sua vez dependem da quantidade de luz, do clima e da estação do ano. Mudanças na profundidade dentro do reservatório afetam a habilidade dos gases de efeito estufa escapar para superfície e serem liberados para a atmosfera (ST. LOUIS *et al.* 2000).

7.4.1.1.2.6.4.3 Estudos Realizados Sobre Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil

A maioria dos dados sobre gases de efeito estufa (GEE) de reservatórios de hidrelétricas vêm de pesquisas e medições em regiões boreais e, em menor medida, a partir de um programa de um acompanhamento ambiental de Petit Saut, reservatório tropical da Guiana Francesa e alguns reservatórios brasileiros. No Brasil, os estudos sobre emissão de gases de efeito estufa foram elaborados principalmente em grandes reservatórios. SANTOS *et al.* (2005) realizaram estudos em nove reservatórios de usinas hidrelétricas situadas de 4°S a 26° de latitudes, com diversos tipos de vegetação de entorno. O tempo de fechamento da barragem variou de 1 a 38 anos.

Algumas conclusões desse estudo foram que áreas profundas de reservatórios emitem menos metano que as rasas. Somente uma faixa que varia de 20 a 40 metros a partir das margens emitem metano por ebulição. Por outro lado, gás carbônico é emitido uniformemente não apenas na faixa de ebulição do metano como também pelo resto do reservatório (SANTOS *et al.* 2005).

Os resultados do estudo demonstraram uma tendência dos reservatórios mais novos emitirem mais metano por ebulição que os antigos. O fluxo de gás por difusão molecular é muito maior que o ebulitivo. Aproximadamente 99 % do gás carbônico é emitido para atmosfera por difusão. Para o metano, o processo de difusão para a atmosfera é responsável por uma faixa que varia de 14 % a 90 % do fluxo total (SANTOS *et al.* 2005).

De acordo com este mesmo artigo, a intensidade do fluxo varia com o tempo, mas estas flutuações parecem também ser moduladas por um componente fortemente aleatório. A existência na água de fontes e sumidouros de carbono e metano, que são regidos por fatores complexos é provavelmente a causa desta aparente aleatoriedade

e explica a presença de resultados extremos. A atividade das fontes e sumidouros de gás carbônico varia com uma série de fatores como: temperatura, velocidade do vento, radiação solar, parâmetros físico-químicos da água, composição da biomassa (SANTOS *et al.* 2005).

Um das principais conclusões do estudo foi que o fluxo de emissão do metano não apresenta dependência com a latitude. O valor médio para os nove reservatórios estudados foi de $81 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, aproximadamente 80%, variando de 9,1 a $196 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. O estudo conseguiu achar uma correlação entre a latitude e a emissão de dióxido de carbono. Enquanto nas nossas latitudes foi sempre encontrado metano sendo emitido e dióxido de carbono frequentemente absorvido.

7.4.1.1.2.6.4.4 Cinéticas Envolvendo a Ciclagem e Transformações do Carbono

Nos sistemas aquáticos, a ciclagem e as transformações do carbono ocorrem devido a três processos: a assimilação do carbono inorgânico (fotossíntese e quimiossíntese), a decomposição aeróbia e a anaeróbia (WETZEL, 2001). Em geral, as dificuldades nos estudos da decomposição decorrem da complexidade dos substratos e do envolvimento de vários grupos de organismos. Entretanto, esse processo se constitui de três mecanismos básicos: a lixiviação, a fragmentação e o catabolismo (SWIFT *et al.* 1979). As alterações temporais e espaciais de variáveis tais como: potencial de oxirredução, acidez e concentração de oxigênio dissolvido determinam os tipos de microrganismos que atuam nos processos de reciclagem e, conseqüentemente, nas composições das misturas gasosas produzidas. Além dos gases, a seleção de microrganismos envolve a adoção de rotas metabólicas distintas e a geração de produtos diferentes (JEWELL 1971; TWILLEY *et al.* 1986; GALE *et al.*, 1992; MOORE JR. *et al.* 1992).

As taxas dos processos de decomposição nos ambientes aquáticos podem sofrer alterações devido às variações da alcalinidade, do pH, da temperatura, da concentração de oxigênio dissolvido etc., fazendo com que ocorra grande variabilidade de microrganismos e, conseqüentemente, dos processos metabólicos relativos à ciclagem dos detritos. Vários experimentos reportam que a mineralização seja mais rápida em condição aeróbia (WETZEL, 2001; ANTONIO & BIANCHINI JR., 2003). Contudo, estudos realizados em ambientes com predomínio de baixas concentrações de oxigênio dissolvido (e.g., lagoas de várzeas) mostraram que é possível a ocorrência de similaridade nas velocidades de mineralização aeróbia e anaeróbia (ANTONIO & BIANCHINI JR., 2006).

A decomposição anaeróbia ocorre com base em outros aceptores de elétrons que não o oxigênio molecular, tais como: NO_3^{-2} , CO_2 , SO_4^{-2} e compostos orgânicos

intermediários (STUMM & MORGAN, 1981). Uma característica importante desse processo nos ecossistemas aquáticos é que nos estágios finais do fluxo do carbono, as formas orgânicas podem ser mineralizadas tanto pela oxidação completa a CO_2 quanto pela redução a metano (NEDWELL, 1984). Os produtos da decomposição aeróbia são compostos mais estáveis tais como: NO_3^{-2} , CO_2 , SO_4^{-2} . Com base na composição dos recursos vegetais, quantitativamente, CO_2 e CH_4 são os principais gases que geram o efeito estufa (BAIRD, 1999). O N_2O (outro gás importante para o efeito estufa) é gerado em menor proporção, pois os teores de nitrogênio são sempre muito menores nos tecidos vegetais que os de carbono (i.e., C \approx 44%; N = 1-4%; GUREVITCH *et al.* 2006).

Os caminhos para a formação do metano através da decomposição anaeróbia e a proporção de metano em relação aos demais gases gerados ainda não estão completamente estabelecidos, pois variam conforme as características e concentrações dos substratos. No processo de digestão de esgotos domésticos as proporções típicas de metano e dióxido de carbono liberados são de 70% a 80% para o CH_4 e 20% a 30% para o CO_2 (CHERNICHARO, 1997). Dentre os vários produtos formados na decomposição, o metano é o composto de carbono mais estável em ambientes anaeróbios e o composto intermediário mais importante em eventuais remineralizações da matéria orgânica (UTSUMI *et al.* 1998). A sua oxidação pode ocorrer em ambientes aeróbios e anaeróbios (HANSON & HANSON, 1996).

Os processos de decomposição de detritos vegetais tais como as plantas aquáticas (abundantes nas várzeas e ambientes aquáticos amazônicos), podem ter como agentes principais as arqueas metanogênicas, através das quais quantidades consideráveis de CH_4 podem ser liberadas para a atmosfera (CRILL *et al.*, 1988). Os sistemas aquáticos podem ser considerados como fontes ou sumidouros de carbono e podem também apresentar taxas altas de produção primária. Portanto, o entendimento deste processo pode contribuir para a compreensão da ciclagem do carbono e suas relações com o sistema aquático.

Os processos anaeróbios de decomposição apresentam normalmente 3 fases. Na primeira, as formações dos gases (principalmente CO_2) são, sobretudo, devido aos processos catabólicos que envolvem as oxidações dos compostos lábeis e hidrólise de polímeros, tais como a celulose e ácidos graxos primários. Desse modo, nesta fase, o processo anaeróbio mineraliza rapidamente a matéria orgânica devido à presença de compostos de fácil decomposição. Com base nas rotas usualmente descritas para os processos fermentativos (SCHLEGEL, 1975; CHERNICHARO, 1997), em seguida, ocorre a geração de CO_2 e a formação de ácidos voláteis com baixo peso molecular. Na terceira fase ocorre a geração de CO_2 e CH_4 .

De modo geral, nos sistemas aquáticos, os processos de formação de gases são mais pronunciados nas etapas iniciais da mineralização (i.e., conversão de compostos orgânicos em inorgânicos), alterando os equilíbrios do sistema de carbonatos. Com o tempo, a formação de gases passa a promover cada vez menos alterações na coluna d'água, tornando-se, inclusive, fonte complementar de carbono inorgânico para o bacterioplâncton e demais microrganismos dos sedimentos. Estes eventos possuem relevância especial quando se consideram os efeitos da degradação de fitomassa de áreas utilizadas na formação de reservatórios. Nesse caso, quanto maior a quantidade de fitomassa remanescente e rica em compostos lábeis, maiores as alterações de curto prazo, devido à degradação destes compostos. Por outro lado, embora as frações refratárias sejam predominantes nas estruturas dos detritos (BIANCHINI JR. & CUNHA-SANTINO, 2011), as formações de gases a partir da mineralização destas estruturas geram menos alterações nas características da água tendo em vista possuírem taxas de decomposição muito baixas.

Para os reservatórios, normalmente admite-se que as mineralizações (aeróbias ou anaeróbias) dos recursos vegetais (i.e., folhas, galhos, cascas, fustes, raízes, serapilheira) e da matéria orgânica do solo ocorram através de 3 rotas distintas. A primeira corresponde às oxidações dos compostos orgânicos lábeis (e.g., carboidratos, proteínas, glicosídeos). A segunda inclui a formação e oxidação da matéria orgânica dissolvida (e.g., compostos húmicos). Na última rota predominam as oxidações dos compostos orgânicos de difícil degradação (i.e., refratários), tais como lignina e celulose e hemicelulose. Com base em resultados experimentais, admite-se que as reações de oxidação e de dissolução sigam cinéticas de primeira ordem (Bianchini Jr., 1997) e que os rendimentos dos produtos finais (CO_2 e CH_4) resultem da presença de oxigênio e da temperatura (Cunha-Santino & Bianchini Jr., 2013).

No **Quadro 7.4.1.1.2.6.4.4/01** são apresentados os parâmetros cinéticos obtidos de experimentos de laboratório com diferentes recursos (folhas, galhos, cascas, fustes, raízes, serapilheira) e sob diferentes condições experimentais (meio aeróbio e meio anaeróbio); (Bitar *et al.* 2002; Bianchini Jr. & Cunha-Santino, 2005; 2011; Cunha-Santino *et al.* 2013). Os parâmetros de decomposição de fuste foram conseguidos de experimento que considerou a perda de massa de lâminas de madeira de 12 espécies em meio aquático (Aprile *et al.* 1999a, b).

Quadro 7.4.1.1.2.6.4.4/01 - Parâmetros cinéticos obtidos em experimentos de degradação.

Recurso	COPL (%)	COD (%)	COPR (%)	k_T -aer. (dia ⁻¹)	k_3 -aer. (dia ⁻¹)	k_4 -aer. (dia ⁻¹)	k_T -ana. (dia ⁻¹)	k_3 -ana. (dia ⁻¹)	k_4 -ana. (dia ⁻¹)
Folhas	9,7	8,0	82,3	1,36	0,0097	0,0092	1,11	0,0261	0,0026
Galhos*	6,3	3,5	89,4	1,91	0,0108	0,0032	0,74	0,0211	0,0030
Cascas	10,3	3,8	85,0	1,40	0,0101	0,0013	2,12	0,0013	0,0024
Serapilheira	7,0	4,2	88,8	2,75	0,0118	0,0126	1,54	0,0009	0,0021
Fustes	3,5	2,0	94,5	0,42	0,0106	0,0006	0,31	0,0123	0,0002

NOTA: COPL = carbono orgânico particulado lábil (%); COD = carbono orgânico dissolvido (i.e., material lixiviado), (%); COPR = carbono orgânico refratário (e.g., matriz lignocelulósica); (%); k_T = coeficiente global de perda de massa decorrente da oxidação das frações lábeis e dissolução ($k_T = k_1 + k_2$); k_1 = coeficiente de oxidação do COPL; k_2 = coeficiente de formação do COD, (dia⁻¹); k_3 = coeficiente de oxidação do COD, (dia⁻¹); k_4 = coeficiente de oxidação do COPR, (dia⁻¹); aer. = processo aeróbio; ana. = processo anaeróbio. (*) galhos finos (diâmetro ca. 1,0 cm).

A análise dos parâmetros relacionados no Quadro 7.4.1.1.2.6.4.4/01 corrobora com os registros que apontam que os recursos vegetais que são degradados dentro dos reservatórios constituem-se principalmente por compostos orgânicos refratários (COPR: 82,3 a 94,5%), uma pequena fração é prontamente oxidada (COPL: 3,5 a 10,3%) e a dissolução de substâncias orgânicas apresenta, relativamente, pequeno rendimento (de 2 a 8%). Desse modo, a degradação (e conseqüentemente a emissão de GEE) ocorre com diferentes velocidades. De acordo com esses resultados, a mineralização do COPR apresenta tempos médios de meia vida que variam entre 407 (processo aeróbio) e 916 dias (processo anaeróbio). O COD possui tempo de meia vida menor (da ordem de meses: de 2,1 a 9) e finalmente o COL apresenta, em média, tempos de meia vida da ordem de dia. Esses resultados, no geral, explicam parte das variações observadas nas emissões de GEE nos reservatórios.

7.4.1.1.2.6.5 Análise da Qualidade da Água a Jusante do Reservatório

A qualidade da água a jusante do reservatório ficará condicionada às condições das águas liberadas no segmento 24, cujo compartimento localiza-se em setor adjacente ao eixo do AHE São Luiz do Tapajós.

Para os compartimentos que compõem o corpo central do reservatório, e em particular o segmento 24, as condições de qualidade da água revelaram bastante satisfatórias com concentrações de oxigênio dissolvido acima de 6,0 mg/L e taxas de DBO abaixo de 5 mg/L, enquadrando-se dentro do que preconiza a resolução CONAMA 357/05 para enquadramento dos corpos d'água em classe 2, conforme ilustrados nas **Figuras 7.4.1.1.2.6.5/01 e 7.4.1.1.2.6.5/02.**

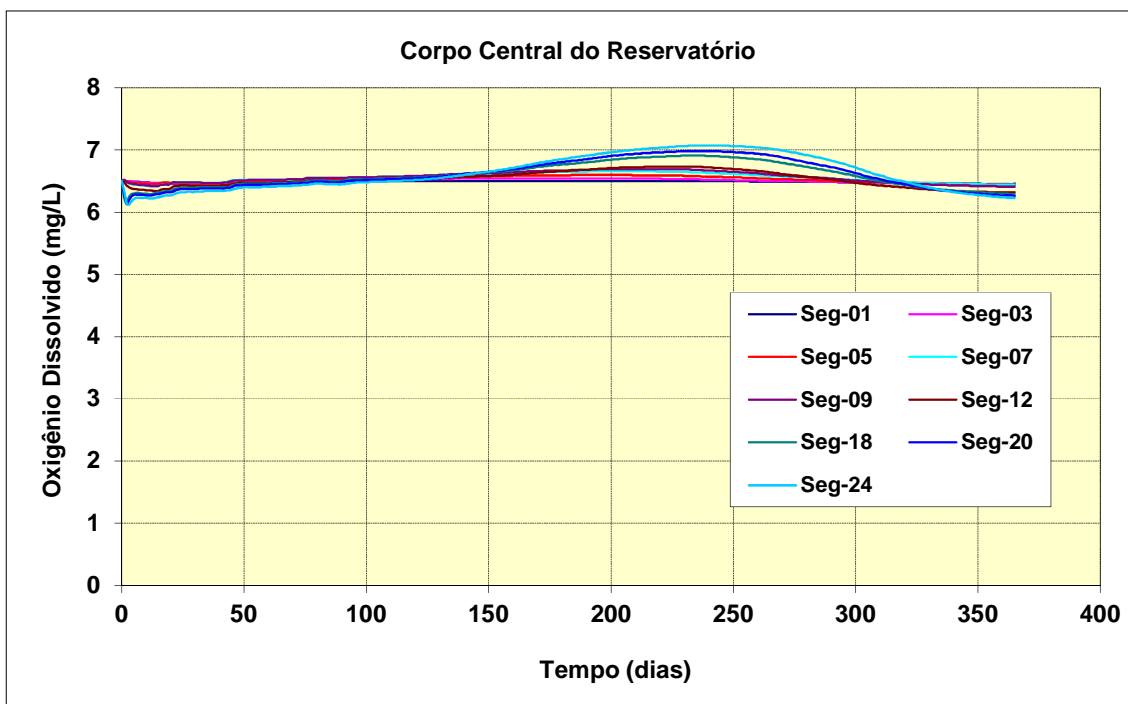


Figura 7.4.1.1.2.6.5/01 – Oxigênio Dissolvido – Corpo Central do Reservatório.

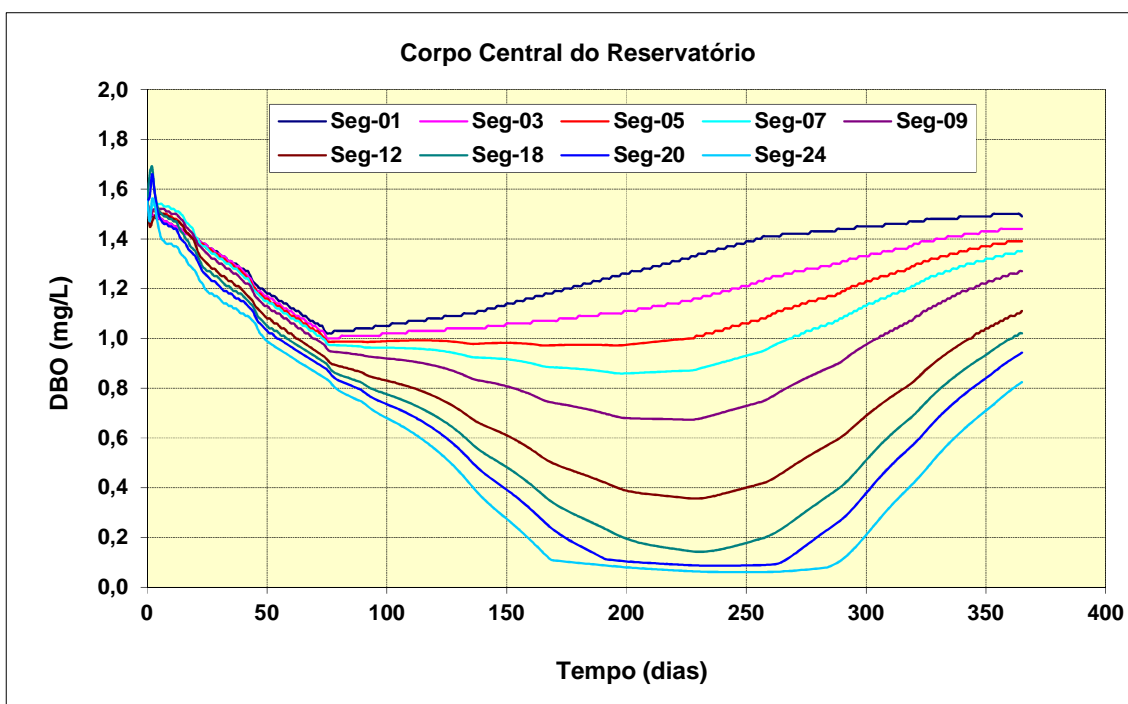


Figura 7.4.1.1.2.6.5/02 – DBO – Corpo Central do Reservatório.

Mesma situação é observada para as condições de estratificação térmica do reservatório, onde se observou para uma condição bastante crítica de escoamento,

baixa capacidade de estabelecer processo de estratificação térmica neste compartimento do reservatório.

Na simulação deste compartimento, considerou-se como referência, dado de entrada de vazões, referida ao evento ocorrido no ano de 1998, o mais seco da série histórica de vazões, onde foi apurada uma vazão média anual de 8.064 m³/s, onde as vazões médias assinalam valores da ordem de 13.000 m³/s.

As simulações apuraram quedas de temperatura da água da ordem de 0,5°C na saída da casa de máquinas.

Condições mais críticas de qualidade da água do reservatório deverão ser observadas na região do trecho de vazão remanescente, mais especificamente na área entre o eixo (casa de Força Complementar – Ilha Grande) e o início das corredeiras, que terão as condições hidrodinâmicas alteradas pela implantação do reservatório do AHE São Luiz do Tapajós.

Nestas questões insere-se as reduções no fluxo de vazões e conseqüente aumento no tempo de residência das águas que ficarão condicionadas, na maior parte do ano, ao novo regime de vazões estabelecida em 1.068 m³/s. Considerando a vazão afluyente de 1.068 m³/s, o tempo de residencia médio da água neste compartimento será de aproximadamente 12 horas.

A fim de reduzir estes impactos, foram considerados o desenvolvimento de algumas obras civis, considerando:

- Aterramento de uma área aproximada de 26,1 km², na porção lateral esquerda mais a montante e junto as estruturas vertentes, onde as simulações, através do modelo MIKE 21, revelaram a presença de baixa circulação da água.
- A implantação de soleiras submersas, visando a criação de uma faixa com maior circulação de água junto as soleiras vertentes das corredeiras, procurando manter um padrão e uma diversidade de fluxo de vazões mais próximos do natural.

7.4.1.1.3 Água Subterrânea

7.4.1.1.3.1 Aspectos Gerais e Dados Utilizados

Neste escopo, as águas subterrâneas são caracterizadas sob o enfoque da disponibilidade hídrica, usos deste tipo de manancial e qualidade das águas.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), aproximadamente 97% da água doce disponível para uso da humanidade encontra-se no subsolo, na forma de água subterrânea.

Estima-se que o Brasil detenha cerca de 12% das reservas mundiais, que suprem mais da metade do volume de água destinado ao abastecimento público no país. Os levantamentos conduzidos pela ANA (ANA, 2002.) mostram que, no Estado do Pará, cerca de 80% das localidades são abastecidas por águas subterrâneas. O aproveitamento de águas profundas constitui o uso mais significativo, enquanto que as águas freáticas são utilizadas de forma difusa, principalmente no meio rural.

A região abrangida pela AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós encontra-se, em quase toda a sua totalidade, inserida no domínio do embasamento cristalino, em uma área carente de informações relacionadas à hidrogeologia e, em particular, aos dados referentes à disponibilidade da água subterrânea.

Visando sanar esta deficiência de informações procedeu-se uma fase preparatória de coleta de dados onde foram reunidas, além das informações bibliográficas disponíveis referentes aos aquíferos existentes na região, dados de campanhas de coleta e levantamento de campo, onde foram aferidas as condições de usos e qualidade das águas.

Os dados de qualidade das águas subterrâneas foram obtidos em quatro campanhas de amostragens desenvolvidas ao longo do ciclo hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) para análise dos parâmetros físico-químico e bacteriológicos.

7.4.1.1.3.2 Referencial Metodológico

O desenvolvimento do diagnóstico das águas subterrâneas compreendeu os trabalhos de coletas e os levantamentos de campo, considerando-se os aspectos relacionados à disponibilidade hídrica, usos e qualidade das águas.

Neste escopo incluiu-se também a pesquisa de dados secundários, onde se destacam as informações constantes do cadastro do SIAGAS – Serviço de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que, de forma mais abrangente, permitiu identificar 80 poços tubulares profundos no município de Itaituba e cinco no município de Trairão. Na AII, o cadastro revela apenas quatro poços profundos, sendo três deles situados no município de Itaituba e um no município de Trairão, constando apenas um registro de presença de poços tubulares na AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós.

Desta forma, as informações necessárias à formulação dos estudos de diagnóstico foram supridas através da realização de campanhas de levantamentos de campo centralizadas principalmente nos temas relacionados aos usos e qualidade das águas subterrâneas.

Os dados relativos aos usos da água subterrânea foram formalizados através de inspeções de campo realizada no período de 23/10/2012 a 31/10/2012, onde foram visitadas 34 nucleações pertencentes aos dois municípios que integram a área de abrangência dos estudos, Itaituba e Trairão.

Neste trabalho, foram percorridas diversas localidades e nucleações existentes ao longo das rodovias Transamazônica (BR-230) e Cuiabá-Santarém (BR-163) e, principalmente, aquelas situadas às margens do rio Tapajós, visando obter um entendimento mais detalhado quanto aos usos das águas e, em particular, as fontes de captação de água subterrânea em cacimbas e poços profundos.

Nestas visitas foram efetuadas consultas junto às entidades oficiais (prefeituras municipais e concessionárias de água), coleta de informações com as populações locais e realizadas observações “in loco” com registro fotográfico ilustrando os aspectos relevantes identificados durante o trabalho de campo. Informações detalhadas referentes aos usos das águas subterrâneas são abordadas no item 7.4.1.1.2.5 - Usos das Águas Superficiais e Principais Fontes Potenciais de Poluição.

Outro grupo de informações foi suprido pelos trabalhos de amostragens de qualidade das águas subterrâneas desenvolvidos na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, conforme determina o Termo de Referência – TR emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (Processo nº 02001.0003643/2009-77), emitido em 17 de fevereiro de 2012.

No escopo destas atividades são apresentadas, na sequência, algumas considerações relacionadas à definição da rede de amostragem de águas subterrâneas, períodos das campanhas, definição dos parâmetros de qualidade da água e os procedimentos de campo e de laboratório.

- Definição da Rede de Amostragem

Para a seleção da rede de amostragem de águas subterrâneas realizou-se uma pesquisa prévia dos poços tubulares profundos existentes na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós. Para tanto, adotaram-se como critérios a seleção de poços situados nas proximidades do futuro reservatório e o uso destinado prioritariamente ao abastecimento público, seguido do uso industrial, caso existente.

Esta pesquisa baseou-se em dados cadastrais do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), consultados em maio de 2012 e complementadas com os dados obtidos nas campanhas de campo.

Os levantamentos iniciais de campo revelaram que quase a totalidade dos poços com as características listadas acima estão concentrados próximos à área urbana de Itaituba, em uma região a jusante do AHE São Luiz do Tapajós. Na área do entorno do reservatório, constatou-se a presença de pequenas nucleações que utilizam cacimbas como fonte de suprimento de água destinada principalmente aos usos domésticos.

Em função da carência de poços profundos existentes na região abrangida pela AID/ADA do empreendimento, julgou-se necessária a composição de uma rede amostral mais abrangente com a inclusão de poços profundos localizados também no entorno da Área de Influência Indireta (AII), procurando aferir os tipos de aquíferos existentes na região (poroso e fissural).

Com essa orientação, a rede de amostragem de água subterrânea foi estruturada com o posicionamento de nove pontos de coleta, sendo sete poços profundos e duas cacimbas. A localização dos pontos de amostragem de águas subterrâneas é apresentada no **Quadro 7.4.1.1.3.2/01** e a disposição espacial destes pontos são apresentadas na Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2/01- Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos do subitem 7.4.1.1.2.6.2.2 – Referencial Metodológico do Item 7.4.1.1.2.6 – Qualidade das Águas Superficiais da AID/ADA.

Quadro 7.4.1.1.3.2/01 - Localização dos Pontos de Amostragem de Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.

Pontos	Município - Localidade	Coordenadas SIRGAS 2000 (Fuso 21M)		Tipo de Captação	Profundidade (m)
		Leste	Norte		
Ponto 01	Trairão - Três Bueiras – Escola Calim Miguel dos Anjos	616.476	9.412.550	Poço profundo	86
Ponto 02	Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós	599.098	9.433.427	Poço profundo	70
Ponto 03	Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú	611.923	9.481.277	Poço profundo	180
Ponto 04	Itaituba – Frigorífico Frivata	593.465	9.518.941	Poço profundo	273
Ponto 05	Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências	582.009	9.494.675	Cacimba	9
Ponto 06	Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice	508.135	9.449.897	Poço profundo	73
Ponto 07	Itaituba – Buburé – hotel e restaurante	574.760	9.489.850	Cacimba	11,2

Pontos	Município - Localidade	Coordenadas SIRGAS 2000 (Fuso 21M)		Tipo de Captação	Profundidade (m)
		Leste	Norte		
Ponto 08	Itaituba – Hotel Apiacás	611.921	9.526.899	Poço profundo	39
Ponto 09	Itaituba – Conjunto de 12 casas	612.453	9.527.265	Poço profundo	30

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

Na sequência é apresentada uma descrição suscinta de cada ponto de amostragem acompanhado do respectivo registro fotográfico ilustrando o local de coleta:

Ponto 01

Poço tubular profundo operado pela Prefeitura Municipal de Trairão, situado na localidade de Três Bueiras, nas dependências da Escola Calim Miguel dos Anjos. O poço apresenta uma profundidade de 86 metros e destina-se ao abastecimento de um conjunto de 180 residências como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/01**.



Foto 7.4.1.1.3.2/01 - Ponto 01 – Poço Profundo em Três Bueiras/ Trairão – Escola Calim Miguel dos Anjos – Data: 01/07/2012.

Ponto 02

Poço tubular profundo particular, situado na localidade de Jamanxinzinho, município de Trairão. O poço, com 70 metros de profundidade, destina-se ao abastecimento das instalações da Madeireira Tapajós como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/02**.



Foto 7.4.1.1.3.2/02 - Ponto 02 – Poço Profundo em Jamanxinzinho/Trairão – Madeireira Tapajós – Data: 01/07/2012.

Ponto 03

Poço tubular profundo localizado na Escola Municipal Laudelino Baú no município de Trairão e operado pela Prefeitura Municipal. O poço apresenta uma profundidade de 180 metros e destina-se ao abastecimento da população residente no bairro do Cacau, como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/03**.



Foto 7.4.1.1.3.2/03 - Ponto 03 – Poço Profundo em Trairão– Escola Municipal Laudelino Baú – Data: 17/04/2012.

Ponto 04

Poço tubular profundo particular situado próximo à localidade de Boa Vista no município de Itaituba. Poço com 273 metros de profundidade, que abastece as instalações do Frigorífico Frivata como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/04**.



Foto 7.4.1.1.3.2/04 - Ponto 04 – Poço Profundo em Itaituba
- Frigorífico Frivata – Data: 17/04/2012.

Ponto 05

Poço particular tipo cacimba, situado na localidade de Pimental, município de Trairão. Esse poço, com nove metros de profundidade, destina-se ao abastecimento de um pequeno comércio e residências como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.3/05**. Trata-se de uma construção precária, com tampa de madeira, sujeita à introdução de sólidos e de dejetos provenientes de criação de aves e de outros animais domésticos.



Foto 7.4.1.1.3.3/05 - Ponto 05 – Poço Tipo Cacimba –
Pimental/Trairão – Pequeno Comércio e Residências – Data:
10/07/2012.

Ponto 06

Poço tubular profundo particular situado no km 180 da rodovia Transamazônica no município de Itaituba. O poço com 73 metros de profundidade abastece o Hotel e Restaurante Frigideira da Nice como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/06**.



Foto 7.4.1.1.3.2/06 - Ponto 06 – Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice – Data: 10/07/2012.

Ponto 07

Poço particular tipo cacimba, situado na localidade de Bujuré, município de Itaituba. O poço, com 11,2 metros de profundidade, destina-se ao abastecimento de um pequeno hotel e restaurante como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/07**. Trata-se também de uma construção precária, com tampa de madeira, o que favorece o aporte de sólidos, detritos diversos ou de dejetos de aves e de outros animais domésticos.



Foto 7.4.1.1.3.2/07 - Ponto 07 – Poço Tipo Cacimba – Bujuré/Itaituba – Hotel e Restaurante – Data: 16/07/2012.

Ponto 08

Poço tubular profundo particular com 39 metros de profundidade localizado na região urbana de Itaituba e que abastece o Hotel Apiacás. A coleta de água para análise foi realizada a partir de uma tubulação que alimenta a caixa d'água desse estabelecimento, como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/08**.



Foto 7.4.1.1.3.2/08 - Ponto 08 – Poço Profundo em Itaituba– Hotel Apiacás - Data: 17/04/2012.

Ponto 09

Poço tubular profundo com 30 metros de profundidade situado na região urbana de Itaituba, destinado ao abastecimento de um conjunto de 12 casas outrora pertencentes ao Banco do Brasil como ilustra a **Foto 7.4.1.1.3.2/09**.



Foto 7.4.1.1.3.2/09 - Ponto 09 – Poço Profundo em Itaituba – Conjunto de 12 casas – Data: 17/04/2012.

- Campanhas de Amostragens Desenvolvidas

Os trabalhos de campo abrangeram quatro campanhas de amostragens, desenvolvidas no decorrer do ano de 2012, conforme datas relacionadas no **Quadro 7.4.1.1.3.2/02**, visando à caracterização da qualidade das águas subterrâneas.

Quadro 7.4.1.1.3.2/02 – Períodos das Campanhas de Amostragens da Qualidade da Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.

Campanhas	Período do Ciclo Hidrológico	Data
01	Cheia	13 de abril e 27 de abril de 2012
02	Vazante	30 de junho e 16 de julho de 2012
03	Seca	16 de setembro e 6 de outubro de 2012
04	Enchente	17 de novembro e 12 de dezembro de 2012

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

Durante a primeira campanha, desenvolvida no período da cheia, foram consideradas amostragens de qualidade da água subterrânea nos Pontos 04 (Itaituba – Frigorífico Frivata) e 09 (Itaituba - Conjunto de 12 casas).

Na segunda campanha de qualidade da água, a rede de amostragem foi consolidada com a inclusão de mais sete pontos de coleta. A amostragem no Ponto 09 foi desenvolvida unicamente durante a primeira campanha em função das dificuldades de acesso a este poço profundo (o responsável pela operação do poço estava ausente), situação que perdurou no decorrer das campanhas subseqüentes. Nestas condições, a partir da segunda campanha, este ponto de amostragem foi substituído pelo Ponto 08 – Itaituba – Hotel Apiacás.

No **Quadro 7.4.1.1.3.2/03** é apresentado o esquema de amostragens de qualidade da água subterrânea considerada nas quatro campanhas de coleta.

Quadro 7.4.1.1.3.2/03 - Esquema de Amostragem de Qualidade da Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.

Pontos	Município - Localidade	Campanhas			
		Cheia	Vazante	Seca	Enchente
01	Trairão - Três Bueiras – Escola Calim Miguel dos Anjos		X	X	X
02	Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós		X	X	X
03	Trairão – Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú		X	X	X

Pontos	Município - Localidade	Campanhas			
		Cheia	Vazante	Seca	Enchente
04	Itaituba – Frigorífico Frivata	X	X	X	X
05	Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências		X	X	X
06	Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice		X	X	X
07	Itaituba – Buburé – Hotel e Restaurante		X	X	X
08	Itaituba – Itaituba – Hotel Apiacás		X	X	X
09	Itaituba – Itaituba – Abastecimento de um conjunto de 12 casas	X			

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

- Parâmetros Selecionados

A caracterização das águas subterrâneas contemplou a análise dos parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade para consumo humano, e pela Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008, relativa ao enquadramento das águas subterrâneas, cujos limites para águas destinadas ao consumo humano são muito semelhantes aos da referida portaria.

No **Quadro 7.4.1.1.3.2/04** consta a relação dos parâmetros analisados, indicando os valores orientadores determinados pela Portaria nº 2.914/2011.

Quadro 7.4.1.1.3.2/04 – Parâmetros Selecionados para Análise das Águas Subterrâneas–Ciclo Hidrológico 2012.

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Unidade	VMP
Antimônio	mg/L	0,005
Alumínio	mg/L	0,2
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,01
Cianeto	mg/L	0,07
Cloreto	mg/L	250
Cobre	mg/L	2

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Unidade	VMP
Condutividade (campo)	µS/cm	-
Cor Aparente	mg Pt/L	15
Cromo	mg/L	0,05
Dureza Total	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Fluoreto	mg/L	1,5
Manganês	mg/L	0,1
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1,5
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Odor (campo)	-	-
Oxigênio Dissolvido (campo)	mg/L	-
pH (campo)	UpH	6,0 - 9,5
Potencial Redox (campo)	mV	-
Salinidade (campo)	‰	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1000
Selênio	mg/L	0,01
Sódio	mg/L	200
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto Total	mg/L	0,05
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5
Temperatura da Água (campo)	°C	-
Turbidez (campo)	UNT	5
Zinco	mg/L	5
Coliformes Totais	NMP/100 mL	Ausente/100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Ausente/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Ausente/100 mL

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido definido pela Portaria nº 2.914/11.

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

- Procedimentos de Coleta e Preservação de Amostras

A coleta de amostras de águas subterrâneas foi efetuada mediante a autorização prévia dos proprietários dos poços, que indicaram os pontos do sistema de captação.

No local determinado, a amostragem teve início com a coleta de água para análises bacteriológicas, sendo adotados procedimentos no manuseio de frascos e equipamentos para evitar a contaminação das amostras. No momento imediatamente anterior à coleta, foram tomados cuidados quanto à higienização do local, deixando-se a água correr por alguns minutos de forma a eliminar a água estagnada na tubulação.

Os frascos, devidamente esterilizados, não foram preenchidos totalmente, permitindo a homogeneização da amostra (ABNT, 1987).

Previamente à amostragem, foram anotadas em cada ponto de coleta informações relevantes relacionadas ao estado de conservação dos poços e presença de fontes de poluição, acompanhadas de registro fotográfico.

Os trabalhos de campo incluíram medições diretas com uso de sondas para determinação dos seguintes parâmetros: temperatura do ar, temperatura da água, pH, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez e potencial redox.

Foram coletadas as amostras para análises físicas, químicas e bacteriológicas, segundo os procedimentos determinados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª edição (APHA, 2005), sistematizados a seguir no **Quadro 7.4.1.1.3.2/05**.

Logo após a coleta, as amostras de água foram refrigeradas, acondicionadas em caixas térmicas e enviadas, via aérea, para a cidade de São Paulo, onde foram procedidas as análises no Laboratório ATEMAE – Assessoria Técnica em Serviços para o Meio Ambiente Ltda.

Quadro 7.4.1.1.3.2/05 – Acondicionamento e Preservação de Amostras de Água Subterrânea – Ciclo Hidrológico 2012.

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Frasco	Preservação *	Volume
Cloreto, Cor Aparente, Fluoreto, Salinidade, Sólidos dissolvidos totais, Sulfato, Surfactantes (como LAS), Turbidez, pH, Nitrito (como N)	Polietileno	Refrigerado	2L
Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Cádmi, Chumbo, Cobre, Cromo, Dureza Total, Ferro, Manganês, Selênio, Sódio, Zinco	Polietileno	HNO ₃ Refrigerado	1L
Mercúrio	Polietileno	HNO ₃ Refrigerado	0,5L
Cianeto	Polietileno	NaOH Refrigerado	0,5L
Nitrogênio Amoniacal, Nitrato (como N)	Polietileno	H ₂ SO ₄ Refrigerado	1L
Sulfeto Total	Vidro borosilicato	Acetato de Zinco Refrigerado	1L
Coliformes Totais ou Termotolerantes, <i>Escherichia coli</i>	Polietileno	Refrigerado	200 mL

OBSERVAÇÃO:* Refrigerado a 4°C ± 2°C

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

- Análise em Laboratório

Em laboratório, as análises físicas, químicas e bacteriológicas foram realizadas segundo os procedimentos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª edição (2005) e nas Normas Técnicas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, conforme relacionado no **Quadro 7.4.1.1.3.2/06**.

Quadro 7.4.1.1.3.2/06 - Metodologia para Análise das Águas Subterrâneas– Ciclo Hidrológico 2012.

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
Antimônio	Espectrofotometria de absorção atômica - emissão de chama	mg/L	0,005	SM 21311B
Alumínio	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,2	SM 21 3111 D
Arsênio	Método do dietilditiocarbamato de prata - Método colorimétrico	mg/L	0,01	SM 21 3500-As B
Bário	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,02	SM 21 3111 D
Cádmio	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,001	SM 21 3111 B
Chumbo	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,01	SM 21 3111 B
Cianeto	Método de nitrato de prata, com destilação prévia	mg/L	0,007	SM 21 4500 E
Cloreto	Método de nitrato mercúrio	mg/L	0,5	SM 21 4500 C
Cobre	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,002	SM 21 3111 B
Condutividade *	Sonda	µS/cm	0,1	SM 21 2510 B
Cor Aparente	Comparação visual	mg Pt/L	0,5	SM 21 2120 B
Cromo	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,01	SM 21 3111 B
Dureza Total	Titulométrico/ EDTA	mg/L	2	SM 21 2340 C
Ferro	Espectrometria ótica	mg/L	0,03	SM 21 3111 B
Fluoreto	USEPA 300.1	mg/L	0,1	SM 21 4500-F D
Manganês	Espectrofotometria de absorção atômica	mg/L	0,002	SM 21 3111 B
Mercurio	Espectrofotometria de absorção atômica, geração de vapor a frio	mg/L	0,0002	SM 21 3112 B
Nitrogênio Amoniacal	Nesslerização com destilação prévia	mg/L	0,05	CETESB L 5.136

Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
Nitrato (como N)	Método de ácido fenoldissulfônico	mg/L	0,02	CETESBL 5.137
Nitrito (como N)	Suldanimida e N - (1-Naftil) etilenodiamina	mg/L	0,005	SM 21 4500 B
Odor	-	-	-	-
Oxigênio Dissolvido*	Sonda	mg/L	0,1	SM 21 4500- O G
pH*	Sonda	UpH	0,1	SM 21 4500-H B
Potencial Redox*	Sonda	Mv	4	SM 21 2580 A
Salinidade*	Sonda	‰	0,1	SM 21 2520 B
Sólidos Dissolvidos Totais	Gravimétrico	mg/L	1	SM 21 2540 C
Sólidos Dissolvidos Totais*	Sonda	mg/L	-	-
Selênio	USEPA 3010 A	mg/L	0,01	SM 21 3500- Se C
Sódio	Espectrometria ótica	mg/L	0,01	SM 21 3111 B
Sulfato	Método turbidimétrico	mg/L	2	SM 21 4500-SO ₄ ²⁻ E
Sulfeto Total	SWW S02 -G	mg/L	0,03	CETESBL 5.127
Surfactantes (como LAS)	Método de azul de metileno	mg/L	0,04	SM 21 5540 C
Turbidez	Método nefelométrico	UNT	0,02	SM 21 2130 B
Zinco	Espectrofotometria de absorção atômica por chama	mg/L	0,001	SM 21 3111 B
Coliformes Totais	Tubos múltiplos	NMP/100 mL	1,8	SM 219223B
Coliformes Termotolerantes	Tubos múltiplos	NMP/100 mL	1,8	SM 219223B
<i>Escherichia coli</i>	Tubos múltiplos	NMP/100 mL	1,8	SM 219223B

OBSERVAÇÃO:* Parâmetros medidos através de sondas em campo; LQM- Limite de Quantificação do Método.

FONTE: CETESB L5. – normas técnicas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; SM - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition (2005) – APHA – AWWA – WEF; EPA (USEPA) - United States Environmental Protection Agency.

- Análise Univariada e Multivariada

Para a descrição do comportamento dos dados avaliados foram realizadas análises univariadas mediante cálculo de estatística descritiva básica para os temas relacionados à qualidade das águas subterrâneas. Nesse sentido, utilizaram-se medidas de tendência central e de dispersão: média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e erro padrão.

As análises multivariadas incluíram correlações (bivariadas) precedidas de verificação da normalidade da distribuição dos dados, a partir da aplicação do teste de Shapiro-Wilk. Pelo fato da maior parte dos resultados ter indicado distribuições conjuntas diferentes da distribuição normal, optou-se pelo uso do coeficiente de correlação de postos de Spearman, que é utilizado como alternativa não paramétrica ao coeficiente de Pearson.

No cálculo dos coeficientes de correlação de Spearman (r) e também do teste de normalidade foi adotado o nível de significância estatística (p) de 95%. Este nível representa um valor de confiabilidade de um resultado, ou seja, indica que a probabilidade de que a relação entre as variáveis tenha ocorrido ocasionalmente é menor do que 5% ($p < 0,05$).

A avaliação dos resultados dos coeficientes de correlação foi baseada na escala proposta por COHEN (1988), que considera a faixa entre 0,10 e 0,29 como correlação fraca, valores entre 0,30 e 0,49 como correlações moderadas, e valores superiores a 0,50 indicam correlações fortes.

Para os parâmetros das águas subterrâneas foram elaboradas correlações gerais, abrangendo todos os resultados registrados durante os quatro períodos do ciclo hidrológico.

7.4.1.1.3.3 Disponibilidade Hídrica das Águas Subterrâneas

As informações referentes aos aquíferos da região da AID/ADA são bastante escassas e os produtos cartográficos disponíveis encontram-se apenas em escalas macrorregionais, incompatíveis com a diversidade litoestratigráfica da região do rio Tapajós, conforme relatado no item 7.4.1.6 – Principais Aspectos Hidrogeológicos.

Nota-se que a área do AHE São Luiz do Tapajós encontra-se assentada em aquífero livre, constituindo em grande parte (cerca de 90%), por rochas do embasamento cristalino representado por aquífero do tipo fissurado.

Neste tipo de unidade, cerca de 50% é representada por rochas vulcanossedimentares, com uma produtividade média estimada de 5 m³/hora. Igual porção é ocupada por rochas granitoides, com uma vazão estimada inferior a 1 m³/hora.

Embora quase não haja dados de produtividade de poços perfurados na área do embasamento cristalino, a depender das condicionantes estruturais locais, podem ocorrer situações de vazões maiores que 5 m³/hora. Em casos mais extremos, as vazões podem ser muito reduzidas ou mesmo apresentar ausência de água, a exemplo do observado na localidade de Caracol, onde foi perfurado um poço com 400 metros de profundidade sem qualquer evidência de água.

Sobre este embasamento, localizam-se as cacimbas, que constituem grande parte das captações utilizadas pelos moradores ribeirinhos assentados às margens dos rios Tapajós e Jamanxim. Estes poços de captação de água sub-superficial, a depender da espessura, natureza dos solos, possuem profundidades variando entre 3 e 18 metros. Sua disponibilidade hídrica é diretamente dependente da sazonalidade regional de chuvas e de vazões, podendo em estiagens mais severas, apresentar escassez ou mesmo exaurir o suprimento de água.

Os aquíferos associados aos depósitos aluvionares e terraços abrangem uma área próxima de 7% da AID, com formações restritas às calhas dos rios Tapajós e Jamanxim. De modo geral, são depósitos descontínuos e dotados de pequena espessura, onde as ocorrências ou áreas mais representativas acompanhando o curso do Tapajós encontram-se limitadas entre a localidade de Pimental e a ilha do Chapéu do Sol. No rio Jamanxim, estas formações estão concentradas nas porções de seu baixo curso.

As informações das 65 cacimbas levantadas nesta unidade revelaram profundidades médias variando entre 3 e 11 metros, sendo que as variações de níveis d'água encontram-se diretamente influenciadas pelo comportamento sazonal dos rios Tapajós e Jamanxim.

Com menor participação territorial, cerca de 3% da AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, encontra-se no aquífero constituído por rochas arenosas da Formação Maecuru, do tipo poroso e de alta produtividade, com vazão média estimada em 20 m³/hora.

Esta unidade encontra-se restrita na porção a jusante do eixo do barramento do AHE São Luiz do Tapajós, com maior distribuição observada na faixa de domínio da linha de transmissão, onde se prevê a conexão com o Sistema Interligado Nacional - SIN.

7.4.1.1.3.4 Usos das Águas Subterrâneas

Conforme citado, os dados relativos aos usos das águas subterrâneas resultaram de um trabalho de levantamento de campo realizado no período de 23/10/2012 a 31/10/2012, quando foram visitadas 34 nucleações pertencentes aos dois municípios que integram a área de abrangência dos estudos, Itaituba e Trairão.

O acesso às nucleações situadas próximas às margens do rio Tapajós, que abrange a maior parte dos núcleos populacionais visitados, foram realizadas através do uso de voadeiras. Para as nucleações situadas às margens das rodovias BR-230 (Transamazônica) e BR-163 (Cuiabá-Santarém), o acesso foi realizado através de caminhonete 4x4.

Verificou-se que parte das nucleações visitadas na região da AID/ADA é constituída por um reduzido número de residências disseminadas ao longo das margens do rio Tapajós e no alinhamento da rodovia Transamazônica. Algumas poucas nucleações são dotadas de escolas e de pequenos comércios, que atendem principalmente as populações locais e os garimpeiros que atuam nas dragas existentes no curso do rio Tapajós e igarapés tributários. Dentre as maiores nucleações destacam-se: São Luiz do Tapajós (Itaituba) que contém uma população de 1.200 habitantes e Pimental (Trairão) com 700 habitantes.

Os dados resultantes da visita de campo indicam que na área da AID/ADA as águas subterrâneas são obtidas de captações sub-superficiais realizadas através de poços rasos do tipo cacimba, que apresentam profundidade média variando entre 3 e 11 metros.

As vazões aduzidas destes sistemas estão dirigidas ao uso doméstico, na utilização para banho, lavagem de utensílios de cozinha e roupa e, principalmente, para beber, em função de sua melhor qualidade em relação à água obtida através de captação direta no rio.

O único poço profundo identificado nos domínios da AID/ADA do empreendimento está localizado no km 180 da rodovia Transamazônica, na localidade de São Leopoldo do Tapajós. O poço com 73 metros de profundidade é utilizado no suprimento de água do Restaurante Frigideira da Nice.

7.4.1.1.3.5 Qualidade das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas se caracterizam por conter, em geral, teores mais elevados de íons que as águas superficiais, pois estão intimamente em contato com os materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. Quando apresentam teores de sólidos dissolvidos totais superiores a 1 g/L, ou concentração especialmente elevada de um íon particular, são classificadas como águas minerais.

Entre as vantagens do uso das águas subterrâneas em relação às águas superficiais para abastecimento público, destaca-se a adoção de tratamento químico simplificado, dispensando a implantação de estações de tratamento de águas convencionais. Nos casos dos poços profundos, considera-se ainda a menor interferência na qualidade da água, sobretudo durante os períodos de estiagem prolongada.

Poços tubulares profundos são perfurados com sondas, atingindo profundidades de até 1.000 metros. As cacimbas apresentam em geral profundidades inferiores a 30 metros e compreendem a adoção de métodos simples de construção; em geral, essas águas não sofrem qualquer processo de tratamento antes de seu uso, o que eleva os riscos de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Com essa orientação, o presente estudo visa apresentar a avaliação da qualidade das águas subterrâneas próximas aos núcleos urbanos, quanto aos aspectos físicos, químicos e bacteriológicos, destacando as principais fontes poluidoras e áreas contaminadas.

Desta forma, na sequência são apresentados e discutidos os resultados das campanhas de monitoramento de campo, que são avaliados a luz dos padrões de enquadramento de potabilidade para o consumo humano, conforme estabelece a Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, e Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008.

7.4.1.1.3.5.1 Apresentação e Avaliação dos Resultados

A água subterrânea em seu estado natural é, na maioria dos casos, de boa qualidade. Contudo, algumas fontes de águas subterrâneas são sujeitas à contaminação em consequência das atividades antrópicas desenvolvidas nas imediações e, principalmente, relacionadas aos aspectos construtivos.

A construção de poços sem considerar os padrões técnicos, principalmente quanto à vedação para evitar a infiltração de águas contaminadas provenientes do entorno, pode ser apontada como um dos fatores determinantes para alteração na qualidade da água subterrânea.

Nos **Quadros 7.4.1.1.3.5.1/01 a Quadro 7.4.1.1.3.5.1/03** – Quadros de Qualidade da Água Subterrânea e no **Anexo Geral 7.4.1.1.3 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)** – Qualidade das Águas Subterrâneas - Laudos das Análises Laboratoriais - Ciclo Hidrológico 2012 são apresentados os resultados obtidos das análises laboratoriais. Os valores destacados em vermelho nos quadros a seguir indicam as concentrações que ultrapassaram os limites definidos pela Portaria nº 2.914/11.

Quadro 7.4.1.1.3.5.1/01 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas – Ciclo Hidrológico 2012.

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 01				Ponto 02				Ponto 03			
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
Data da Coleta	-	-	-	-	2/7/2012	6/10/2012	26/11/2012	-	2/7/2012	22/9/2012	26/11/2012	-	2/7/2012	22/9/2012	26/11/2012
Hora da Coleta	-	-	-	-	15:00	13:01	10:20	-	16:00	09:25	08:30	-	18:05	08:03	12:34
Antimônio	mg/L	0,005	0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005
Alumínio	mg/L	0,2	0,2	-	<0,20	<0,20	<0,20	-	<0,20	<0,20	<0,20	-	<0,20	<0,20	<0,20
Arsênio	mg/L	0,01	0,01	-	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010	<0,010	<0,010
Bário	mg/L	0,02	0,7	-	0,05	<0,02	<0,02	-	0,31	0,12	0,03	-	0,07	0,06	0,05
Cádmio	mg/L	0,001	0,005	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto	mg/L	0,007	0,07	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007
Cloreto	mg/L	0,5	250	-	1	2	1	-	1	2	2	-	1	2	1
Cobre	mg/L	0,002	2	-	<0,002	0,01	0,01	-	<0,002	<0,002	0,01	-	<0,002	<0,002	<0,002
Condutividade	µS/cm	0,1	-	-	243	221	242	-	86,7	67,4	77,5	-	256	255	255
Cor Aparente	mg Pt/L	0,5	15	-	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5
Cromo	mg/L	0,01	0,05	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Dureza Total	mg/L	2	500	-	100	90	99	-	32	16	12	-	108	103	101
Ferro	mg/L	0,03	0,3	-	0,19	0,16	0,13	-	0,21	0,08	0,05	-	0,39	0,24	0,27
Fluoreto	mg/L	0,1	1,5	-	1,06	1,85	0,91	-	<0,10	<0,10	<0,10	-	1,54	<0,10	1,24
Manganês	mg/L	0,002	0,1	-	0,01	0,01	<0,002	-	0,01	<0,002	0,01	-	0,07	0,09	0,09
Mercúrio	mg/L	2E-04	0,001	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,05	1,5	-	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato (como N)	mg/L	0,02	10	-	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	0,03	-	<0,02	0,04	0,05
Nitrito (como N)	mg/L	0,005	1	-	<0,005	0,05	0,03	-	<0,005	<0,005	0,02	-	<0,005	0,04	<0,005
Odor	mg/L	-	-	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,1	-	-	5,5	3,7	3,1	-	6,4	5,2	5,2	-	2,4	3,3	2,9

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 01				Ponto 02				Ponto 03			
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
pH	UpH	0,1	6 – 9,5	-	6,54	6,49	6,78	-	5,35	5,61	5,97	-	6,49	7,25	7,4
Potencial Redox	mV	4	-	-	209	286	243	-	247	258	284	-	33	6	12
Salinidade	‰	0,1	-	-	0,1	0,1	0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,1	0,1	0,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1	1000	-	193	136	207	-	78	35	62	-	172	74	188
Selênio	mg/L	0,01	0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Sódio	mg/L	0,01	200	-	23	26,8	19,8	-	3,5	7,04	18,9	-	9,1	18,1	24,8
Sulfato	mg/L	2	250	-	2,21	<2,0	<2,0	-	3,39	<2,0	<2,0	-	12	<2,0	<2,0
Sulfeto Total	mg/L	0,03	0,05	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,04	0,5	-	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04
Temperatura da Água	°C	-	-	-	26,5	26,8	26,7	-	26,9	26,8	27,2	-	26,4	26	26,3
Temperatura do Ar	°C	-	-	-	35,6	34,3	31,3	-	34,5	35	27,8	-	30,2	25,3	31,1
Turbidez	UNT	0,02	5	-	0,25	0,3	<0,02	-	0,3	0,4	<0,02	-	1	0,5	<0,02
Zinco	mg/L	0,001	5	-	0,31	0,14	0,05	-	0,03	0,01	0,02	-	0,01	0,004	0,01
Coliformes Totais	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	<1,8	23	<1,8	-	79	23	66	-	23	<1,8	<1,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8

LEGENDA: LQM - Limite de Quantificação do Método; VMP – Valor Máximo Permitido Definido pela Portaria nº 2.914/11

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

Quadro 7.4.1.1.3.5.1/02 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas – Ciclo Hidrológico 2012 (Continuação)

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 04				Ponto 05				Ponto 06			
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
Data da Coleta	-	-	-	17/4/2012	3/7/2012	19/9/2012	30/11/2012	-	10/7/2012	5/10/2012	30/11/2012	-	10/7/2012	19/9/2012	30/11/2012
Hora da Coleta	-	-	-	15:30	17:22	15:07	16:48	-	09:15	15:10	08:01	-	12:20	09:41	11:32
Antimônio	mg/L	0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	0,38
Alumínio	mg/L	0,2	0,2	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	-	<0,20	<0,20	<0,20	-	<0,20	0,24	<0,20
Arsênio	mg/L	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010	<0,010	<0,010
Bário	mg/L	0,02	0,7	0,08	0,05	<0,02	0,05	-	0,08	0,08	<0,02	-	0,08	<0,02	<0,02
Cádmio	mg/L	0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto	mg/L	0,007	0,07	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007
Cloreto	mg/L	0,5	250	7	3	7	3	-	5	2	2	-	7	4	2
Cobre	mg/L	0,002	2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002
Condutividade	µS/cm	0,1	-	259	280	296	286	-	72,9	65	62,7	-	46,8	45,4	33,3
Cor Aparente	mg Pt/L	0,5	15	5	5	<5	<5	-	<5	<5	<5	-	5	<5	<5
Cromo	mg/L	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Dureza Total	mg/L	2	500	7	11	12	10	-	5	3	6	-	7	14	7
Ferro	mg/L	0,03	0,3	0,21	0,38	0,31	0,37	-	0,03	0,31	0,08	-	0,21	0,77	0,38
Fluoreto	mg/L	0,1	1,5	1,16	<0,10	1,46	<0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10	-	1,16	2,8	<0,10
Manganês	mg/L	0,002	0,1	0,024	0,03	0,03	0,03	-	0,01	0,01	0,01	-	0,024	0,02	0,15
Mercúrio	mg/L	2E-04	0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,05	1,5	<0,05	<0,05	0,28	<0,05	-	<0,05	<0,05	0,2	-	<0,05	0,18	<0,05
Nitrato (como N)	mg/L	0,02	10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	0,03	<0,02
Nitrito (como N)	mg/L	0,005	1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	0,02	<0,02	-	<0,005	0,02	<0,005
Odor	mg/L	-	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro
Oxigênio Dissolvido	mg/L	0,1	-	4,9	4	5,2	4,2	-	2,1	2,8	2,7	-	4,9	4,9	5,8

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 04				Ponto 05				Ponto 06			
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
pH	UpH	0,1	6 – 9,5	7,31	7,01	7,34	7,62	-	4,91	4,44	4,87	-	3,84	4,25	4,97
Potencial Redox	mV	4	-	109	78	94	117	-	346	382	328	-	358	364	338
Salinidade	‰	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1	1000	129	188	169	180	-	85	72	65	-	129	192	38
Selênio	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Sódio	mg/L	0,01	200	12,2	24,8	37,7	42,9	-	7,6	7,14	26,3	-	12,2	8,99	18,6
Sulfato	mg/L	2	250	5,52	4,1	<2,0	2,29	-	6,21	<2,0	<2,0	-	5,52	<2,0	2,18
Sulfeto Total	mg/L	0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,04	0,5	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04
Temperatura da Água	°C	-	-	33,3	33,2	34,1	33	-	27,3	28,1	27,2	-	27,4	27,6	27,6
Temperatura do Ar	°C	-	-	34,3	30,7	37,8	33,6	-	27,3	37,7	26,9	-	29,8	27,9	29,1
Turbidez	UNT	0,02	5	0,4	0,3	0,3	0,92	-	0,7	0,7	1,48	-	0,4	0,4	8,63
Zinco	mg/L	0,001	5	<0,001	0,05	0,01	0,01	-	0,11	0,01	0,14	-	<0,001	0,02	0,02
Coliformes Totais	NMP/100ml	1,8	Ausente	140	79	<1,8	<1,8	-	1.600	23	42	-	140	240	10
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,8	Ausente	79	23	<1,8	<1,8	-	240	<1,8	<1,8	-	79	<1,8	<1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1,8	Ausente	23	23	<1,8	<1,8	-	240	<1,8	<1,8	-	23	<1,8	<1,8

LEGENDA: LQM - Limite de Quantificação do Método; VMP – Valor Máximo Permitido Definido pela Portaria nº 2.914/11

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

Quadro 7.4.1.1.3.5.1/03 - Caracterização Física, Química e Bacteriológica das Águas Subterrâneas - Ciclo Hidrológico 2012 (Continuação)

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 07				Ponto 08				Ponto 09			
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
Data da Coleta	-	-	-	-	16/7/2012	19/9/2012	30/11/2012	-	16/7/2012	19/9/2012	11/12/2012	17/4/2012	-	-	-
Hora da Coleta	-	-	-	-	10:05	13:50	09:06	-	15:45	16:12	16:03	13:35	-	-	-
Antimônio	mg/L	0,005	0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	-
Alumínio	mg/L	0,2	0,2	-	<0,20	<0,20	<0,20	-	<0,20	<0,20	<0,20	0,25	-	-	-
Arsênio	mg/L	0,01	0,01	-	<0,010	<0,010	<0,010	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	-
Bário	mg/L	0,02	0,7	-	0,04	0,05	<0,02	-	0,06	<0,02	<0,02	0,13	-	-	-
Cádmio	mg/L	0,001	0,005	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-
Cianeto	mg/L	0,007	0,07	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	-	-	-
Cloreto	mg/L	0,5	250	-	1	1	4	-	6	9	7	8	-	-	-
Cobre	mg/L	0,002	2	-	<0,002	<0,002	<0,002	-	0,04	0,01	<0,002	<0,002	-	-	-
Condutividade	µS/cm	0,1	-	-	18,7	24,4	19,4	-	335	316	321	380	-	-	-
Cor Aparente	mg Pt/L	0,5	15	-	<5	<5	40	-	<5	<5	<5	5	-	-	-
Cromo	mg/L	0,01	0,05	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-
Dureza Total	mg/L	2	500	-	3	60	5	-	166	142	149	178	-	-	-
Ferro	mg/L	0,03	0,3	-	0,1	1,34	0,06	-	0,33	0,07	0,07	0,25	-	-	-
Fluoreto	mg/L	0,1	1,5	-	<0,10	1,7	<0,10	-	0,23	<0,10	<0,10	0,56	-	-	-
Manganês	mg/L	0,002	0,1	-	<0,002	0,01	0,005	-	0,01	<0,002	<0,002	0,004	-	-	-
Mercúrio	mg/L	2E-04	0,001	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,05	1,5	-	<0,05	0,13	0,26	-	0,09	<0,05	<0,05	0,09	-	-	-
Nitrato (como N)	mg/L	0,02	10	-	<0,02	<0,02	0,03	-	0,11	<0,02	0,03	<0,02	-	-	-
Nitrito (como N)	mg/L	0,005	1	-	<0,005	<0,005	0,02	-	0,04	<0,005	0,04	0,02	-	-	-
Odor	mg/L	-	-	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	-	-	-
Oxigênio	mg/L	0,1	-	-	2,1	2,2	2,2	-	2,3	3,2	2,92	2,7	-	-	-

PARÂMETRO	UNIDADE	LQM	VMP	Ponto 07				Ponto 08				Ponto 09				
				Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	
Dissolvido																
pH	UpH	0,1	6 – 9,5	-	4,91	4,97	5,12	-	6,47	5,73	5,79	6,39	-	-	-	-
Potencial Redox	mV	4	-	-	338	283	265	-	206	254	258	198	-	-	-	-
Salinidade	‰	0,1	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,2	0,1	0,1	0,2	-	-	-	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1	1000	-	87	78	11	-	207	176	203	252	-	-	-	-
Selênio	mg/L	0,01	0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-	-
Sódio	mg/L	0,01	200	-	3,8	4,96	3,36	-	56,9	8,1	34,9	16,4	-	-	-	-
Sulfato	mg/L	2	250	-	2,3	<2,0	<2,0	-	5,6	<2,0	<2,0	15,8	-	-	-	-
Sulfeto Total	mg/L	0,03	0,05	-	<0,03	<0,03	<0,03	-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	-	-	-	-
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,04	0,5	-	<0,04	<0,04	<0,04	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	-	-	-	-
Temperatura da Água	°C	-	-	-	26,7	28	27,6	-	29,5	30,1	30,4	29,2	-	-	-	-
Temperatura do Ar	°C	-	-	-	27	36,2	29,2	-	25,9	35,1	32,2	32,7	-	-	-	-
Turbidez	UNT	0,02	5	-	0,6	0,7	2,75	-	0,5	0,3	0,2	0,3	-	-	-	-
Zinco	mg/L	0,001	5	-	0,01	0,04	0,01	-	0,06	0,03	0,01	0,02	-	-	-	-
Coliformes Totais	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	23	23	20	-	<1,8	<1,8	35	<1,8	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1,8	Ausente	-	<1,8	<1,8	<1,8	-	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	-	-	-	-

LEGENDA: LQM - Limite de Quantificação do Método; VMP – Valor Máximo Permitido Definido pela Portaria nº 2.914/11

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

Os resultados das amostragens realizadas assinalam, de forma geral, a ocorrência de águas de boa qualidade, com enquadramento de grande parte dos parâmetros analisados nos valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011.

Do total de parâmetros amostrados, nove ficaram abaixo do limite de quantificação do método de análise (arsênio, cádmio, chumbo, cianeto, mercúrio, sulfeto total, surfactantes, selênio e cromo).

As concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, cloreto, cobre, bário, dureza total, sódio, sulfato, zinco e os sólidos dissolvidos totais permaneceram condizentes com os limites estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, ao longo de todo o ciclo hidrológico.

Outros parâmetros configuram-se de forma isolada e dispersa nas amostragens com índices acima do Valor Máximo Permitido, conforme determina a Portaria nº 2.914/2011. Este grupo integra o antimônio com uma ocorrência no Ponto 06 - Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 - Hotel (0,38 mg/L); o alumínio, com extrapolações verificadas nos Pontos 06 e 09 - Itaituba - Conjunto de 12 casas (0,25 mg/L); a cor aparente, com uma incidência verificada no Ponto 07 - Itaituba – Buburé – hotel e restaurante (40 mgPt/L); turbidez também no Ponto 07 (8,63 NTU); fluoreto no Ponto 01 - Trairão - Três Bueiras – Escola Calim Miguel dos Anjos (1,85 mg/L), no Ponto 03 - Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú (1,54 mg/L), no Ponto 06 (2,8 mg/L) e no Ponto 07 - (1,70 mg/L); manganês no Ponto 06 (0,15 mg/L).

A seguir, apresenta-se uma síntese das principais variáveis analisadas nas amostras coletadas, possibilitando estabelecer uma comparação entre os poços amostrados na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós. Na representação gráfica, a linha tracejada vermelha representa o valor máximo permitido pela Portaria nº 2.914/2011.

- **Temperatura da Água**

As temperaturas da água medidas durante a coleta variaram de 26,0°C (Ponto 03 - Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú) a um máximo de 34,1°C no Ponto 04 - Itaituba – Frigorífico Frivata, que constitui o poço mais profundo amostrado, ambos os resultados foram registrados durante o período de seca, como ilustra o **Gráfico 7.1.1.1.3.5/01**. As águas subterrâneas apresentam pequena amplitude térmica, já que não são influenciadas pelas mudanças da temperatura atmosférica.

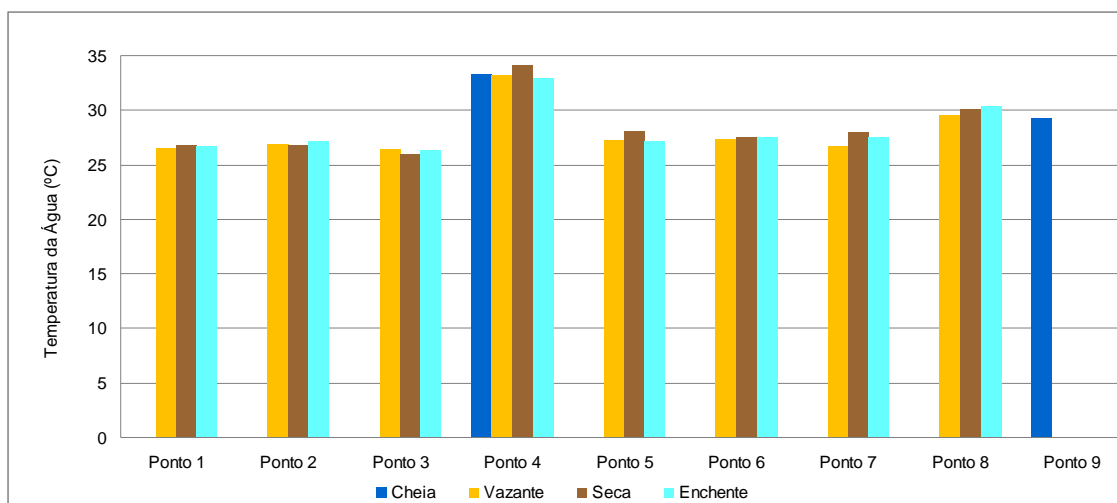


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/01 - Temperatura da Água (°C) - Ciclo Hidrológico 2012.

• Condutividade

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na em eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica, havendo uma relação de proporcionalidade entre condutividade e salinidade das águas.

Nos poços selecionados, os índices de condutividade apresentaram ampla faixa de variação, permitindo estabelecer dois padrões distintos em função dos aquíferos associados como ilustra o **Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/02**.

Amostragens com índices mais elevados foram verificados em cinco poços (Ponto 01 - Trairão - Três Bueiras – Escola Calim Miguel dos Anjos, Ponto 03 - Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú, Ponto 04 - Itaituba – Frigorífico Frivata, Ponto 08 - Itaituba – Hotel Apicás e Ponto 09 - Itaituba – Conjunto de 12) com valores variando entre 221 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 01), durante o período de seca, e 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 09), durante o período de cheia.

No segundo grupo de amostragens foram verificados índices sensivelmente mais reduzidos em quatro poços (Ponto 02 - Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós; Ponto 05 – Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências; Ponto 06 – Itaituba – Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice e Ponto 07 - Itaituba – Buburé – hotel e restaurante), com valores variando entre 18,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 07) e 86,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ponto 02), ambos verificados no período de vazante.

Os valores relativamente mais elevados encontrados nos Pontos 08 e 09 podem estar associadas às rochas carbonáticas da Formação Itaituba, que se caracterizam por apresentar níveis mais altos de salinidade e condutividade.

Os Pontos 01, 02 e 06 captam água do embasamento cristalino, associada às rochas granitoides com aquífero do tipo fissural, e que se caracterizam normalmente por apresentar baixa condutividade e salinidade.

Mesmas condições são válidas para os Pontos 03 e 04, que também captam água do embasamento cristalino, porém apresentando um nível relativamente mais elevado de condutividade, podendo refletir a presença de lentes de materiais carbonáticos de fácil solubilização.

As águas dos Pontos 05 e 07 foram obtidas de cacimbas e as condutividades são relativamente mais reduzidas em função da proximidade destes poços com o rio Tapajós.

Não há limites estabelecidos na legislação para este parâmetro.

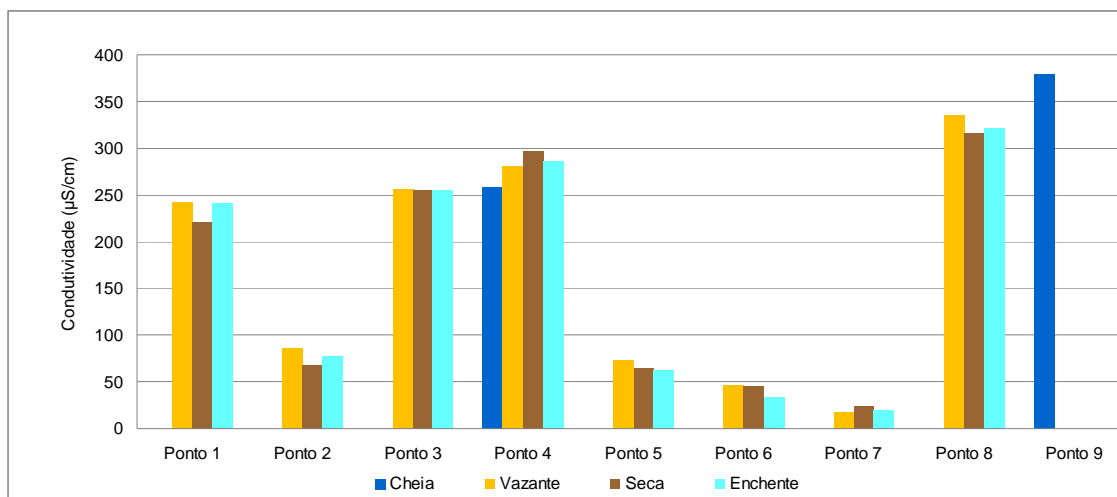


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/02 – Condutividade (µS/cm) – Ciclo Hidrológico 2012.

- pH**

É a medida da concentração de íons hidrogênio na água. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade.

A Portaria nº 2.914/2011 estabelece para o pH índices entre 6 e 9,5 UpH. As amostragens revelam águas ácidas a ligeiramente alcalinas, com pH variando entre 3,84 UpH, no Ponto 06 - Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice, durante período de vazante e 7,62 UpH no Ponto 04 - Itaituba – Frigorífico Frivata, na campanha de enchente.

Foram verificados índices de pH abaixo da faixa regulamentada em cinco poços amostrados (Ponto 02 - Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós, Ponto 05 -

Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências, Ponto 06 - Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice, Ponto 07 - Itaituba – Buburé – Hotel e Restaurante e Ponto 08 – Itaituba – Hotel Apiacás), conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/03**.

Os Pontos 05 e 07 amostrados nas cacimbas aferem as condições do aquífero sub-superficial assemelhando às condições observadas no rio Tapajós.

Os Pontos 03 e 04 conferem um padrão de comportamento análogo, com uma tendência comum de apresentar águas com índices de pH levemente básicos.

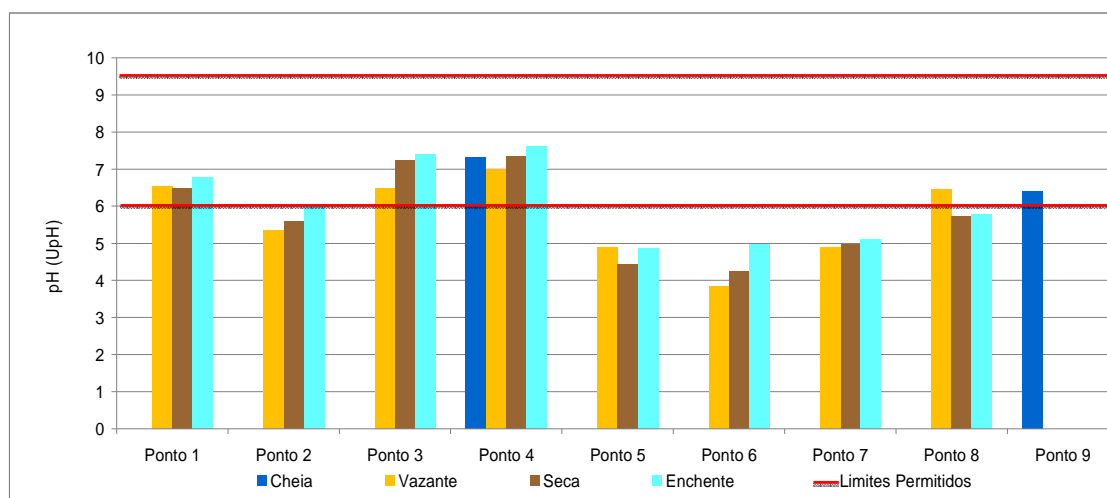


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/03 – Índice do pH (UpH) – Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valores Mínimo e Máximo Permitidos Definidos pela Portaria nº 2.914/11 (6,0 a 9,5 UpH).

• Ferro

É um elemento quase sempre presente em águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L. Suas fontes são minerais escuros (máficos) como magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas, a presença do ferro quase sempre é acompanhada pelo manganês. O ferro no estado ferroso (Fe^{2+}) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos.

Em ambientes oxidantes, este íon origina o hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de ferro ao saírem dos poços são geralmente incolores, mas, ao entrarem em contato com o oxigênio do ar, assumem uma tonalidade amarelada.

A Portaria nº 2.914/2011 estabelece concentração máxima de ferro igual a 0,3 mg/L. Foi identificada a presença de ferro em todas as amostragens realizadas, com índices

variando entre 0,03 mg/L (Ponto 05 - Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências), durante a campanha de vazante, e 1,34 mg/L (Ponto 07 - Itaituba – Buburé – Hotel e Restaurante), durante a campanha de seca. Teores acima do limite máximo permitido foram verificados em 6 pontos de coleta conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/04**, possivelmente associado aos processos de laterização comum na região Amazônica.

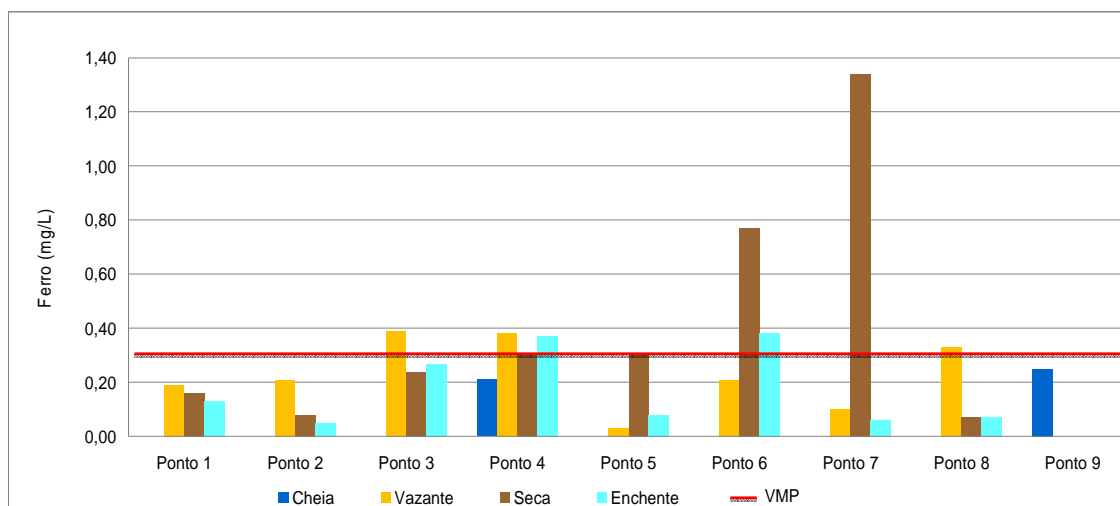


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/04 – Concentração de Ferro (mg/L) – Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Portaria nº 2.914/11 (0,3 mg/L)

• Fluoreto

De acordo com Alves (1986) *apud* Martins Netto *et al.* (2004), nas águas subterrâneas a concentração de fluoreto varia de <1 a 25 mg/L, ou mais, dependendo de fatores geológicos, químicos e físicos da área onde esta água se localiza. A Portaria nº 2.914/2011 estabelece concentração máxima de fluoreto igual a 1,5 mg/L.

Concentrações de fluoreto acima do valor regulamentado foram verificados em quatro pontos de amostragens, respectivamente no Ponto 01 - Trairão - Três Bueiras – Escola Calim Miguel dos Anjos (1,85 mg/L), Ponto 03 - Trairão – Escola Municipal Laudelino Baú (1,54 mg/L), Ponto 06 - Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice (2,8 mg/L) e Ponto 07 - Itaituba – Buburé – Hotel e Restaurante (1,7 mg/L), possivelmente decorrente da contribuição química das rochas de natureza granitoides.

Nos Pontos 02 (Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós) e 05 (Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências), as concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação do método (0,1 mg/L), em todas as campanhas, conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/05**.

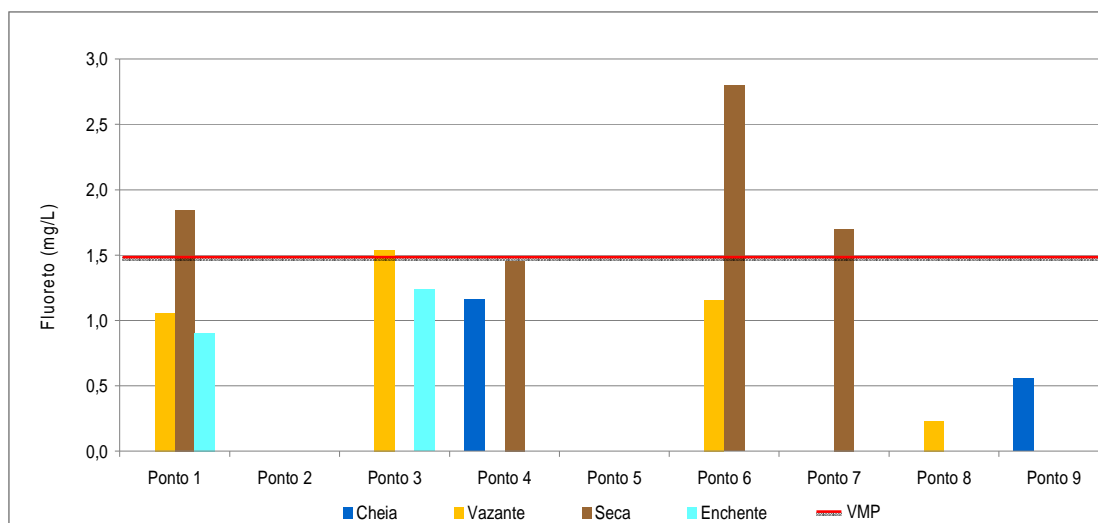


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/05 – Concentração de Fluoreto (mg/L) – AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.

LEGENDA: VMP – Valor Máximo Permitido pela Portaria nº 2.914/11 (1,5 mg/L)

• Parâmetros Bacteriológicos

Os coliformes totais representam, em cada amostra, a soma dos coliformes de origem fecal e não fecal, sendo este último associado aos materiais em decomposição nos solos e no ambiente aquático.

Coliformes termotolerantes (fecal) são bactérias presentes nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, constituindo importante indicador da existência de microorganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. A bactéria *Escherichia coli* é integrante do grupo de coliformes termotolerantes, sendo a mais indicada para determinação de contaminação fecal (CETESB, 2013). Para os parâmetros bacteriológicos coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, a Portaria nº 2.914/2011 estabelece ausência destes constituintes.

Os coliformes totais, de forma geral, foram constatados em baixas concentrações, com valores variando entre 10 NMP/100 mL (Ponto 06 - Itaituba - Rodovia Transamazônica, km 180 – Hotel e Restaurante Frigideira da Nice), durante o período de enchente, e 1.600 NMP/100 mL (Ponto 05 - Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências), durante a campanha de vazante. Em alguns pontos, foram verificados resultados inferiores ao limite de quantificação do método (<1,8 NMP/100 mL), conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/06**.

Foram detectadas concentrações de coliformes termotolerantes variando entre 23 NMP/100 mL (Ponto 04 - Itaituba – Frigorífico Frivata) e 240 NMP/100 mL (Ponto 05 -

Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências), sendo que a maior parte dos resultados obtidos estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico (<1,8 NMP mL).

Mesma condição foi observada para a *Escherichia coli*, com sua identificação também em três pontos, com índices compreendidos entre 23 NMP/100 mL (Pontos 06 e 04) e 240 NMP/100 mL (Ponto 05).

Dos pontos monitorados, verifica-se que o Ponto 05, com captação tipo cacimba, foi o único que evidenciou índices mais elevados dos constituintes bacteriológicos e, de forma isolada, na campanha desenvolvida no período de vazante.

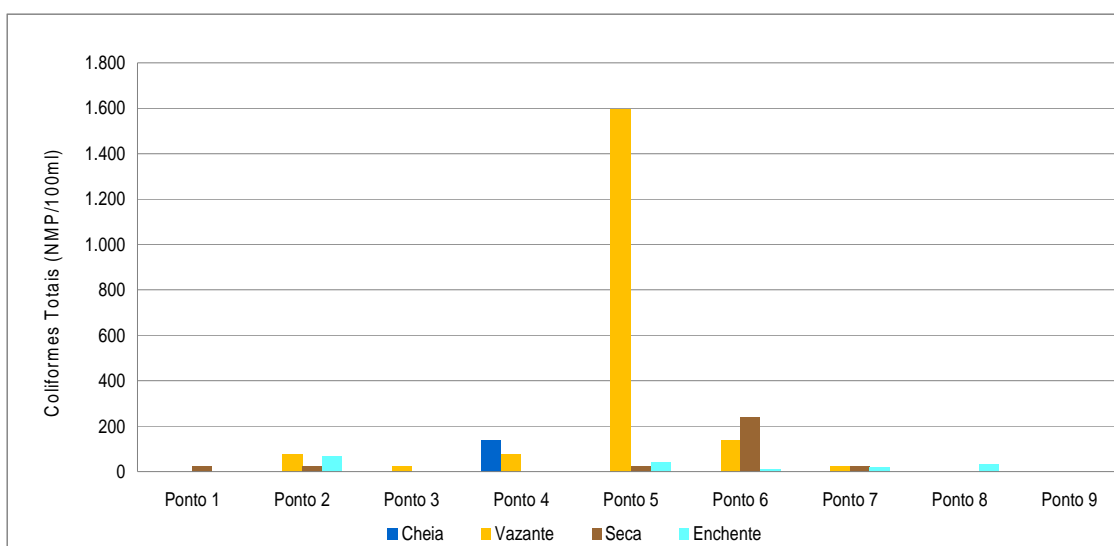


Gráfico 7.4.1.1.3.5.1/06 – Concentração de Coliformes Totais – AHE São Luiz do Tapajós, Ciclo Hidrológico 2012.

• Análises Multivariadas – Águas Subterrâneas

As análises multivariadas para as águas subterrâneas, considerando as quatro campanhas realizadas no ano de 2012, mostraram correlação positiva forte e moderada entre a condutividade e os íons sódio e cloreto, respectivamente, havendo também associação positiva forte desse parâmetro com a dureza total e com sólidos dissolvidos totais, que são constituintes determinantes na condutividade elétrica no meio aquoso.

O conteúdo de sólidos dissolvidos totais resultou em correlação positiva forte com a dureza total e positiva moderada com o grau de salinidade e de pH dos poços amostrados.

O íon fluoreto manteve correlação positiva moderada com o ferro e com o teor de sólidos dissolvidos totais, apontando sua origem na constituição litológica regional. O ferro também apresentou correlação positiva forte com o manganês, condicionados pelo perfil laterítico, caracterizado por ser rico em ferro, geralmente associado ao manganês (**Quadro 7.4.1.1.3.5.1/04**).

Quadro 7.4.1.1.3.5.1/04 - Análise Multivariada das Águas Subterrâneas

Parâmetro		Correlações Gerais	
		r	p
Condutividade Elétrica	Sódio	0,60	0,00
	Cloreto	0,44	0,03
	Dureza Total	0,67	0,00
	Sólidos Dissolvidos Totais	0,67	0,00
Sólidos Dissolvidos Totais	Dureza Total	0,62	0,00
	Salinidade	0,45	0,02
	pH	0,42	0,03
Fluoreto	Sólidos Dissolvidos Totais	0,42	0,03
	Ferro	0,47	0,02
Ferro	Manganês	0,63	0,00

LEGENDA: r: coeficiente de correlação de Spearman; p: nível de significância estatística (em negrito constam os valores de $p < 0,05$). Classificação dos valores de correlação - fraca: $0,10 \leq r \leq 0,29$, moderada: $0,30 \leq r \leq 0,49$, forte: $0,50 \leq r \leq 1,00$.

7.4.1.1.3.5.2 Considerações Finais

Em termos qualitativos, os resultados das amostragens realizadas assinalam, de forma geral, água de boa qualidade, com enquadramento de grande parte dos parâmetros analisados dentro dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 2.914/2011.

Do total de parâmetros amostrados, nove ficaram abaixo do limite de quantificação do método de análise (arsênio, cádmio, chumbo, cianeto, mercúrio, sulfeto total, surfactantes, selênio e cromo). As concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, cloreto, cobre, bário, dureza total, sódio, sulfato, zinco e os sólidos dissolvidos totais permaneceram condizentes com os limites estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, ao longo de todo o ciclo hidrológico.

Esses resultados mostram que as águas analisadas são isentas de contaminantes químicos que possam afetar a saúde humana. Os baixos teores de compostos

nitrogenados, especialmente amoniacaais, indicam que não houve alteração nos padrões de potabilidade em função da eventual infiltração de efluentes domésticos orgânicos.

Teores de ferro acima dos padrões legais vigentes foram encontradas em algumas amostras coletadas nos poços tubulares profundos (Pontos 03, 04, 06, 08) e cacimbas (Pontos 05 e 07). Esses resultados estão possivelmente associados à formação laterítica naturalmente encontrada na Amazônia, que geralmente apresenta altas concentrações de ferro, acompanhado também de alumínio.

Outros parâmetros configuram-se de forma isolada e dispersa nas amostragens com índices superiores ao Valor Máximo Permitido, conforme determina a Portaria nº 2.914/2011. Este grupo integra: o antimônio com uma ocorrência no Ponto 06; o alumínio, com extrapolações verificadas nos Pontos 06 e 09; a cor aparente, com uma incidência verificada no Ponto 07; turbidez, também no Ponto 07; fluoreto, nos Pontos 01, 03, 06 e 07; manganês no Ponto 06. As maiores incidências de não conformidades no Ponto 07 podem ser atribuídas, conforme citado, pelas condições mais precárias observadas nas instalações dessa cacimba.

Os poços profundos 1, 2, 3 e 6 encontram-se perfurados no domínio do embasamento cristalino com potencialidade aquífera de muito baixa a nula e vazão do tipo fissural. Estes poços, de modo geral, tem o aquífero condicionado as fraturas onde é comum encontrar teores mais elevados de salinidade e consequente alta condutividade.

Estas rochas são comumente portadoras do mineral fluorita, o que justifica a sua presença em algumas amostragens.

Registrou-se a presença de coliformes totais em quatro poços amostrados, respectivamente: Ponto 02 - Trairão – Jamanxinzinho – Madeireira Tapajós; Ponto 06 (Itaituba – Rodovia Transamazônica, km 180) e Ponto 07 (Itaituba – Buburé – Hotel e Restaurante) e, principalmente, no Ponto 05 (Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências), no qual foi detectado o valor mais expressivo desse indicador na campanha de vazante. Nos demais pontos de amostragens, as incidências deste constituinte bacteriológico ocorreram de forma aleatória.

Os coliformes totais (não fecais) geralmente estão associados a detritos diversos, que propiciam o crescimento de bactérias de vida livre. Na rede de amostragem adotada, os Pontos 05 e 07 são os mais suscetíveis à presença de coliformes, pois representam cacimbas caracterizadas por coberturas improvisadas, o que favorece a introdução de folhagens, de partículas sólidas e, eventualmente, de dejetos de aves e de outros animais domésticos criados nas zonas rurais, que podem resultar também na presença de coliformes termotolerantes e *E. coli* nas amostras.

Nos poços analisados foram observadas baixas concentrações de coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli* no Ponto 04 (Itaituba – Frigorífico Frivata), no Ponto 05 (Trairão – Pimental – Pequeno Comércio e Residências) e no Ponto 06 (Itaituba – Rodovia Transamazônica, km 180) no período de vazante, não repetindo estes episódios nas campanhas de seca e enchente.

As águas subterrâneas mostram em geral baixos índices de pH da água, principalmente nas coletas realizadas no Ponto 06, onde foram revelados níveis de acidez mais elevados, com pH variando entre 3,8 e 5 UpH.

Outra característica das águas subterrâneas amostradas refere-se aos altos índices de salinidade nas coletas realizadas nos Pontos 01, 03, 04, 08 e 09. Condições mais severas foram registradas nos Pontos 08 e 09, distinguindo-se dos demais poços profundos monitorados devido aos maiores índices de dureza total, condutividade e concentração de cloreto.

Os poços profundos 4, 8 e 9 encontram-se perfurados no domínio das rochas sedimentares da bacia do Amazonas na área das rochas paleozóicas com níveis portadores de material carbonático e evaporítico o que resulta em elevada salinidade e correspondente condutividade.

Os demais parâmetros avaliados estão em consonância com a Portaria nº 2.914/2011.

Com relação aos diferentes usos das águas subterrânea da AID/ADA do AHE São Luiz do Tapajós, nenhum registro de “Outorga de Uso das Águas Subterrâneas” foi constatado durante as consultas realizadas junto a ANA (outubro de 2012, julho de 2013 e outubro de 2013) e a SEMA/PA (fevereiro de 2014).

No entanto, a partir dos levantamentos de campo verificou-se que os equipamentos de captação para água subterrânea no âmbito da AID/ADA referem-se à utilização predominante de cacimbas, além de um poço tubular profundo na nucleação do km 180 da BR-230.

As cacimbas ocorrem predominantemente ao longo do rio Tapajós, concentrando-se junto às nucleações lindeiras à calha fluvial, com profundidades variando entre 3 e 11 metros. Nas nucleações localizadas principalmente ao longo da BR-163, as profundidades das cacimbas variam entre 5 e 18 metros.

Os usos das águas das cacimbas são dirigidos predominantemente para atendimento ao consumo humano e atividades domésticas. São águas em geral de boa qualidade e, na maioria dos casos, são consumidas sem nenhum tipo de tratamento. A disponibilidade hídrica das cacimbas é diretamente influenciada pelas condições de

sazonalidade das precipitações e/ou pelo regime fluvial dos cursos d'água situados nas proximidades.

As amostragens realizadas nas cacimbas nas localidades de Buburé e Pimental atestam que os valores mais elevados de ferro encontrado nas amostragens provem do perfil laterítico rico em ferro.

Os poços tubulares profundos foram constatados ao longo das principais nucleações existentes ao longo da BR-163. Na BR-230 foi constatada a existência de um único poço profundo. Esses poços têm por finalidade o suprimento de água às serrarias, posto de combustível e restaurante, havendo também situações de captações voltadas para distribuição à população. No geral, as águas dos poços profundos são de boa qualidade, porém não raras vezes, apresentam alta salinidade.

Não se dispõem de informações sobre produtividade dos poços profundos. No entanto, os levantamentos de campo apuram que os mesmos atendem plenamente as demandas de consumo solicitadas, considerando que o suprimento atende pequenos núcleos urbanos, bairros, atividades comerciais e industriais particulares, a exemplo dos poços de combustíveis, serrarias e matadouros existentes na região.

Em algumas situações a perfuração destes poços revelou-se infrutífera como é o caso do poço perfurado na localidade de Caracol, que não apresentou água. No caso de Itaituba, a perfuração de um poço profundo revelou-se insuficiente para a demanda prevista.

Com relação às demandas futuras de água subterrânea, há uma tendência de maior utilização de água subterrânea nas localidades situadas no município de Trairão, mais especificamente ao longo da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém), onde a disponibilidade de água proveniente dos mananciais superficiais é relativamente menos expressiva e/ou distante dos potenciais usuários. Esta questão é observada hoje na região urbana de Trairão e localidades pertencentes a esta municipalidade, como Jamanxinzinho e Três Bueiras.

7.4.1.1.4 Hidrossedimentometria

Neste tema são abordados os aspectos relacionados ao transporte de sedimentos, com o levantamento de informações e tratamento numérico de dados visando a formulação de subsídios necessários as análises relacionadas a vida útil do empreendimento e os processos de assoreamento que poderão ocorrer no estirão do reservatório e os possíveis efeitos a jusante.

Neste estudo procurou-se caracterizar as condições de rio natural, onde o comportamento sedimentométrico é aferido em função do regime de vazões, com a definição dos elementos básicos necessários ao desenvolvimento dos estudos de modelagem matemática.

No **Anexo Geral 7.3.1.2/03 (Volume 2 e Volume 3 – Anexos Gerais)** são apresentadas as informações mais detalhadas referentes aos levantamentos dos dados hidrossedimentométricos.

7.4.1.1.4.1 Aspectos Gerais, Dados Utilizados e Metodologia

Para o desenvolvimento dos estudos de sedimentos procedeu-se ao levantamento de dados e informações considerando-se as diversas fontes de consultas e as derivadas dos levantamentos hidrossedimentométricos desenvolvidos no âmbito dos estudos de viabilidade do aproveitamento do AHE São Luiz do Tapajós.

7.4.1.1.4.1.1 Dados Utilizados

Compreendem as informações hidrossedimentométricas disponíveis nas estações operadas pela Agência Nacional de Águas – ANA e dados de campanhas de levantamento hidrossedimentométrico de campanhas consideradas no âmbito dos estudos de inventário e viabilidade do AHE São Luiz do Tapajós.

- **Dados Hidrossedimentométricos de Estações Operadas pela Agência Nacional de Águas – ANA**

Abrangem as informações relacionadas as campanhas de medições de descarga líquida e sólida, levantamento de perfis transversais, leituras de régua limnimétrica e de vazões médias diárias.

Em função da necessidade de aferir uma curva chave de sedimento para o local do barramento do AHE São Luiz do Tapajós, a coleta incluiu dados de estações situadas também fora da Área de Influência Direta, tendo por objetivo a formalização de uma base de informações mais ampla nos estudos de regionalização. Deste modo, as análises consideram também as estações situadas nas bacias dos rios Teles Pires e Juruena conforme discriminado no **Quadro 7.4.1.1.4.1.1/01** e espacializadas na Figura 7.3.1.2.2.1/01 – Estações Fluviométricas de Interesse Operadas pela ANA, apresentada no sub item 7.3.1.2.2.1 – Aspectos Gerais, Dados Utilizados e Metodologia – Água Superficiais do item 7.3.1.2.2 Água Superficial da All.

Quadro 7.4.1.1.4.1.1/01 - Estações Fluviométricas da Agência Nacional de Águas - ANA.

Código ANA	Estação	Curso d'água	Município	UF	Número de Medições	Área de Drenagem (km ²)	Localização		Período de Análise
							Latitude	Longitude	
17730000	Itaituba	Tapajós	Itaituba	PA	49	458.000	04°16'32"	55°58'56"	1992/2011
17650000	Jatobá	Tapajós	Itaituba	PA	19	387.378	05°09'09"	56°51'14"	1977/1982
17430000	Barra do São Manuel Jusante	Tapajós	Borba	AM	86	333.000	7°20'23"	58°09'19"	1996/2011
17093000	Fontanilhas	Juruena	Juína	MT	78	55.900	11°21'30"	58°20'34"	1996/2012
17120000	Porto dos Gaúchos	Arinos	Porto dos Gaúchos	MT	32	37.100	11°32'12"	57°25'25"	1996/2012
17380000	Jusante Foz Peixoto de Azevedo	Teles Pires	Alta Floresta	MT	22	81.600	9°38'26"	56°01'10"	1996/2012

FONTE: ANA, 2013.

• Campanhas de Levantamento Hidrossedimentométrico

No âmbito dos estudos ambientais do AHE São Luiz do Tapajós foi estabelecida uma rede de amostragem hidrossedimentométrica, com a definição de 12 pontos de medição e coleta de amostras de sedimentos distribuídas estrategicamente nos cursos dos rios Tapajós e Jamanxim e principais contribuintes laterais. As campanhas constaram de quatro levantamentos hidrossedimentométricos desenvolvidas no decorrer do ano de 2012 e início do ano de 2013, considerando os períodos de cheia, vazante, seca e enchente.

No **Quadro 7.4.1.1.4.1.1/02** é apresentada a localização dos pontos que compõem a rede de amostragem hidrossedimentométrica e no **Mapa 7.4.1.1.4/01 – Seções e Estações Hidrossedimentométricas (Volume 9 – Mapas)** é apresentada a distribuição espacial destes pontos.

Na seleção dos pontos de amostragens foram considerados os seguintes critérios:

• Curso do Tapajós

- Definição de pontos de amostragens estratégicos no curso do Tapajós, estabelecidos a montante da linha de remanso do reservatório, assim como próximo ao eixo do AHE São Luiz do Tapajós, procurando mensurar o aporte e a saída de sedimento nos pontos extremos da região a ser ocupada pelo reservatório. Nestes propósitos foram estabelecidos os pontos de amostragens

CT-7A e CT-6A localizados a montante do reservatório e o Ponto CT-4 próximo ao local do eixo do empreendimento.

Quadro 7.4.1.1.4.1.1/02 – Rede de Amostragem Hidrossedimentométrica.

Pontos	Curso d'Água	Coordenadas UTM (Fuso 22)	
		Leste	Norte
TR-6 ou Crepori	Crepori	468.195	9.362.238
CT-7A	Tapajós	465.212	9.372.156
Bom Jardim ou Bacabal	Bacabal	486.753	9.382.543
TR-5A ou Ratão	Ratão	506.810	9.411.156
CT-6A	Tapajós	506.791	9.421.404
Jamanxim Montante	Jamanxim	560.586	9.444.462
PR-5	Jamanxim	562.009	9.470.854
TR-7	Jamanxinzinho	560.222	9.456.228
TR-2A ou Tucunaré	Tucunaré	579.312	9.485.656
CT-4	Tapajós	578.645	9.492.738
Curral	Tapajós	582.234	9.513.899
Itaituba	Tapajós	614.151	9.525.936

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012.

- No trecho a jusante do eixo do AHE São Luiz do Tapajós, foram considerados pontos de amostragens em duas praias utilizadas pela população local como área de lazer, respectivamente a praia do Curral situada mais próxima do eixo do aproveitamento e Itaituba próxima a zona urbana deste município, onde o rio Tapajós é influenciado pelo efeito de remanso propagado pelo rio Amazonas.

- **Tributários afluentes**

- Dimensão das bacias contribuintes laterais, sendo consideradas as de maior área de abrangência e que vem aferir maior participação nos processos hidrossedimentométricos. Dentre estes tributários, destaca-se o rio Jamanxim, que em função da dimensão de sua bacia contribuinte, definiram-se dois pontos de amostragens: um localizado a montante próximo a linha do remanso do reservatório do AHE São Luiz do Tapajós (Ponto Jamanxim Montante) e outro próximo a foz deste tributário no rio tapajós (Ponto PR-5). Dentre outros tributários considerados neste critério, citam-se: Crepori (Ponto TR-6 ou Crepori), Ratão (Ponto TR-5A ou Ratão) e Jamanxinzinho (Ponto TR-7).
- Condições de uso e ocupação do solo das bacias contribuintes e em especial aquelas onde são desenvolvidas as atividades garimpeiras, geradoras de expressivas cargas de sedimentos em suspensão. Dentre estes tributários

destacam-se os rios Creporí (Ponto TR-6 ou Creporí), Bom Jardim (Ponto Bom Jardim ou Bacabal) e Ratão (TR-5A ou Ratão) e

- Contribuintes laterais formadores de grandes braços tributários do reservatório a exemplo do rio Tucunaré (TR-2A ou Tucunaré).

Na microlocalização destes pontos, procurou-se sempre que possível, posicioná-las próximas dos locais de amostragem de qualidade da água, de forma permitir integração entre as informações relacionadas a estes dois temas. Neste grupo de amostragens inserem-se os seguintes pontos: TR-6, CT-7A, TR-5A, CT-6A, PR-5, TR-7, TR-2A, CT-4.

As campanhas de amostragens de campo ocorreram em períodos distintos do ano com intuito de aferir o comportamento sedimentométrico sazonal em diferentes condições hidrológicas, traduzidas com o desenvolvimento de quatro campanhas de campo. A primeira campanha de levantamento hidrossedimentométrico foi desenvolvida no período de 28/04/2012 a 02/05/2012 (cheia). A segunda no período 10/07/2012 a 14/07/2012 (vazante). A terceira no período 17/10/2012 a 21/10/2012 (seca) e a quarta entre 17/01/2013 a 21/01/2013 (enchente).

As campanhas incluíram levantamento batimétrico de seções transversais, medição de velocidade de escoamento, coletas de amostras de sedimentos em suspensão visando determinação da descarga sólida e coleta de amostras de sedimentos de fundo e suspensão para fins de realização de análise de classificação granulométrica.

Em particular para os cursos do Creporí (Ponto TR-6), Ratão (Ponto TR-5A) e Tucunaré (Ponto TR 2A), os levantamentos incluíram medições de descarga líquida e sólida.

7.4.1.1.4.1.2 Metodologia

7.4.1.1.4.1.2.1 Procedimentos de Campo

A seguir são apresentados os procedimentos de campo praticados durante os trabalhos de amostragens realizadas no ano de 2012, com a realização de medições e coleta de amostras em diferentes locais representativos do recurso hídrico.

No **Quadro 7.4.1.1.4.1.2.1/01** são contabilizadas as quantidades totais de amostragens, levantamentos e tipos de medições realizadas nas quatro campanhas de levantamento hidrossedimentométrico.

Quadro 7.4.1.1.4.1.2.1/01 – Quantidades de Material Coletado em Campo.

Tipos de Análise	Quantidade
Concentração dos sedimentos em suspensão	248
Curva granulométrica de sedimentos em suspensão	48
Curva granulométrica de sedimentos de fundo	84
Levantamento batimétrico de seção transversal	48
Medição de velocidade de escoamento	40
Medição de Descarga Líquida	12

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

As campanhas hidrossedimentométricas abrangeram os seguintes tipos de amostragens:

- **Levantamento Batimétrico de Seção Transversal** - Os trabalhos de campo contemplaram, em cada período da campanha, o levantamento batimétrico de 12 seções transversais;
- **Coleta de Sedimento em Suspensão** - Teve por objetivo avaliar a variação da concentração dos sólidos suspensos ao longo do perfil de profundidade no ponto de medição. Neste propósito foram realizadas coletas individualizadas de sedimento em suspensão em 5 níveis de profundidades, respectivamente: a 20%, a 40%, a 60%, a 80% e a 0,20m acima do fundo do rio;
- **Determinação da Velocidade de Escoamento** – Baseada na mesma sistemática descrita anteriormente, foram realizadas medições da velocidade de escoamento da água ao longo do perfil de profundidades nesses mesmos pontos e nas 5 profundidades. Neste processo foi procedida a coleta de sedimentos em suspensão, visando aferir as variações da velocidade da água em função da profundidade e permitir estabelecer uma correlação entre a velocidade de escoamento e a concentração de sedimento em suspensão;
- **Coleta de Amostras de Sedimento de Fundo** – Foram realizadas coletas de amostras de sedimento do leito do rio objetivando a realização de análise voltada a classificação granulométrica;
- **Coleta de Amostras de Sedimento em Suspensão** – Esse tipo de amostragem visou a realização de análises voltadas classificação granulométrica dos sedimentos em suspensão; e
- **Medições de Descarga Líquida e Sólida** – As campanhas de medições de descarga líquida e sólida foram desenvolvidas nos cursos dos rios Creporí, Ratão e

Tucunaré, visando estabelecer as produtividades hídricas e sólidas nestes três tributários.

7.4.1.1.4.1.2.2 Metodologia Adotada nos Ensaios Laboratoriais

A seguir são apresentados os aspectos metodológicos adotados nas análises laboratoriais e processamento dos dados hidrossedimentométricos obtidos das campanhas de campo, com a determinação das análises granulométricas dos sedimentos de fundo e em suspensão e concentração sólida.

7.4.1.1.4.1.2.2.1 Concentração do Material Sólido em Suspensão

Para a determinação da concentração do material sólido em suspensão foi adotado o método da filtração por gravidade (DNAEE, 1970). Esse tipo de análise, para determinação da concentração total é recomendado pela rapidez de operação e simplicidade de equipamento apresentando relativa precisão.

O método não exige na sua operação correção para sais dissolvidos, porque estes passam pelo filtro, deixando somente o material sedimentado, embora uma parcela diminuta de sal fique retida com a umidade.

7.4.1.1.4.1.2.2.2 Análise Granulométrica

Foram realizadas análises granulométricas das amostragens obtidas das coletas dos sedimentos de fundo e em suspensão, que foram classificadas de acordo com as faixas de diâmetro granulométrico estabelecidas pela “American Geophysical Union”.

- **Material de Fundo**

A metodologia usada foi a do peneiramento, seguindo as normas da ABNT para análise granulométrica de solos, NBR 7181.

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada.

Inicialmente, as amostras recebidas de campo são identificadas e colocadas em bandejas de alumínio visando a sua secagem ao ar livre.

Após a secagem, as mesmas são quartejadas de modo a se obter uma amostra de 500 gramas que são levadas para a estufa onde permanecem de 10 a 15 minutos a 100°C para a secagem final.

Uma vez resfriadas, as amostras são peneiradas em 02 (duas) etapas: primeiramente no conjunto das peneiras de 2,80 mm a 0,50 mm permanecendo no vibrador por 10 (dez) minutos. O restante do material que passa vai para o segundo conjunto de peneiras (de 0,355 a 0,038 mm), sendo colocado no vibrador por 25 minutos.

Terminado o peneiramento, são efetuadas as pesagens das diversas quantidades retidas em cada peneira, que se inicia da peneira de maior para a de menor diâmetro.

Os resultados das pesagens são lançados em planilhas eletrônicas que calculam automaticamente as porcentagens retidas acumuladas e os diâmetros característicos representando graficamente a correspondente curva granulométrica.

- **Material em Suspensão**

A metodologia usada foi a do Tubo de Remoção pela Base (TRB), que relaciona a dimensão do sedimento com sua velocidade de queda. Esse método, comum às análises do material de suspensão e de fundo, objetiva a determinação da granulometria e da concentração do material contido na amostra.

- **Classificação Granulométrica**

Para a classificação granulométrica utilizou-se a Tabela da American Geophysical Union que geralmente é utilizada como referência nas formulações e métodos utilizados no campo da sedimentologia. No **Quadro 7.4.1.1.4.1.2.2/01** é apresentada a classificação granulométrica proposta por esta Instituição e utilizada nos estudos do AHE São Luiz do Tapajós.

Quadro 7.4.1.1.4.1.2.2/01 - Classificação Granulométrica da *American Geophysical Union*.

Diâmetro (mm)	Denominações
64-32	Cascalho muito grosso
32 -16	Cascalho grosso
16 - 8	Cascalho médio
8 - 4	Cascalho fino
4 – 2	Cascalho muito fino
2,00 - 1,00	Areia muito grossa
1,00 – 0,50	Areia grossa
0,50 – 0,25	Areia média
0,25 – 0,125	Areia fina
0,125 – 0,0625	Areia muito fina
0,0625 – 0,031	Silte grosso
0,031 - 0,016	Silte médio
0,016 - 0,008	Silte fino

Diâmetro (mm)	Denominações
0,008 - 0,004	Silte muito fino
0,004 – 0,0020	Argila grossa
0,0020 – 0,0010	Argila média
0,0010 – 0,0005	Argila fina
0,0005 – 0,00024	Argila muito fina

FONTE: American Geophysical Union.

7.4.1.1.4.2 Apresentação e Avaliação dos Resultados Hidrossedimentométricos

Os sedimentos que compõem o leito dos cursos d'água apresentam em média uma composição granulométrica enquadrada na faixa entre a areia média e cascalho muito fino e quase ausência de sedimentos coesivos, conforme comentado na sequência.

➤ Calha do Rio Tapajós

No grupo de amostragens obtidas no rio Tapajós, respectivamente os Pontos CT-7A, CT-6A, CT-4, Curral e Itaituba, indicaram, em média, a presença de sedimentos de fundo enquadrados na categoria das areias médias com diâmetro granulométrico D_{50} variando entre 0,3 e 0,5 mm.

Foram verificadas condições diferenciadas no ponto de amostragem CT-4 que apresentou no período de cheia, sedimentos de fundo classificados como cascalho muito fino, provavelmente em função do escoamento mais turbulento verificado durante a coleta. No período da seca, verificou-se no ponto CT-7A sedimentos classificados como areia grossa.

Na quarta campanha de amostragem (enchente) não foram procedidas coletas de sedimento de fundo nos Pontos CT-6A e CT-4, apesar das diversas tentativas de lançamento da draga, onde se obteve sedimentos com faixa granulométrica classificada como cascalho muito grosso, refletindo as condições hídricas nestes pontos, de rio veiculando em regime turbulento em leito conformado em substrato rochoso.

A comparação entre as curvas granulométricas resultantes das amostragens de Curral e Itaituba revela um padrão bastante coerente de comportamento, com uma tendência natural de obter sedimentos com constituição granulométrica mais fina a medida que se dirige para jusante neste trecho de rio.

O conjunto de amostragens obtidas no rio Tapajós, assinalou uma faixa de variação granulométrica bastante estreita ao comparar as campanhas desenvolvidas nos

períodos de cheia, vazante, seca e enchente. Em média, foi identificada a presença de sedimentos em suspensão com diâmetro granulométrico D_{50} próximo de 0,008 mm.

➤ Calha do Rio Jamanxim

As amostragens revelaram um padrão granulométrico disperso com a presença de sedimentos situados na faixa granulométrica classificada como areia grossa a muito grossa característico de leito de rios com escoamento turbulento.

➤ Tributários

As amostragens realizadas nos tributários revelaram um padrão disperso de distribuição granulométrica. Nos pontos de amostragens realizadas nos rios Ratão e Bom Jardim indicaram em média, a presença de sedimentos classificados como cascalho muito fino com diâmetro granulométrico médio variando entre 3,2 e 3,5 mm, revelando uma condição alterada em função da presença das atividades garimpeiras neste curso d'água.

Para os demais tributários, as amostragens também revelaram um padrão granulométrico disperso com a presença de sedimentos situados na faixa granulométrica classificada como areia grossa a muito grossa característico de leito de rios com escoamento turbulento.

Nos sedimentos em suspensão observa-se a predominância dos sedimentos coesivos, onde as frações granulométricas enquadradas nas faixas dos siltes e argilas participam com um percentual variando entre 91 e 97%. A fração restante enquadra-se na faixa de areia muito fina.

Um padrão granulométrico pouco mais disperso é verificado nas amostragens realizadas nos tributários com diâmetro granulométrico D_{50} variando entre 0,005 e 0,008 mm.

➤ Alterações na Morfologia das Seções

As alterações ocorridas na morfologia da calha de escoamento foram aferidas através de análise visual comparativa entre os levantamentos batimétricos subsequentes de seções transversais.

Neste propósito são utilizadas as seguintes informações:

- Dados de quatro campanhas de levantamento de campo desenvolvidas no decorrer do ano de 2012 e início do ano 2013, procurando aferir as variações da

morfologia no intervalo de um ano hidrológico. No **Quadro 7.4.1.1.4.2/01** são relacionadas as seções topobatimétricas consideradas nos quatro levantamentos.

Quadro 7.4.1.1.4.2/01 – Seções Batimétricas Levantadas na Área do Reservatório.

Seção	Curso d'água	Pontos	Coordenadas UTM	
			Fuso: 22	
			E (m)	N (m)
TR-6	Crepori	MD	467.938.23	9.362.231.59
		ME	468.129.04	9.362.240.27
CT-7A	Tapajós	MD	466.397.00	9.371.083.00
		ME	465.220.00	9.372.146.00
Bom jardim	Bom Jardim	MD	486.741.95	9.382.609.98
		ME	486.718.32	9.382.632.75
TR-5A	Ratão	MD	506.834.22	9.411.010.13
		ME	506.782.27	9.410.969.06
CT-6A	Tapajós	MD	506.791.00	9.421.404.00
		ME	505.204.00	9.423.897.00
TR-7	Jamanxizinho	MD	563.074.00	9.456.320.00
		ME	563.045.00	9.456.288.00
Jamanxim montante	Jamanxim	MD	560.748.00	9.444.389.00
		ME	560.336.00	9.444.515.00
PR-5	Jamanxim	MD	561.686.00	9.470.919.00
		ME	562.257.00	9.470.835.00
TR-2A	Tucunaré	MD	579.331.00	9.485.640.00
		ME	579.320.00	9.485.616.00
CT-4	Tapajós	MD	580.774.00	9.490.711.00
		ME	578.652.00	9.492.736.00
Curral	Tapajós	MD	583.235.00	9.512.616.00
		ME	582.234.00	9.513.899.00
Itaituba	Tapajós	MD	614.937.00	9.525.159.00
		ME	612.670.00	9.572.204.00

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

- Dados da estação fluviométrica de Itaituba operada pela Agência Nacional de Águas – ANA. As informações disponíveis se resumem nos levantamentos de 5 perfis transversais desenvolvidas entre os anos de 1997 a 2005.

Na composição dos gráficos comparativos entre os levantamentos batimétricos, desconsideraram-se em alguns casos, os perfis que apresentaram grande diferenciação quanto a conformação morfológica do leito. As incorformidades verificadas refletem as dificuldades de se estabilizar o barco em um percurso pré-estabelecido, veiculando em rio com escoamento turbulento e leito em substrato rochoso, onde não raras vezes são verificadas amplas alterações de fundo.

Nesta comparação foram descartados também os levantamentos realizados fora dos pontos de amostragens em função das dificuldades de locais de acesso em função da pouca profundidade do curso d'água.

A análise do histórico dos levantamentos de perfís transversais permite aferir uma relativa estabilidade quanto as transformações ocorridas na morfologia da calha de escoamento com variações observadas na espessura de sedimento da ordem de 3,0 metros como mostram as análises das seções apresentadas no subitem 7.3.1.2.4.3 Alterações na Morfologia das Seções, do Item de Recursos Hídricos 7.3.1.2.4 Sedimentologia da All.

Com base nos quatro levantamentos realizados no ano de 2012, verifica-se que as maiores alterações morfológicas foram percebidas nas seções levantadas no curso do Tapajós. Dentre os tributários laterais, destaca-se o rio Ratão como o mais afetado por estas transformações. Os demais contribuintes assinalam uma relativa estabilidade quanto as alterações ocorridas na morfologia.

O histórico de levantamento disponibilizado pela Agência Nacional de Águas – ANA, restrita a estação fluviométrica de Itaituba e com observações realizadas no período de 1997 a 2005 afere uma condição de estabilidade no comportamento sedimentométrico, com variações percebidas na espessura do sedimento da ordem 2 metros.

➤ **Processamento das Curvas Chaves de Sedimento**

Tendo como referência os dados de medições de descarga sólida e líquida monitorada nas estações fluviométricas procedeu-se o cálculo das curvas chaves de sedimento representativas do curso do Tapajós. Na composição desta base de informação incluem os dados hidrossedimentométricos obtidos das quatro campanhas de monitoramento sedimentométrico e as obtidas durante os estudos de inventário.

Observa-se que grande parte das informações utilizadas na composição desta curva chave foi derivada das estações operadas pela Agência Nacional de Águas – ANA que detém um histórico observado bem mais extenso, conforme dados apresentados no Quadro 7.4.1.1.4.1.1/01.

No caso específico do rio Jamanxim adotou-se para curva chave o estudo de regionalização desenvolvido para o rio Tapajós que inclui dados históricos de diversas estações pluviométricas da bacia Tapajós.

- **Aspectos Metodológicos**

A partir dos dados disponíveis de descarga sólida em suspensão foram estimadas as descargas sólidas totais, através da sistemática preconizada pelo método simplificado de Colby, traduzida pelas seguintes expressões:

$$Q_{st} = Q_{sm} + Q_{nm}$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \times Q_L \times C_s$$

$$Q_{nm} = q_{nm} \times K \times L$$

onde:

Q_{st} = descarga sólida total, em t/dia;

Q_{sm} = descarga sólida medida, em t/dia;

Q_{nm} = descarga sólida não medida, em t/dia;

Q_L = descarga líquida, em m³/s;

C_s = concentração de sólido em suspensão medida, em ppm;

q_{nm} = descarga sólida não medida aproximada, em t/dia;

K = fator de correção e

L = largura do rio, em m.

O valor de Q_{nm} corresponde à descarga de arrasto somada a descarga não amostrada, sendo definida com o auxílio de ábacos a partir da velocidade média, da profundidade média, da concentração do sólido em suspensão medida e da largura da seção.

A partir da descarga sólida total, foram estabelecidas as relações funcionais sintetizadas através da regressão dos logaritmos das descargas sólidas totais sobre os correspondentes logaritmos das vazões líquidas, obtendo-se desta forma as curvas-chaves de sedimentos, expressa através da seguinte equação geral:

$$Q_{\text{sólida}} = a * (Q_{\text{líquida}})^n$$

onde:

$Q_{\text{líquida}}$ é a descarga líquida, em $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$;

$Q_{\text{sólida}}$ é a descarga sólida, em $\text{ton}/\text{dia}/\text{km}^2$;

a e n são os coeficientes resultantes do processo de correlação.

Esse procedimento de regionalização em relação à área de drenagem permite aplicar a equação obtida em qualquer local do curso do Tapajós, desde que se respeite a região de validade delimitada pelos estudos de regionalização.

- **Processamento das Curvas-chave dos Sedimentos em Suspensão**

A seguir é apresentada a equação da curva chave de sedimento definida para o trecho do rio Tapajós situado a montante do eixo do AHE São Luiz do Tapajós (alto curso do Tapajós).

A análise regional dos dados de medições de descarga sólida permitiu estabelecer uma equação de curva-chave de sedimentos a partir dos dados de medições de descarga líquida e sólida disponíveis nas estações fluviométricas consideradas nos cursos dos rios Tapajós, Teles Pires e Juruena.

A equação resultante é a seguinte: $Q_{\text{st}} = 15,7307 \times (Q_{\text{líq}})^{1,5851}$

Na **Figura 7.4.1.1.4.2/01** é apresentada a configuração da curva-chave de sedimento total, válida para o curso do Tapajós.

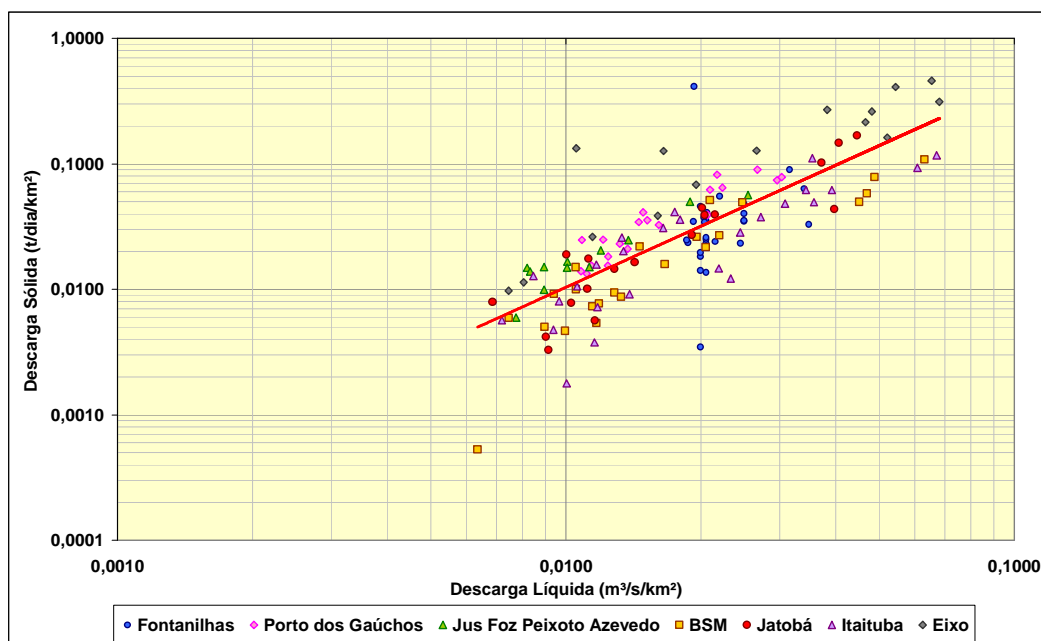


Figura 7.4.1.1.4.2/01 – Curva-chave de Sedimento Total – Alto Curso do Tapajós.

No **Quadro 7.4.1.1.4.2/02** são apresentados os volumes estimativos de descarga sólida definidas para o local do eixo do AHE São Luiz do Tapajós, com valores expressos em toneladas por mês.

Os valores foram obtidos, considerando a aplicação da série de vazões médias mensais definidas para o local do eixo do AHE São Luiz do Tapajós e referente ao período de janeiro de 1931 a dezembro de 2009, abrangendo, portanto, uma diversidade de condições hidrológicas de vazões.

Quadro 7.4.1.1.4.2/02 - Valores Estimativos da Descarga Sólida Total.

Meses	Média (ton/mês)	Máxima (ton/mês)	Mínima (ton/mês)
Jan	1.136.333	2.865.732	339.542
Fev	1.738.453	4.242.007	488.940
Mar	2.657.480	4.558.913	1.254.041
Abr	2.394.901	4.364.242	1.063.897
Mai	1.462.293	3.101.147	507.049
Jun	502.522	1.018.625	230.888
Jul	226.361	348.596	140.344
Ago	144.871	217.307	104.126
Set	122.235	176.562	95.072
Out	158.453	380.287	99.599
Nov	267.106	656.447	113.181
Dez	561.376	1.258.568	212.779
Total Anual	947.699	2.657.480	122.235

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

Na **Figura 7.4.1.1.4.2/02** é apresentado um histograma retratando a produtividade de carga sólida mínima, média e máxima na bacia expressa em ton/mês/km².

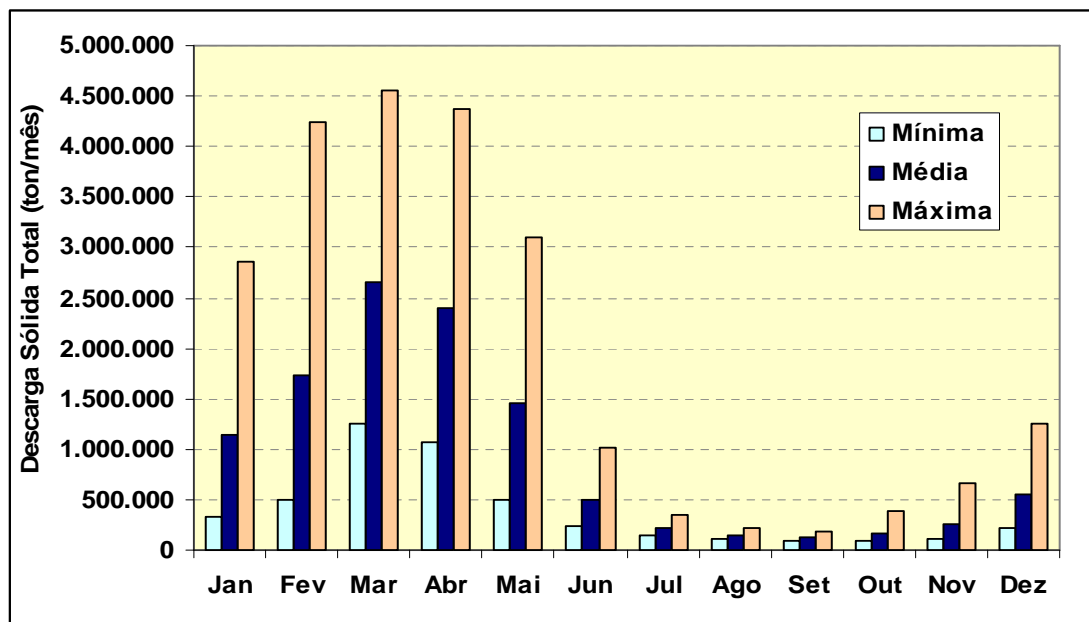


Figura 7.4.1.1.4.2/02 - Histograma Comparativo entre as Descargas Sólidas Totais.

7.4.1.1.4.3 Modelagem Hidrossedimentométrica

7.4.1.1.4.3.1 Introdução

Neste relatório são abordados os estudos de modelagem matemática considerando-se os processos de assoreamento do reservatório de São Luiz do Tapajós e as alterações das condições hidrossedimentométricas que deverão ocorrer no trecho do rio Tapajós a jusante em função da presença do aproveitamento.

Os trabalhos de modelagem matemática foram desenvolvidos pelo Professor Carlos Lloret da Universidade de São Paulo, e o documento original dos trabalhos de modelagem matemática é apresentado no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/04 (Volume 5 – Anexos Gerais)**.

O **Anexo Digital 7.4.1.1.4/01 (Volume 5 – Anexos Gerais)** apresenta todos os dados de entrada e saída referentes a modelagem hidrossedimentométrica.

7.4.1.1.4.3.2 Dados Disponíveis

7.4.1.1.4.3.2.1 Seções Topobatimétricas

Na **Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/01** é apresentado o esquema topológico adotado na esquematização do reservatório de São Luiz do Tapajós, onde a morfologia do rio Tapajós é representada por 30 seções transversais e o rio Jamanxim é retratado por 12 seções transversais.

Na **Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/02** é apresentada a esquematização do trecho do rio Tapajós a jusante entre o local do canal de fuga da casa de força principal da AHE São Luiz do Tapajós e a estação de fluviométrica de Itaituba, representada por 12 seções transversais.

Na representação do trecho do rio Tapajós abrangida pela ilha da Goyana, a morfologia dos canais de escoamento utilizadas na modelagem matemática foram obtidas através da composição de três pares de seções que compõem os braços esquerdo e direito da ilha da Goyana. Desta forma foi considerada a seção **SCAV1** que corresponde à composição das seções SH2' e SH4, a seção **SCAV2** correspondente à composição das seções SH3' e SH6 e **SCAV3** correspondente à composição das seções SH'4 e SH7.

Foi analisado o comportamento hidrossedimentométrico do trecho onde se encontram cavidades localizadas à margem do canal esquerdo da ilha da Goyana (**Figuras 7.4.1.1.4.3.2.1/03 e 7.4.1.1.4.3.2.1/04**), uma vez que a retenção de sedimentos no reservatório poderia favorecer a ocorrência de processos erosivos neste trecho de rio. No entanto, será verificado que devido ao baixo tempo de residência do reservatório e ao padrão de transporte sólido (concentrações, granulometria, etc) não existe essa possibilidade.

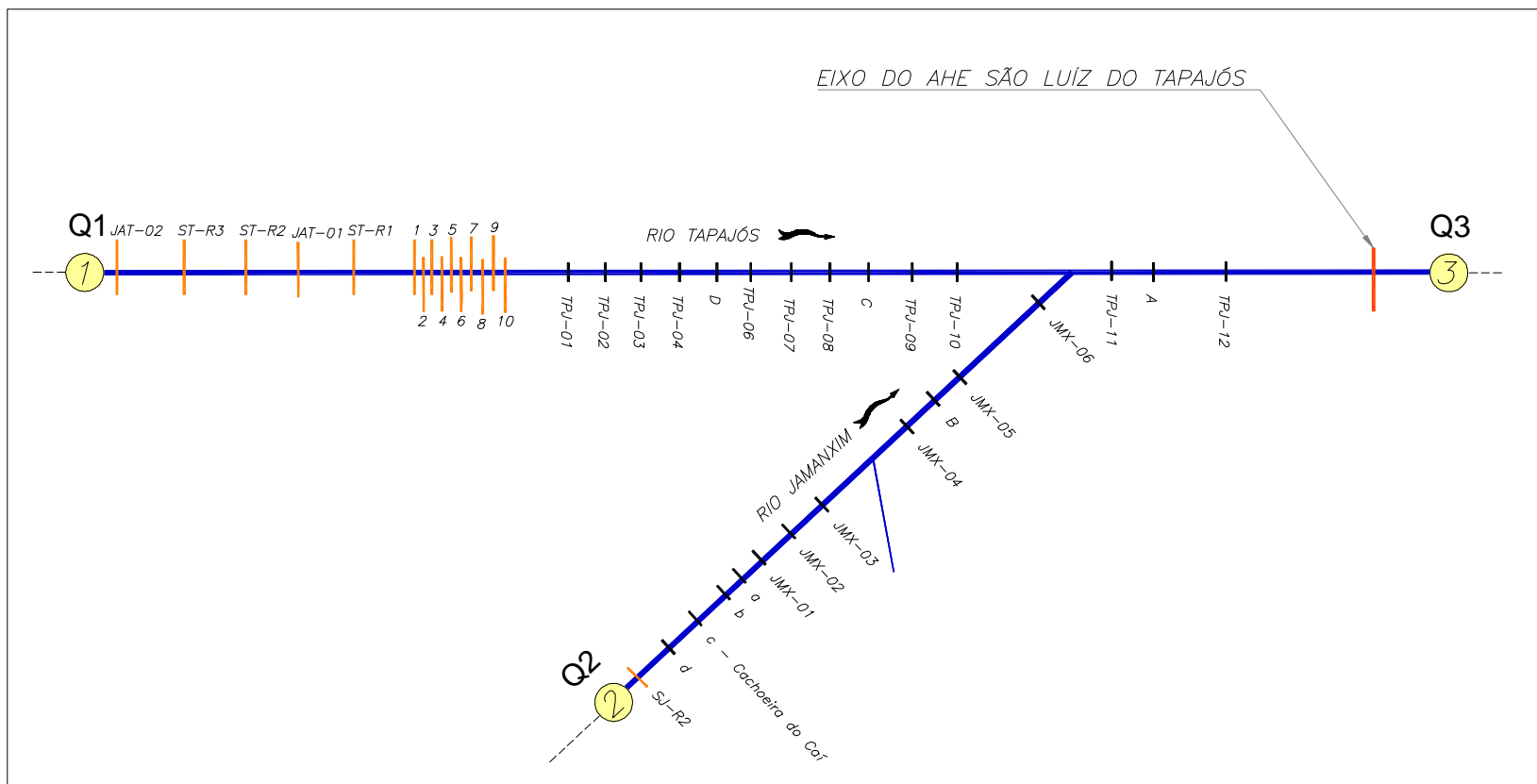


Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/01 – Esquema Topológico do Reservatório.

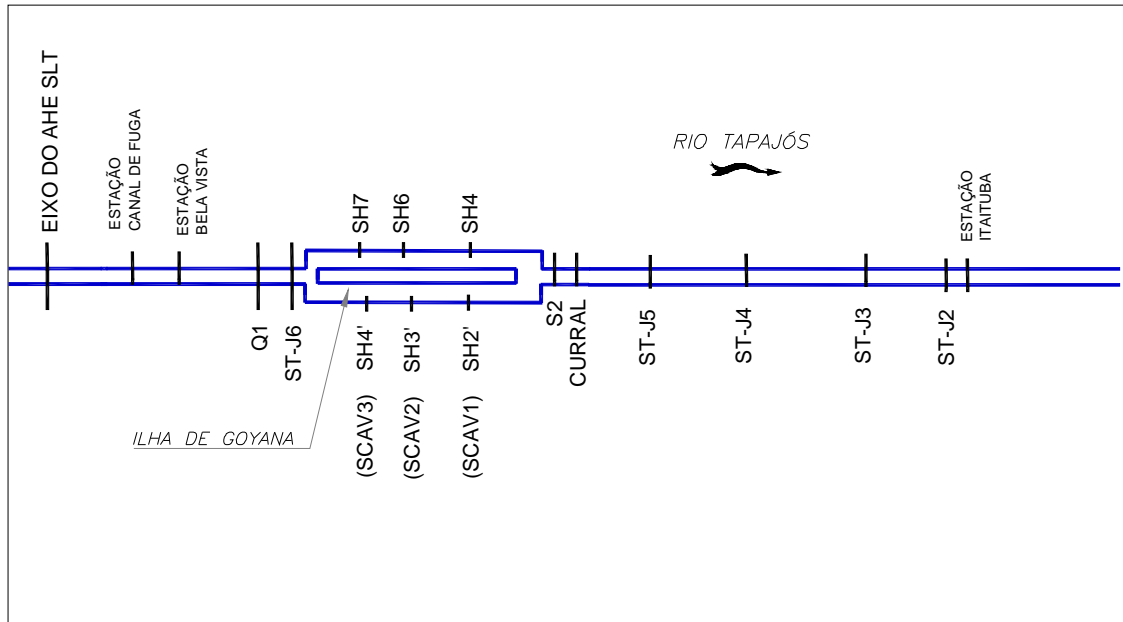


Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/02 – Esquema Topológico do Trecho de Jusante.

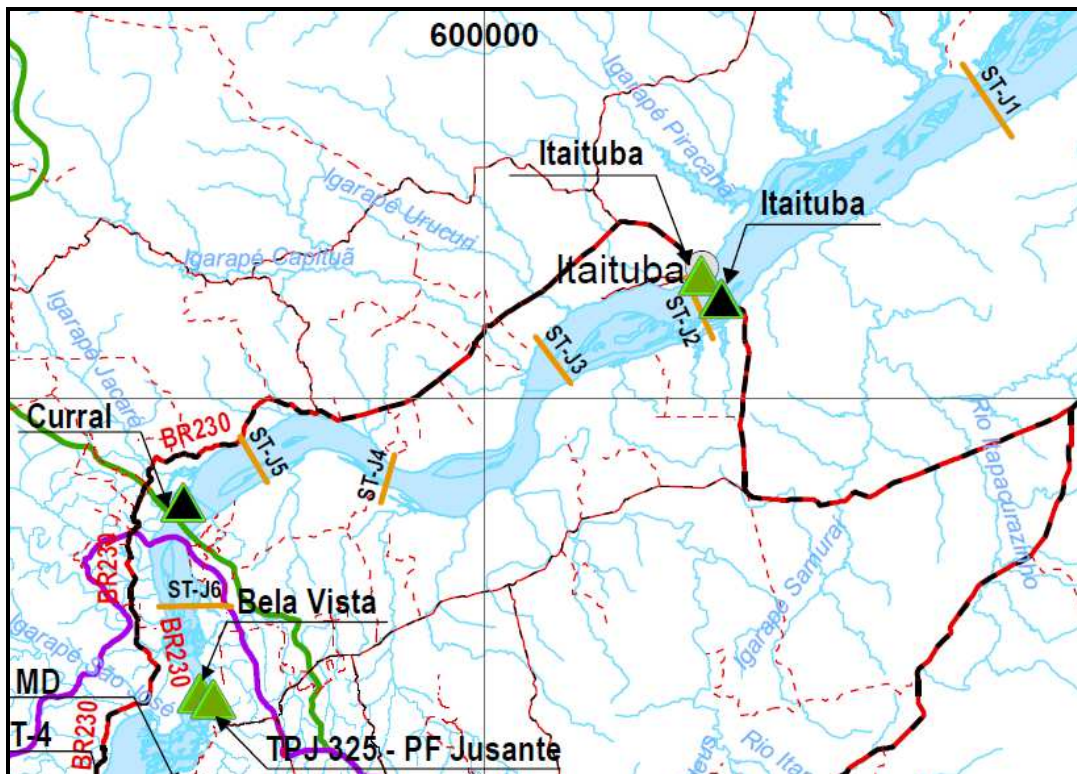


Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/03 - Localização do trecho de interesse a Jusante do AHE São Luiz do Tapajós.

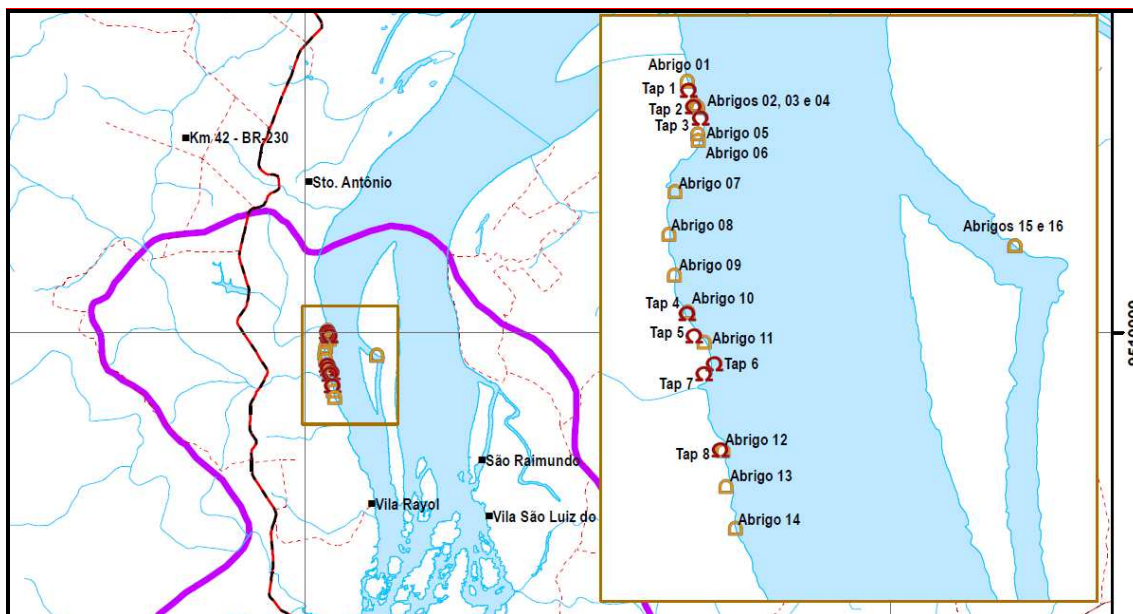
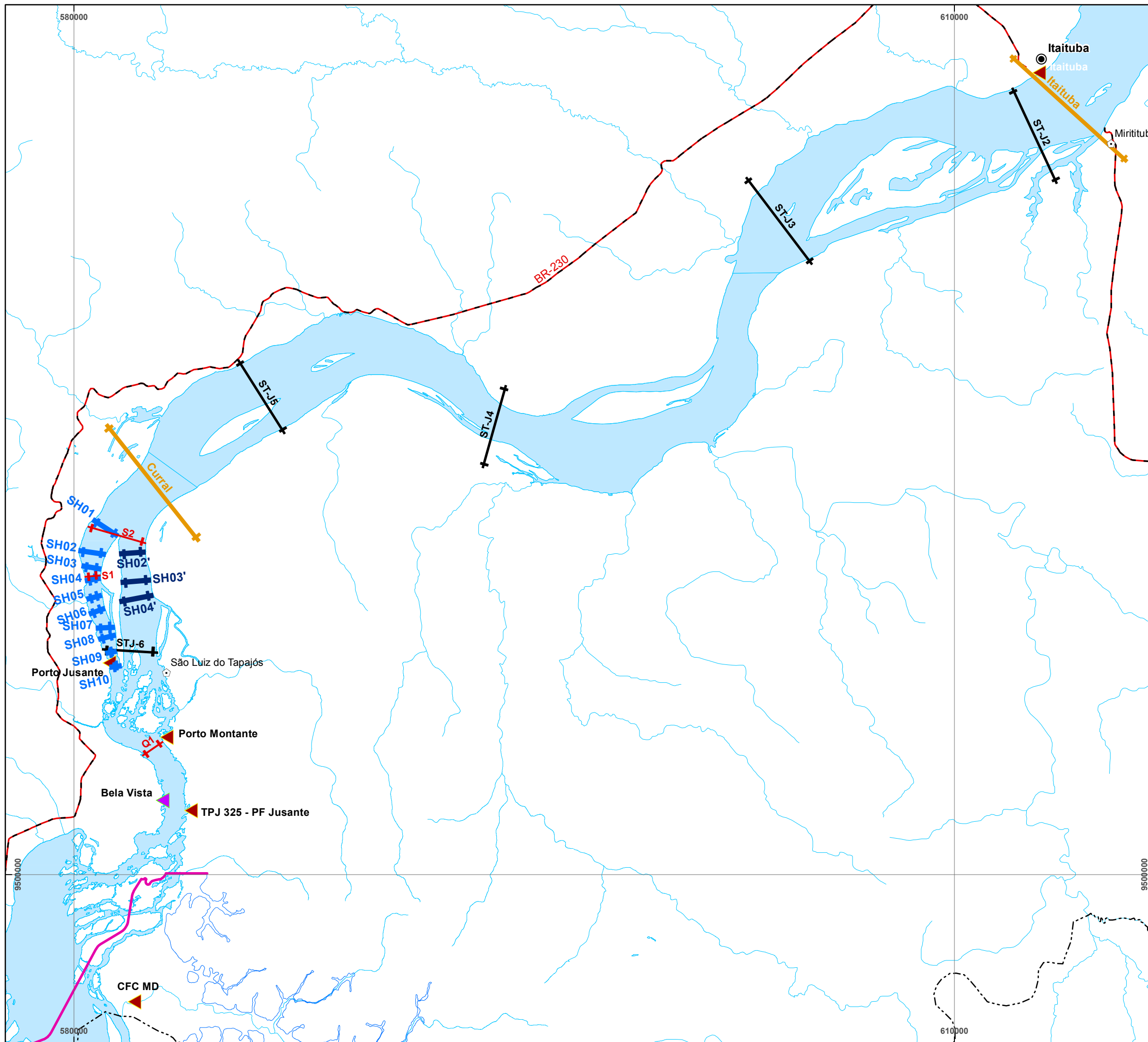


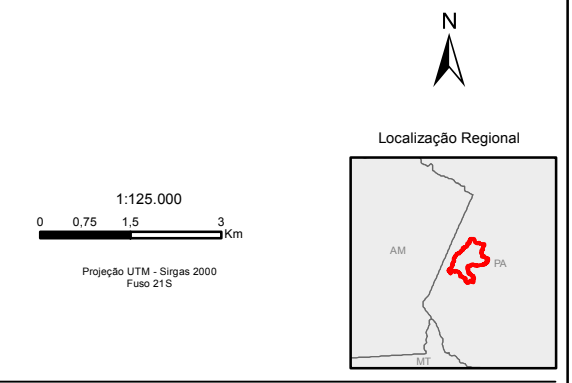
Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/04 - Localização do trecho de interesse específico no canal esquerdo da ilha de Goyana.

As análises consideram primeiramente uma abordagem acerca dos dados de medição obtidos nas campanhas recentes e na seqüência o problema é analisado com auxílio de modelação matemática sedimentológica, fazendo uso do modelo HEC-RAS. Foram feitas diferentes hipóteses de cálculo, avaliando um cenário que perfaz um total de 100 anos após a conclusão das obras, para ao final concluir sobre o potencial de assoreamento na área a montante do barramento e de erosão no trecho a jusante do empreendimento até a localidade de Itaituba.

A **Ilustração 7.4.1.1.4.3.2.1/01** apresenta as seções utilizadas na modelagem hidrossedimentométrica.



- Legenda**
- Sede Municipal
 - ◻ Sede Distrital
 - ▲ Estações Fluviométricas CNEC WorleyParsons/ELN
 - ▲ Estações Fluviométricas ANA
 - Seções da Modelagem Matemática
 - Seções Batimétricas Expeditas no Canal das Cavidades SH01 a SH10
 - Seções Batimétricas Expeditas no Canal Principal SH01 a SH04
 - Seção Batimétrica Curral (SN Engenharia)
 - Seção Batimétrica Itaituba (SN Engenharia)
 - Seções Batimétricas (CNEC WorleyParsons/ELN)
 - Eixo da Barragem
 - Via principal
 - Reservatório
 - Limite municipal
 - Hidrografia
 - Massa d'água



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
AHE SÃO LUIZ DO TAPAJÓS

Localização das Seções Utilizadas na Modelagem
Hidrossedimentométrica

ILUSTRAÇÃO 7.4.1.1.4.3.2.1/01
 Data: Abril/2013

7.4.1.1.4.3.2.2 Caracterização dos Sedimentos de Fundo e em Suspensão

As campanhas de caracterização sedimentológica foram realizadas, utilizando aparelhos de hidrometria convencional (amostrador de sedimentos em suspensão, molinete calibrado, guincho com graduação e apoio de terra para determinação do posicionamento do ponto de medição de velocidades). As amostras foram enviadas ao laboratório de sedimentometria onde foram determinadas as concentrações. A metodologia empregada foi a de filtração por gravidade. Para complementar a caracterização, realizou-se medições de velocidades e amostragens pontuais ao longo de verticais em algumas seções. Este levantamento permite caracterizar melhor o transporte sólido em suspensão para avaliar a proporção de carga de lavagem esperado nas equações de transporte sólido obtidas das campanhas.

Nas diferentes campanhas de sedimentos em suspensão, verificou-se que a quase totalidade dos sedimentos em suspensão (mais de 90%) correspondem à fração com dimensão inferior aos siltes ($d < 0,06$ mm), conforme pode ser observada nas curvas granulométricas apresentadas nas Figuras 7.4.1.1.4.4.2.1.2/01 a 7.4.1.1.4.4.2.1.2/04, 7.4.1.1.4.4.2.2.2/01 a 7.4.1.1.4.4.2.2.2/04 e 7.4.1.1.4.4.2.3.2/01 a 7.4.1.1.4.4.2.3.2/04 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/03 (Volume 5 – Anexos Gerais)**.

As curvas granulométricas de material de fundo são apresentadas nas Figuras 7.4.1.1.4.4.2.1.1/01 a 7.4.1.1.4.4.2.1.1/04, 7.4.1.1.4.4.2.2.1/01 a 7.4.1.1.4.4.2.2.1/04 e 7.4.1.1.4.4.2.3.1/01 a 7.4.1.1.4.4.2.3.1/04 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/03 (Volume 5 – Anexos Gerais)**.

Ao se comparar esses dados com as granulometrias do material em suspensão pode-se ver claramente que esses últimos, coletados em suspensão pelo método de integração na vertical, correspondem quando muito às frações mais finas do material de fundo (menos de 10%). Portanto, fica confirmado tratar-se exclusivamente de Carga de Lavagem. Esta modalidade de transporte de material raramente encontrado no leito praticamente não interage com o material que constitui o leito. Em outras palavras, trata-se de material que é transportado quase que permanentemente em suspensão com baixa probabilidade de ser retido dentro do futuro reservatório (estudos de assoreamento) e conseqüentemente produzir aprofundamento no trecho a jusante (estudos de erosão).

Essa conclusão é importante uma vez que um reservatório com as características como a deste caso em estudo, com baixo tempo de residência e que receba cargas de sedimentos finos, em grande parte constituída por argilas e siltes, deverá ter uma evolução muito discreta no assoreamento. Este fato será verificado mais adiante, nos resultados da modelação sedimentológica.

Pelas razões apontadas, perde o sentido estudar a distribuição de concentrações, uma vez que deve resultar aproximadamente constante na vertical por tratar-se de material em suspensão muito fino. De fato essa característica foi constatada nas medições pontuais ao longo da profundidade, conforme se apresenta no **Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/01**.

Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/01 - Concentrações médias medidas em 5 seções do rio Tapajós.

Seção	Localização	Concentração 1ª camp. (mg/l)	Concentração 2ª camp. (mg/l)	Concentração 3ª camp. (mg/l)	Concentração 4ª camp. (mg/l)
CT 7A	Montante do eixo	25 e 30	16 e 17	67 e 82	82 e 173
CT 6A	Montante do eixo	19 e 27	13 e 20	65 e 78	81 e 101
CT 4	Eixo	20 e 25	14 e 20	33 e 39	-
Curral	Jusante do eixo	30 e 42	24 e 20	57 e 62	68 e 108
Itaituba	Jusante do eixo	27 e 36	17 e 22	62 e 79	63 e 101

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

Observa-se nestes resultados concentrações muito baixas, notadamente nas duas primeiras campanhas, chegando estas quase ao limite de detecção dos métodos convencionais de análise laboratorial. Estes resultados, no entanto, são coerentes com os obtidos em campanhas realizadas em épocas diferentes no rio Tapajós. Ao analisar os resultados de campanhas realizadas pela ANA, nos postos de Itaituba (17730000) entre os anos 1992 e 2011 e de Jatobá (17650000) entre os anos de 1977 e 1982 observam-se concentrações muito baixas, como mostra o **Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/02** com as respectivas variações nas medições:

Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/02 - Concentrações medidas em séries históricas no rio Tapajós.

Posto	Código	Período	C mínima (mg/l)	C média (mg/l)	C máxima (mg/l)
Itaituba	17730000	1992-2011	1,0	11,6	48,3
Jatobá	17650000	1977-1982	2,5	12,0	27,3

FONTE: ANA, 2013.

Para o estudo de assoreamento no reservatório e de erosão a jusante do barramento foram consideradas as granulometrias do material de fundo correspondentes aos trechos caracterizados nas campanhas. Estes dados estão apresentados no **Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/03** a seguir, com a distribuição granulométrica no formato do módulo de transporte sólido do modelo HEC-RAS.

Quadro 7.4.1.1.4.3.2.2/03 - Curvas granulométricas médias nos trechos nos estudos de assoreamento e de erosão referentes ao material do leito.

Fração	d (mm)	Estudo de Jamanxim	Assoreamento Fundo (%)	Estudo de Erosão	
				Itaituba (%)	Curral (%)
Argila	0,004				
silte muito fino	0,008				
silte fino	0,016				
silte médio	0,0313		0	0	0
silte grosso	0,0625		0,1	0,2	0,2
areia muito fina	0,125	0	4,4	1,1	0,8
areia fina	0,25	3	39,4	21,4	13,4
areia média	0,5	27	45,8	51,3	43,4
areia grossa	1	34	4,5	14,7	26,1
areia muito grossa	2	24	2,2	7,8	10,7
seixos muito finos	4	10	1,8	3,3	4,8
seixos finos	8	2	1,4	0,1	0,6
seixos médios	16	0	0,0	0	0

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013.

7.4.1.1.4.3.3 Condições de Fronteira

Para a modelação sedimentológica utilizou-se os métodos de Engelund-Hansen, Ackers-White, Yang, Toffaleti e Laursen, por serem os métodos que consideram o transporte sólido total (suspensão e fundo) e por essa razão resultam em volumes de transporte mais expressivos. Numa primeira bateria de simulações foram consideradas as condições de escoamento natural sem a presença da barragem no período de 100 anos. Essas simulações foram feitas inicialmente considerando a situação de equilíbrio a montante, a partir do cálculo da capacidade de descarga para os diferentes métodos.

Por uma questão prática, para poder avaliar o potencial erosivo a jusante, ajustou-se uma curva-chave de sedimentos como dado de entrada nas seções extremas de montante (Jamanxim e Tapajós) de forma que apresentasse um comportamento semelhante ao que se obteria com o método que apresentasse maiores variações no leito. Este ajuste resultou numa equação que apresentava resultados semelhantes ao método de Engelund-Hansen. A razão do ajuste com a equação de Engelund-Hansen se deveu ao fato dessa metodologia apresentar a condição mais favorável em termos de assoreamento, conforme será visto mais adiante. A curva-chave utilizada

considerou as características do material do leito, uma vez que o transporte em suspensão é constituído basicamente por carga de lavagem, sem possibilidade de contribuição no processo de assoreamento.

A condição hidráulica de fronteira de jusante para o estudo de assoreamento foi a série histórica com os níveis médios mensais na seção de Itaituba. A montante a condição hidráulica de fronteira é representada pela série histórica de vazões líquidas resultante das somas das contribuições do Tapajós e Jamanxim (dados de simulação do assoreamento do reservatório).

A etapa seguinte compreende o conjunto de simulações para a determinação do assoreamento na área do reservatório e o potencial erosivo a jusante da barragem até a última seção localizada na cidade de Itaituba. Será visto mais a frente que a taxa de retenção de sedimentos no reservatório é desprezível, algo da ordem de 1%. Portanto, com uma taxa dessa ordem de grandeza, já se esperava que não devessem ocorrer erosões a jusante por descontinuidade do transporte sólido. Considerando uma hipótese mais conservativa, apenas a título de verificação, considerou-se o critério adotado no estudo de vida útil do reservatório que adota uma retenção de 59% dos sedimentos afluentes. Desta maneira a curva-chave de sedimentos a jusante da barragem seria igual à de montante corrigida pelo fator 0,41 (41% de transpasse) nessa situação mais pessimista.

Como o modelo considera o ano calendário, incluindo anos bissextos, a série construída para as simulações não segue a mesma data da série histórica. Para efeito de cálculo essa série começou no ano 2013 e terminou no ano 2112.

7.4.1.1.4.3.4 Resultados da Modelagem Matemática Hidrossedimentométrica

Dado o grande número de dados de saída, selecionou-se apenas os resultados de um ano civil a cada 20 anos, ao longo de todo o trecho simulado. Para tornar mais clara a apresentação, serão separadas as análises referentes ao estudo de assoreamento e ao estudo de erosão.

7.4.1.1.4.3.4.1 Simulações para as Condições Naturais sem Barragem

Para melhor avaliar as tendências de transformações morfológicas em termos de potencial de erosão e assoreamento ao longo do trecho afetado pelo empreendimento foram feitas simulações para as condições naturais. Os estudos das alterações do trecho de jusante com a presença do empreendimento foram realizadas com simulações do trecho completo desde as seções extremas a montante do reservatório, nos rios Tapajós e Jamanxim até a estação fluviométrica de Itaituba, num horizonte de

100 anos. Considerou-se inicialmente que a contribuição de montante correspondesse à situação dos contribuintes em Regime (vazão sólida igual à capacidade de transporte). Não foi utilizado o histórico de vazões sólidas medidas por tratar-se de material de carga de lavagem com baixa concentração e, portanto, com baixo potencial de assoreamento. Os resultados obtidos para o método de Engelund são apresentados nos **Quadros 7.4.1.1.4.3.4.1/01 e 7.4.1.1.4.3.4.1/02 e Figuras 7.4.1.1.4.3.4.1/01 a 7.4.1.1.4.3.4.1/03**. Os resultados obtidos para os demais métodos são apresentados nos Quadros 7.4.1.1.4.4.6.4.1/03 a 7.4.1.1.4.4.6.4.1/10 e Figuras 7.4.1.1.4.4.6.4.1/04 a 7.4.1.1.4.4.6.4.1/15 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/04 (Volume 5 – Anexos Gerais)**.

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/01 – Método de Engelund-Hansen para todo o trecho - condições naturais - rio Tapajós.

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112
Tapajós Montante	JAT - 02	27	199.814	45,96	45,96	45,96	45,96	45,96	45,96	52,7
	ST - R3	26	194.293	41,17	41,79	42,05	42	41,92	41,84	51,17
	ST - R2	25	189.697	45,68	45,25	44,86	44,43	44,08	43,84	49,8
	JAT - 01	24	183.791	33,24	30,95	29,92	29,42	29,05	28,93	48,15
	ST - R1	23	177.397	36,93	36,09	35,58	35,31	35,08	35	46,58
	1	22	173.270	35,99	34,63	34	33,59	33,36	33,23	45,28
	2	21	172.867	32,93	30,54	29,91	29,62	29,52	29,47	45,16
	3	20	172.075	34,93	33,99	33,45	33,03	32,85	32,73	44,92
	4	19	170.714	18,9	17,38	16,74	16,41	16,35	16,27	44,52
	5	18	170.123	21,11	23,26	22,78	22,42	22,32	22,23	44,32
	6	17	169.184	25,03	24,83	24,29	24,01	23,94	23,87	44,03
	7	16	168.477	28,07	29,19	28,79	28,47	28,43	28,38	43,81
	8	15	167.745	30,12	31,14	31,01	30,79	30,73	30,67	43,59
	9	14	167.013	32,05	32,59	32,22	32,02	32,01	32	43,39
	10	13	165.945	29,01	31,4	31,11	31,02	31	31	43,08
	TPJ - 1	12	162.927	30,58	30,31	29,97	29,88	29,95	30,03	42,46
	TPJ - 2	11	157.149	32,74	32,45	32,14	32,42	32,68	32,75	40,97
	TPJ - 3	10	152.604	26,45	26,65	27,16	28,05	28,61	28,77	39,84
	TPJ - 4	9	148.944	35,98	34,4	33,65	33,37	33,31	33,26	38,85
	D	8	139.726	30,16	26,44	26,53	26,48	26,43	26,47	38
TPJ - 6	7	127.133	3,04	14,84	17,58	17,6	17,32	17,5	37,03	
TPJ - 7	6	115.000	27,38	28,9	28,99	28,9	28,85	28,81	36,34	
TPJ - 8	5	108.956	24,58	25,25	26,09	26,4	26,6	26,72	35,64	

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)	
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112	
	C	4	102.678	26,35	26,61	27,03	27,45	27,76	27,99	34,75	
	TPJ - 9	3	94.072	20,46	20,61	21,28	22,11	22,74	23,23	33,62	
	TPJ - 10	2	87.372	24,97	24,94	25,02	25,18	25,36	25,51	32,61	
Entrada	TPJ - 11	JUNÇÃO	81.143	22,79	23,22	23,59	23,99	24,47	24,9	31,83	
	-	STM1 -4	81.143	22,79	23,68	24,08	24,34	24,48	24,64	31,83	
Jamaxim	A	3	72.555	24,21	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2	30,03	
	TPJ - 12	2	62.726	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	27,1	
	EIXO SLT	C FORÇA	51.671	11	11	11	11	11	11	22,81	
	-	EST.BV	53.668	11	11	11	11	11	11	21,93	
	-	STJ 6	45.960	-16,68	-34,77	-34,77	-34,77	-34,77	-34,77	-34,77	9,1
	-	SCAV 3	44.990	-13,25	-11,35	-12,21	-11,81	-11,07	-9,9	-9,9	9,03
	-	SCAV 2	44.380	-27,94	-26,02	-27,21	-28,27	-28,98	-29,25	-29,25	8,87
	-	SCAV 1	43.390	-10,59	-7,63	-7,58	-7,68	-7,71	-7,72	-7,72	8,63
	-	S 2	41.740	-9,76	-8,11	-6,79	-6,14	-6,03	-5,99	-5,99	8,4
	-	STJ 5	34.926	-9,98	-9,88	-9,67	-9,4	-9,09	-8,86	-8,86	7,87
	-	STJ 4	25.512	-12,98	-12,94	-12,84	-12,68	-12,46	-12,26	-12,26	7,56
	-	STJ 3	11.372	-12,31	-12,3	-12,29	-12,26	-12,23	-12,19	-12,19	7,33
	-	STJ 2	1.429	-9,17	-9,17	-9,16	-9,15	-9,14	-9,12	-9,12	7,14
	-	ITAITUBA	0	-9,17	-9,1	-9,04	-8,97	-8,9	-8,84	-8,84	7,1

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/02 – Método de Engelund-Hansen para todo o trecho - condições naturais - rio Jamaxim.

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112
Jamaxim	SJ-R2	SJ 10	55.784	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	10,86	39,73
	d	INTERM	43.585	10,83	4,9	4,89	4,61	4,52	4,73	38,67
	c - Cachoeira do Cai	INTERM	43.428	14,55	7,01	7,01	7,01	7,02	7,11	38,58
	b	SJ 9	43.242	12,33	3,94	3,88	3,86	3,86	3,88	38,6
	a	SJ 8	42.811	23,27	16,43	16,73	16,5	16,25	16,52	38,52
	JMX-01	SJ 7	34.309	23,58	24,25	24,31	24,63	24,88	25	37,94

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112
	JMX-02	SJ 6	24.615	31,18	31,56	31,78	32,15	32,44	32,66	36,43
	JMX-03	SJ 5	19.027	24,79	24,66	25,19	25,63	26,02	26,33	34,97
	JMX-04	SJ 4	13.691	27,88	24,8	25,03	25,12	25,26	25,34	33,49
	JMX-05	SJ 3	10.270	20,51	23,24	23,63	23,81	24,11	24,41	32,93
	B	SJ 2	4.809	13,07	17,06	17,77	18,22	18,63	18,99	32,04
	JMX-06	SJ 1	0	24,46	24,58	24,72	24,88	25,05	25,23	31,89

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

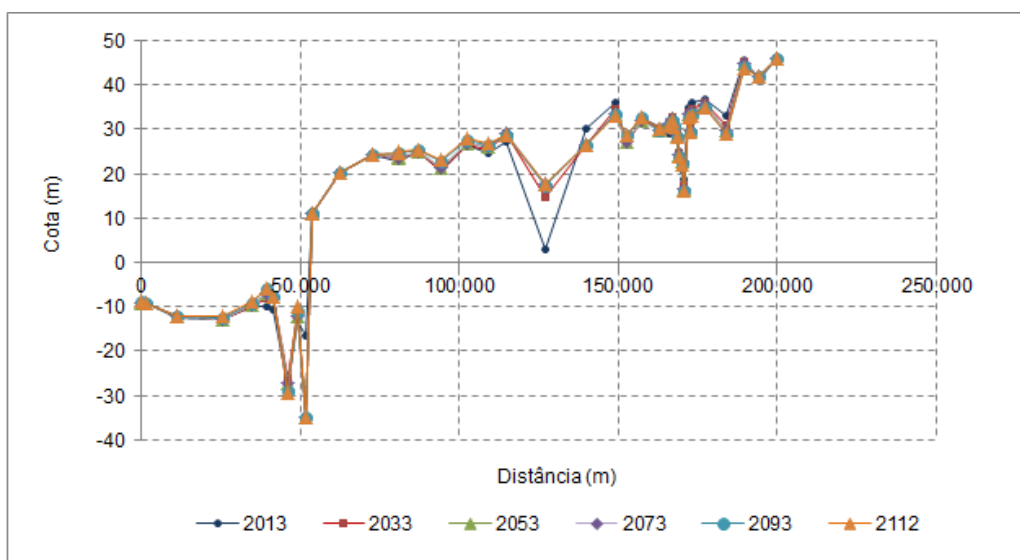


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/01 - Perfil de fundo no Rio Tapajós em todo o trecho – Engellund.

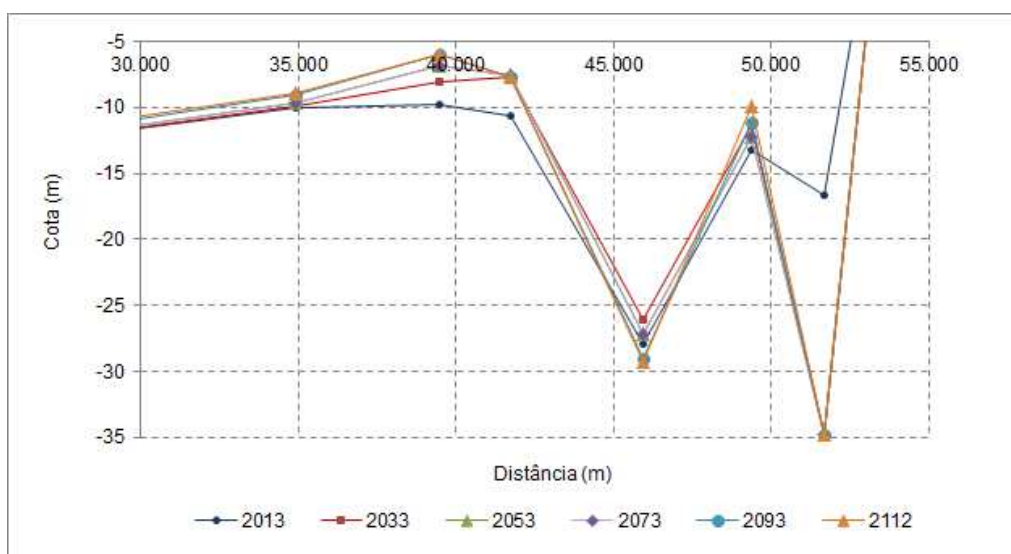


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/02 – Detalhe do perfil de fundo no Rio Tapajós a jusante do eixo – Engellund.

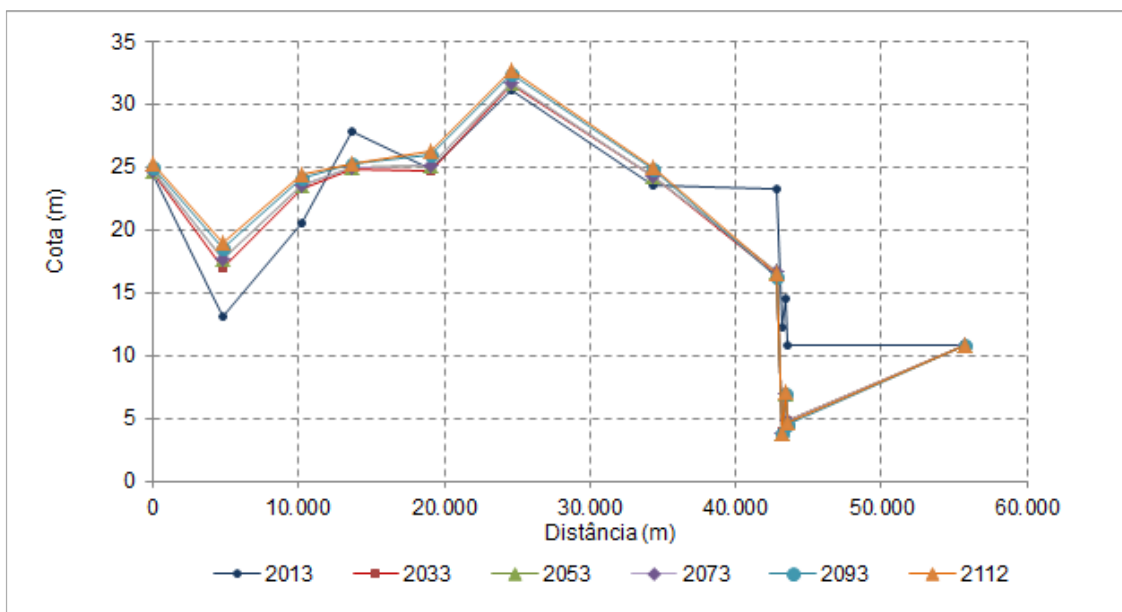


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/03 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim – Engelund.

Nessas simulações gerais observam-se alguns pontos com erosão e outros com assoreamento situados a montante do empreendimento (região do reservatório) e logo após o trecho encachoeirado, abrangendo a região onde se encontram as cavidades, nas 5 metodologias testadas, com diferentes graus de intensidade. Apesar de não resultar em valores importantes para o longo período estudado, essa informação já serve para demonstrar a tendência de assoreamento logo no início do trecho afetado pelo remanso do Amazonas, a exemplo do que ocorre em outros deltas de zonas estuarinas e reservatórios.

Para poder fazer um estudo mais adequado do comportamento sedimentológico a jusante do barramento é importante considerar a vazão sólida efluente da barragem. O critério adotado foi o de considerar uma curva chave sedimentométrica geral que resultasse num comportamento equivalente aos encontrados nos métodos que partiram da condição de equilíbrio a montante. Procurou-se ajustar a curva-chave que representasse a condição mais desfavorável em termos de transporte sólido, com maior potencial de retenção no reservatório, que corresponde aproximadamente ao resultado do método de Engelund-Hansen. Os valores dessa curva-chave são apresentados no **Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/03**.

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.1/03 – Curva-Chave Sedimentométrica ajustada para as simulações.

Q (m ³ /s)	1000	2000	5000	10000	20000	50000	100000
Qs (ton/dia)	8,4E+05	2,0E+06	6,0E+06	1,4E+07	3,3E+07	1,0E+08	2,4E+08

As **Figuras 7.4.1.1.4.3.4.1/04 a 7.4.1.1.4.3.4.1/07** a seguir mostram o comportamento da aplicação da curva-chave proposta na simulação. Apresenta-se também a comparação entre os resultados da aplicação dessa curva-chave comparada com o critério que considera a entrada de sedimentos em regime, com diferentes métodos de cálculo. Observa-se uma boa aderência dos resultados com o método de Engelund-Hansen. Os demais cálculos apresentados mais adiante correspondem à utilização dessa curva-chave de sedimentos. Um dado de entrada na modelação é a granulometria dessa curva-chave. Considerou-se a mesma granulometria do leito. Não foram consideradas as contribuições em suspensão dado que correspondem à parcela correspondente à carga de lavagem e, portanto, não participam das transformações morfológicas.

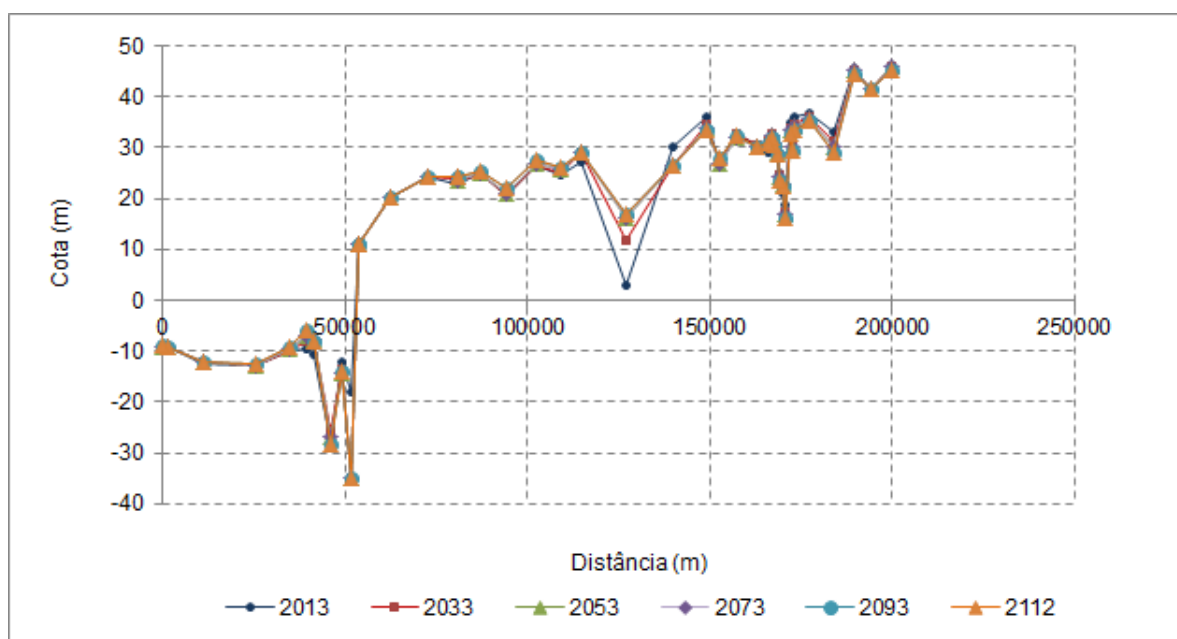


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/04 – Perfil de fundo no Rio Tapajós em todo o trecho - com a curva-chave.

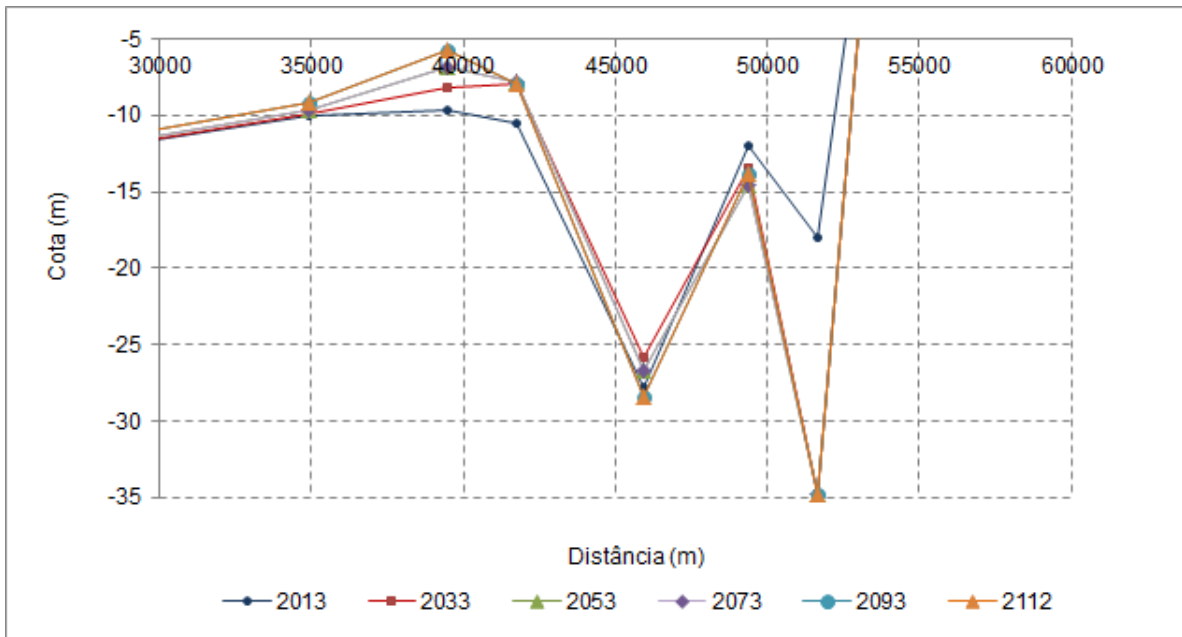


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/05 – Detalhe do perfil de fundo no Rio Tapajós a jusante do eixo - com a curva-chave.

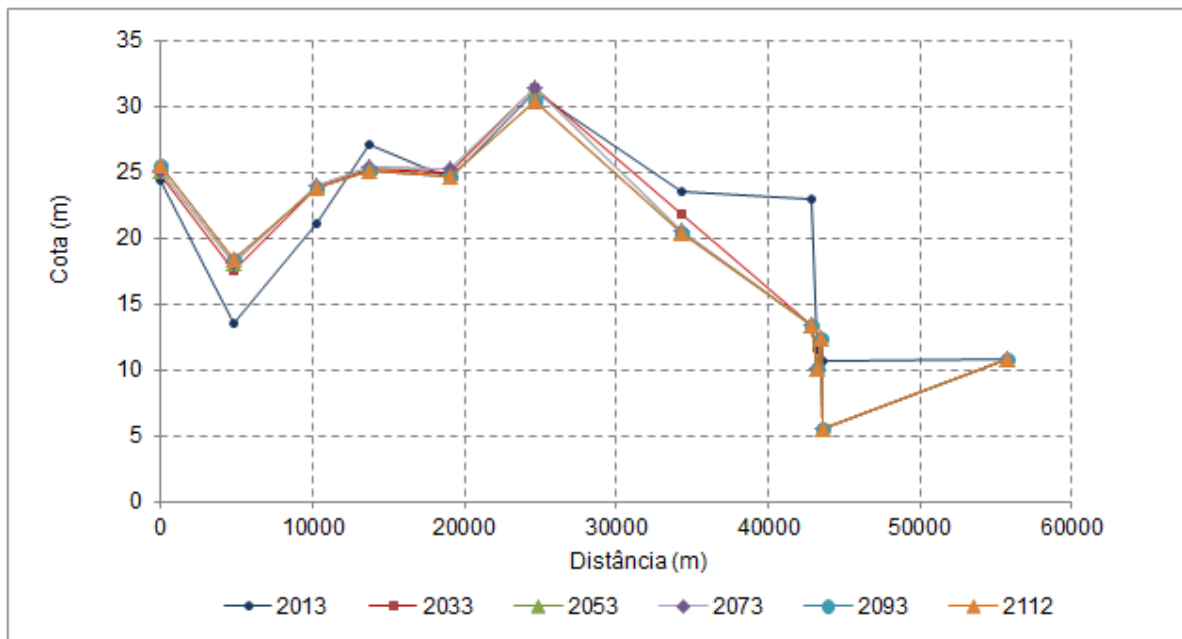


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/06 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim - com a curva-chave.

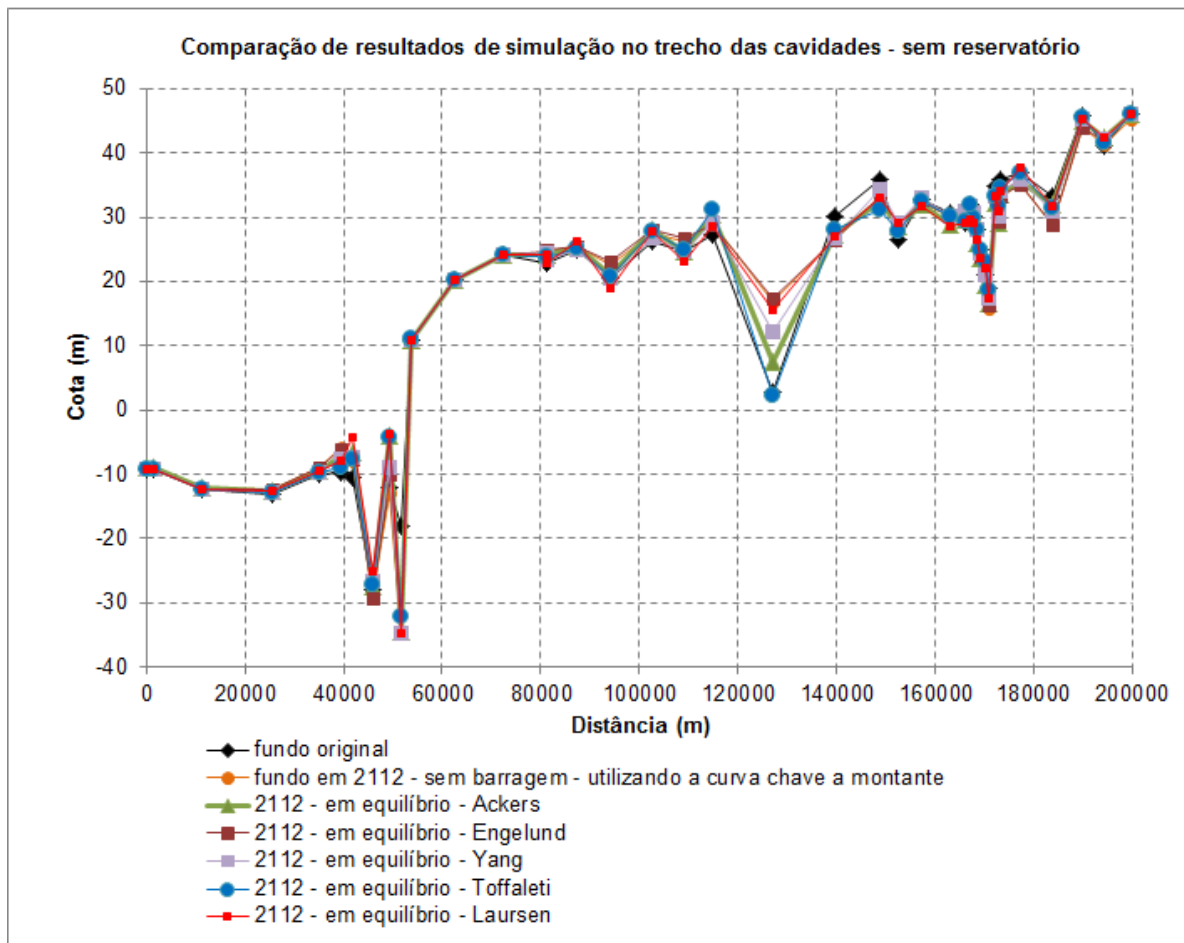


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/07 – Comparação de resultados simulando com a curva-chave ajustada.

As **Figuras 7.4.1.1.4.3.4.1/08** e **7.4.1.1.4.3.4.1/09** apresentam a comparação apenas com o método de Engelund-Hansen para que se possa avaliar melhor a aderência.

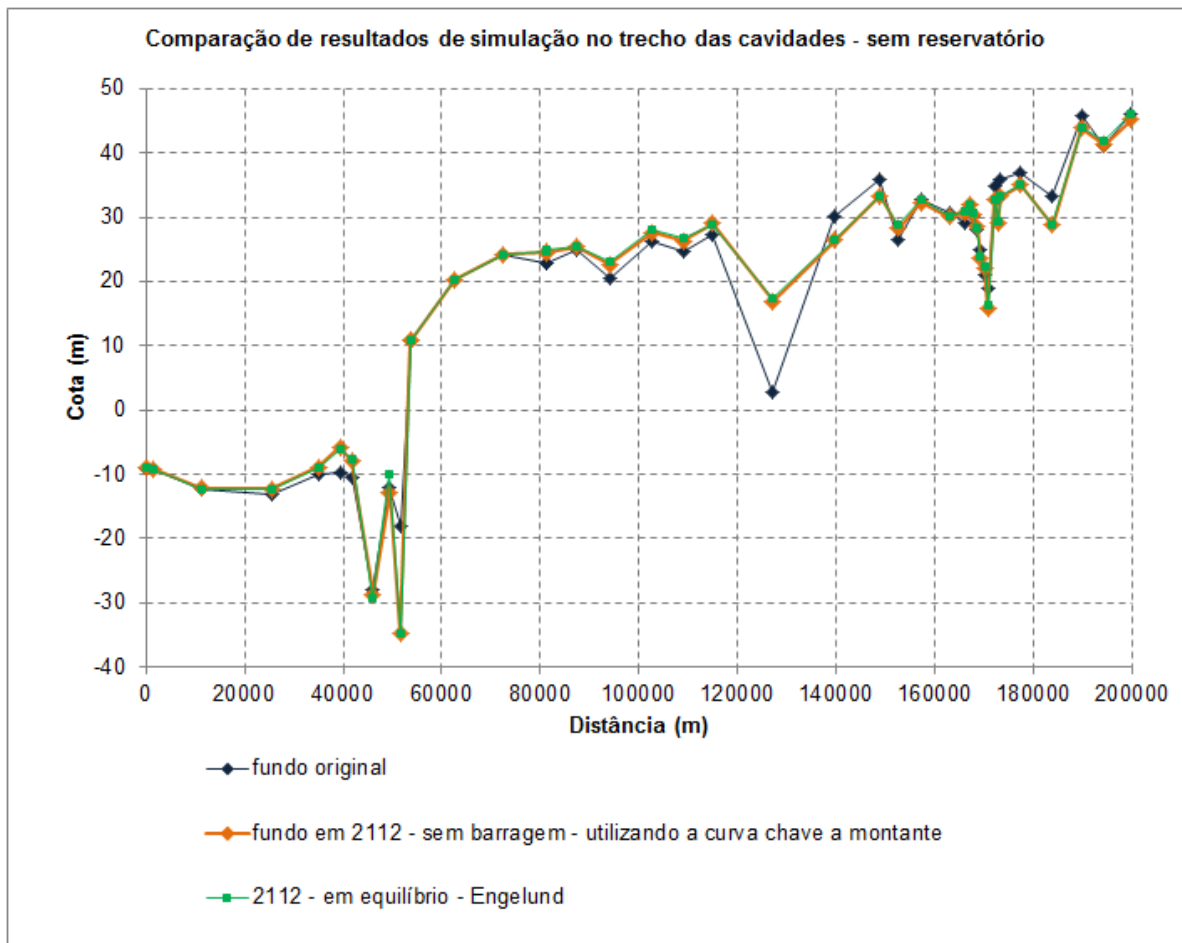


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/08 – Comparação dos resultados simulando com a curva-chave ajustada e o método de Engelund.

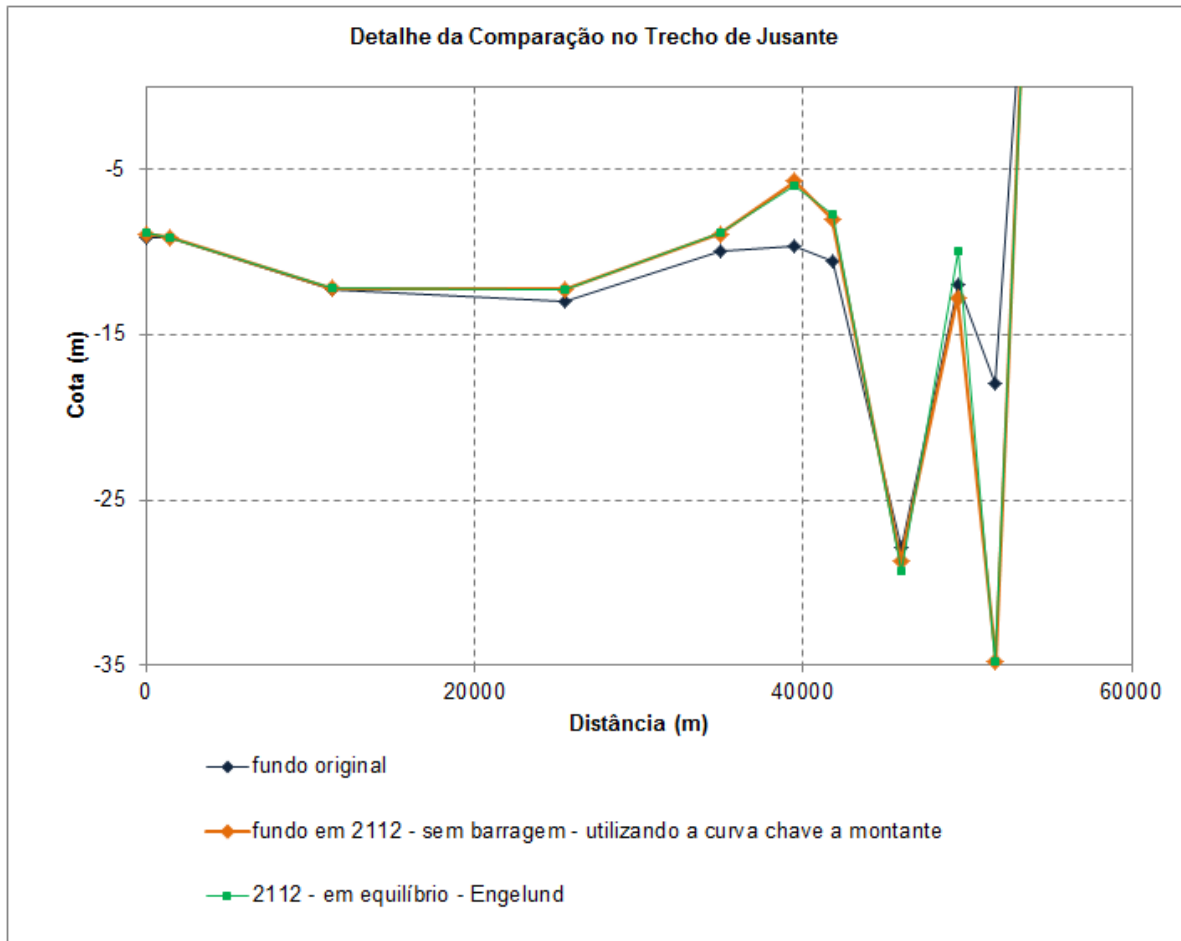


Figura 7.4.1.1.4.3.4.1/09 – Detalhe da comparação no trecho de jusante.

7.4.1.1.4.3.4.2 Estudo de Assoreamento do Reservatório

Os resultados das simulações para os cinco métodos de cálculo utilizados são apresentados nos Quadros 7.4.1.1.4.4.6.4.2/01 a 7.4.1.1.4.4.6.4.2/05 e Figuras 7.4.1.1.4.4.6.4.2/01 a 7.4.1.1.4.4.6.4.2/10 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/04 (Volume 5 – Anexos Gerais)**. O **Quadro 7.4.1.1.4.3.4.2/01** e as **Figuras 7.4.1.1.4.3.4.2/01** e **7.4.1.1.4.3.4.2/02** apresenta os resultados das simulações para o método de Engelund.

Nas figuras representa-se separadamente o leito dos rios Jamanxim e Tapajós, com uma segunda representação mais detalhada desse último em seu trecho de montante para melhor visualizar o trecho com maior potencial de alteração.

Em todos os métodos utilizados praticamente não se notou qualquer alteração significativa para um horizonte de 100 anos no rio Tapajós. Isto se deve, principalmente, à limitada capacidade de transporte sólido do rio Tapajós e afluentes,

típica de rios em bacias com produção de sedimentos muito reduzidas. Estes resultados são coerentes com dados observados, conforme já foi discutido anteriormente.

Os estudos de vida útil do reservatório estimam uma retenção de sedimento da ordem de 59%, cálculo obtido através da utilização da curva média de eficiência de retenção de sedimentos proposto por Brune, condição esta extremamente conservativa. Trata-se de um método empírico para a estimativa da vida útil, obtida para a média de assoreamento em reservatórios de bacias com características muito diferentes às do Tapajós, com baixíssima produção de sedimentos.

De fato, considerando os resultados da modelagem matemática, como se apresenta adiante, chega-se num cálculo grosseiro a um aporte médio de sedimentos ao reservatório da ordem de $2,24 \cdot 10^{10}$ toneladas em 100 anos. Considerando uma porosidade média da ordem de 50% essa quantidade se fosse transformada em volume de assoreamento seria da ordem de $1,12 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$. No caso se a taxa de retenção fosse da ordem de 59% como prevê o método de Brune, o volume de assoreamento em 100 anos seria da ordem de $6,62 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, valor próximo da capacidade do reservatório que é de $7,77 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Pelos valores resultantes da simulação chega-se ao final desse período a um assoreamento da ordem de 1,03% o que demonstra a baixíssima capacidade de retenção de sedimentos.

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.2/01 – Método de Engelund e Hansen.

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112
Tapajós Montante	JAT - 02	27	145.996	45,96	46,05	46,1	46,16	46,26	46,34	53,45
	ST - R3	26	140.475	41,17	41,56	41,9	42,2	42,44	42,64	52,53
	ST - R2	25	135.879	45,68	45,48	45,41	45,38	45,37	45,38	51,91
	JAT - 01	24	129.973	33,24	32,12	31,59	31,23	30,91	30,76	51,2
	ST - R1	23	123.579	36,93	36,97	36,95	36,96	36,95	36,95	50,67
	1	22	119.452	36	36,47	36,48	36,53	36,53	36,57	50,37
	2	21	119.049	33	33,33	33,34	33,38	33,38	33,43	50,34
	3	20	118.257	35	36,04	36,1	36,19	36,31	36,41	50,29
	4	19	116.896	19	20,31	20,45	20,39	20,4	20,44	50,21
	5	18	116.305	21	22,58	23,86	23,91	23,99	24,1	50,17
	6	17	115.366	25	25,9	27,5	28,11	27,88	27,96	50,13
	7	16	114.659	28	28,4	29,65	31,5	31,89	31,76	50,1
	8	15	113.927	30	30,25	30,8	32,33	34,66	34,92	50,07
9	14	113.195	32	32,11	32,26	32,69	34,58	36,28	50,05	

Rio	Seções Remanso	Seções Modelagem	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
				2013	2033	2053	2073	2093	2112	2112
	10	13	112.127	29	29,03	29,06	29,1	29,4	30,11	50,05
	TPJ - 1	12	109.109	30,58	30,59	30,6	30,61	30,63	30,69	50,04
	TPJ - 2	11	103.331	32,74	32,75	32,76	32,77	32,78	32,79	50,04
	TPJ - 3	10	98.786	26,45	26,45	26,46	26,46	26,47	26,48	50,03
	TPJ - 4	9	95.126	36,05	36,05	36,05	36,05	36,05	36,05	50,03
	D	8	85.908	30,49	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	50,02
	TPJ - 6	7	73.315	2,55	2,55	2,56	2,56	2,56	2,57	50,01
	TPJ - 7	6	61.182	27,24	27,25	27,25	27,25	27,25	27,25	50,01
	TPJ - 8	5	55.138	24,58	24,58	24,58	24,58	24,58	24,58	50,01
	C	4	48.860	26,35	26,35	26,35	26,35	26,35	26,35	50,01
	TPJ - 9	3	40.254	20,46	20,46	20,46	20,46	20,46	20,46	50
TPJ - 10	2	33.554	24,97	24,97	24,97	24,97	24,97	24,97	50	
Entrada Jamanxim	TPJ - 11	JUNÇÃO	27.325	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	50
	TPJ - 11	JUNÇÃO	27.325	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	50
	A	3	18.737	24,21	24,21	24,21	24,21	24,21	24,21	50
	TPJ - 12	2	8.908	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	20,31	50
Barragem	EIXO - SLT	1	0	11	11	11	11	11	11	50
Jamanxim Montante	SJ-R2	10	55.784	10,86	11,33	11,77	12,18	12,54	12,88	50,17
	d	9.5	43.585	10,86	10,58	10,43	10,25	10,13	10,05	50,03
	c - Cachoeira do Caí	9.3	43.428	16,97	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	50,02
	b	9	43.242	13,67	10,65	10,65	10,65	10,65	10,65	50,02
	a	8	42.811	23,38	19,38	18,52	17,8	17,44	17,24	50,01
	JMX-01	7	34.309	23,57	23,76	23,82	23,9	23,95	24	50,01
	JMX-02	6	24.615	31,17	31,21	31,22	31,23	31,24	31,25	50,01
	JMX-03	5	19.027	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	50
	JMX-04	4	13.691	28,27	28,27	28,27	28,27	28,27	28,27	50
	JMX-05	3	10.270	20,23	20,23	20,23	20,23	20,23	20,23	50
B	2	4.809	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67	50	
Junção	JMX-06	1	0	24,46	24,46	24,46	24,46	24,46	24,46	50

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

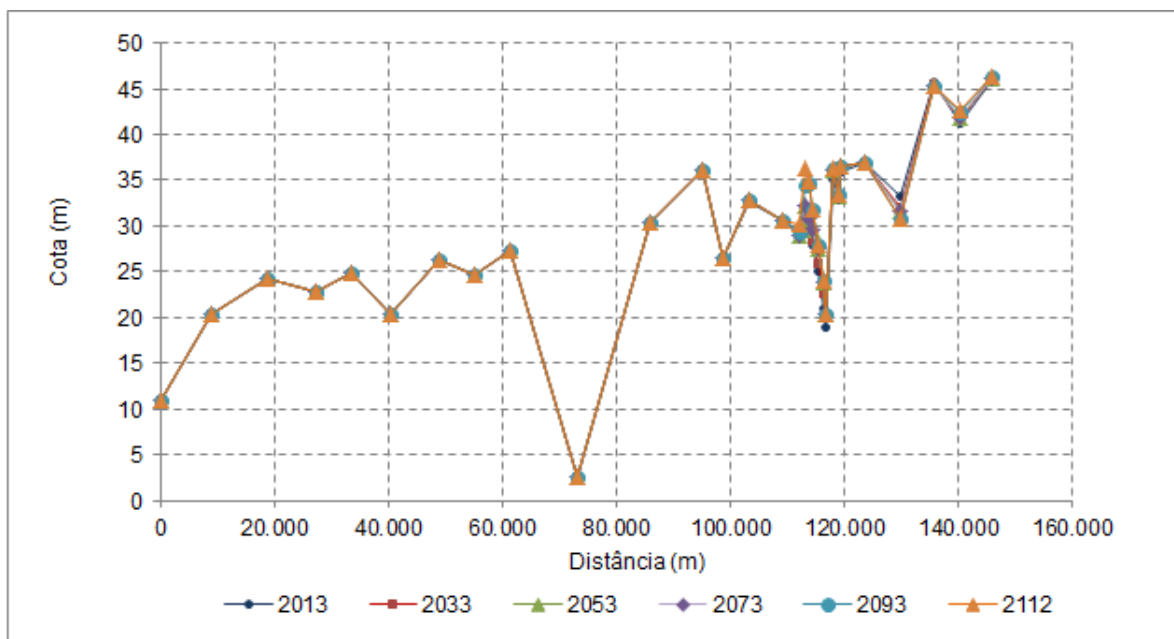


Figura 7.4.1.1.4.3.4.2/01 – Perfil de fundo no Rio Tapajós a montante da barragem – Engelund.

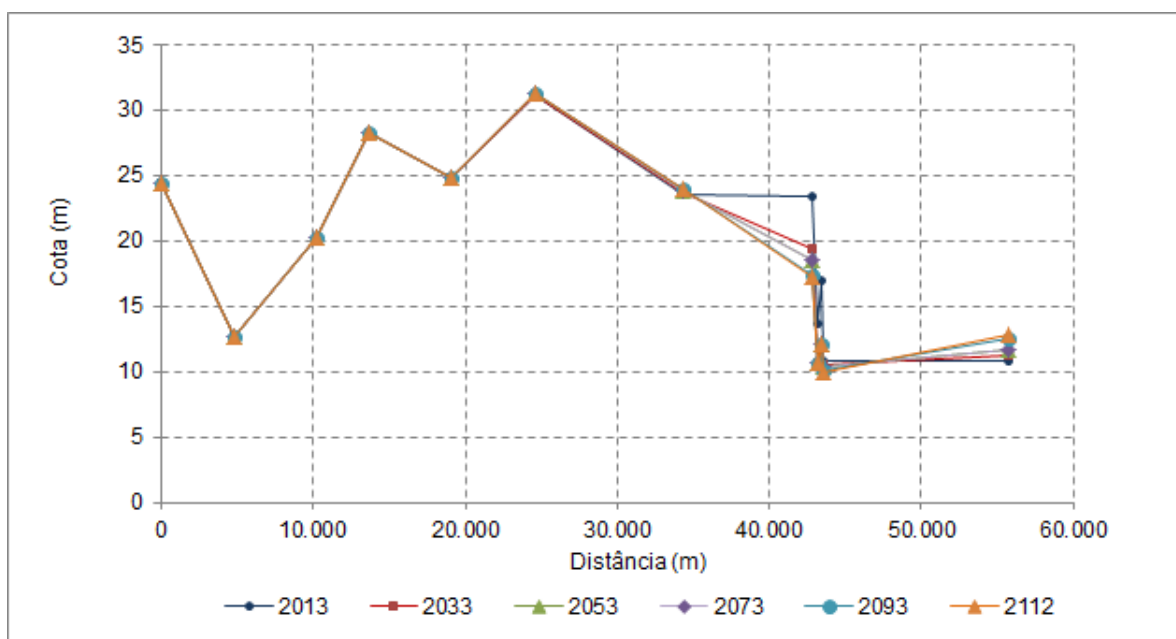


Figura 7.4.1.1.4.3.4.2/02 – Perfil de fundo no Rio Jamanxim – Engelund.

7.4.1.1.4.3.4.3 Estudo de Erosão a Jusante do Aproveitamento

Nos estudos do potencial de erosão considerou-se o trecho a jusante do aproveitamento com seções desde o canal de fuga até Itaituba (Seção STJ02). Logo a

jusante da seção STJ06 inicia a ilha da Goyana que compreende o trecho onde se encontram cavidades, conforme Figura 7.4.1.1.4.3.2.1/02.

Com as condições de fronteira, foram feitas as simulações para as condições naturais nesse trecho, considerando na seção de montante as vazões da curva-chave ajustada, utilizando novamente todas as metodologias de cálculo. Verifica-se, novamente, para a condição natural sem barragem uma tendência ao assoreamento no longo prazo nas proximidades do trecho da ilha da Goyana. Este resultado, de certa forma é coerente com a observação da formação de bancos de areia na região. Mais a jusante, até Itaituba, o trecho apresenta equilíbrio, conforme se observa nas figuras seguintes.

Considerando-se uma retenção da ordem de 1,03% de sedimentos, conforme foi avaliado no estudo de assoreamento, esse panorama seria praticamente o mesmo.

Para fazer uma demonstração por absurdo, considerou-se uma taxa de retenção de 59% de sedimentos, e que conforme já foi visto seria extremamente elevada. Os resultados das simulações no trecho de jusante são apresentados nas Figuras 7.4.1.1.4.4.6.4.3/02 a 7.4.1.1.4.4.6.4.3/06 e Quadros 7.4.1.1.4.4.6.4.3/01 a 7.4.1.1.4.4.6.4.3/10 no **Anexo Geral 7.4.1.1.4 (Volume 5 – Anexos Gerais)**. Na **Figura 7.4.1.1.4.3.4.3/01** e **Quadros 7.4.1.1.4.3.4.3/01** e **7.4.1.1.4.3.4.3/02** são apresentados os resultados para o método de Engelund.

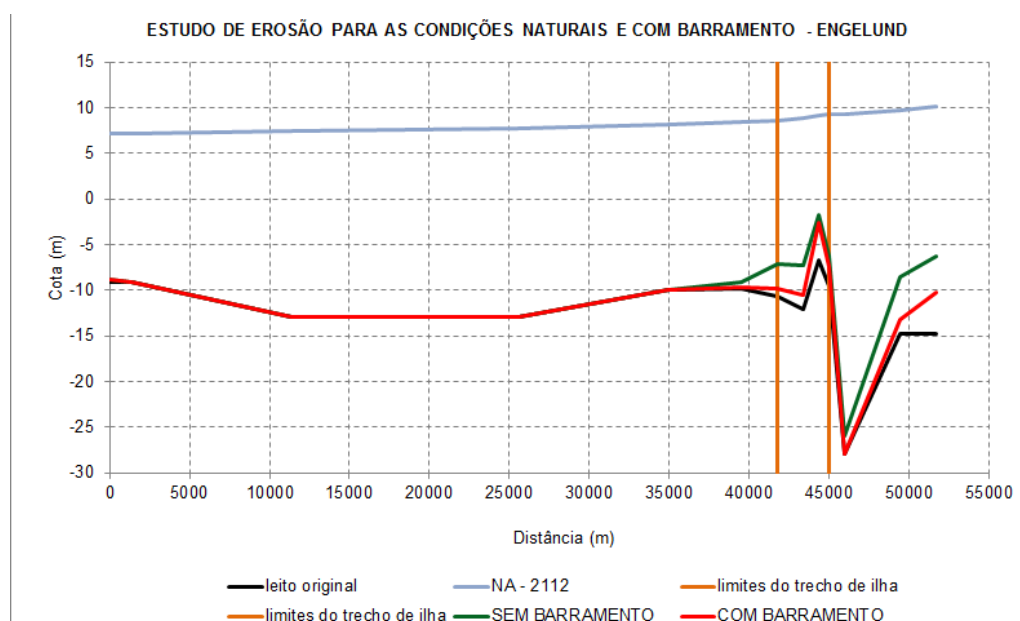


Figura 7.4.1.1.4.3.4.3/01 - Perfil de fundo do rio Tapajós a jusante do Aproveitamento para o método de Engelund, comparando a situação natural e com o barramento após o período de 100 anos.

NOTA: A linha d'água refere-se ao último mês simulado em 2112.

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.3/01 – Jusante do aproveitamento - sem barramento - Método de Engelund.

Seções	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
		2013	2112	2053	2073	2093	2112	2112
CFORÇA	51.671	-14,7	-8,4	-7,7	-7,2	-6,8	-6,3	10,1
Q1	49.400	-14,8	-13,6	-11,4	-9,9	-9	-8,5	9,8
STJ06	45.960	-27,9	-27,8	-27,3	-27	-26,5	-25,9	9,4
SCAV3	44.990	-9,5	-8,1	-6,6	-6,1	-6,4	-6,3	9,3
SCAV2	44.380	-6,7	-5,2	-3,4	-1,9	-1,6	-1,7	9,1
SCAV1	43.390	-12,1	-12	-11,4	-10	-8,3	-7,2	8,8
S2	41.740	-10,6	-10,5	-10,3	-9,6	-8,4	-7,1	8,5
CURRAL	39.486	-9,8	-9,8	-9,8	-9,7	-9,5	-9,1	8,4
STJ05	34.926	-10	-10	-10	-10	-9,9	-9,9	8,1
STJ04	25.512	-13	-13	-13	-13	-12,9	-12,9	7,8
STJ03	11.372	-13	-13	-13	-13	-13	-13	7,5
STJ02	1.429	-9,2	-9,2	-9,1	-9,1	-9,1	-9,1	7,2
ITAITUBA	0	-9,2	-9,1	-9	-8,9	-8,9	-8,8	7,1

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

Quadro 7.4.1.1.4.3.4.3/02 – Jusante do aproveitamento - com barramento - Método de Engelund.

Seções	Distância Acumulada (m)	Fundo (m)						N.A. (m)
		2013	2112	2053	2073	2093	2112	2112
CFORÇA	51.671	-14,8	-12,1	-11	-10,7	-10,4	-10,2	9,2
Q1	49.400	-14,8	-14,7	-14,4	-14	-13,6	-13,2	9,1
STJ06	45.960	-27,9	-27,9	-27,9	-27,9	-27,9	-27,9	8,8
SCAV3	44.990	-9,5	-9,1	-8,2	-7,7	-7,4	-7,4	8,8
SCAV2	44.380	-6,7	-5,8	-4,8	-3,8	-3,1	-2,6	8,6
SCAV1	43.390	-12,1	-12	-11,9	-11,6	-11,2	-10,6	8,6
S2	41.740	-10,6	-10,6	-10,5	-10,4	-10,1	-9,8	8,5
CURRAL	39.486	-9,8	-9,8	-9,8	-9,8	-9,8	-9,7	8,4
STJ05	34.926	-10	-10	-10	-10	-10	-10	8,1
STJ04	25.512	-13	-13	-13	-13	-13	-13	7,8
STJ03	11.372	-13	-13	-13	-13	-13	-13	7,5
STJ02	1.429	-9,2	-9,2	-9,2	-9,2	-9,1	-9,1	7,2
ITAITUBA	0	-9,2	-9,1	-9	-9	-8,9	-8,9	7,1

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

7.4.1.1.4.3.4 Considerações Sobre o Trecho de Jusante do AHE São Luiz do Tapajós

O rio Tapajós a jusante das corredeiras de São Luiz do Tapajós, quando deixa o domínio das rochas do embasamento cristalino, é caracterizado por dois longos trechos com características morfológicas bastante distintas apesar de se encontrar com seus 320 km integralmente desenvolvidos em domínio da Bacia Sedimentar do Amazonas: (a) Corredeiras do pedral do Pereira a cidade de Aveiro e (b) Cidade de Aveiro a confluência com o rio Amazonas.

(a) Trecho do Corredeiras do pedral do Pereira até a cidade de Aveiro

Esse trecho do rio Tapajós, entre as Corredeiras do pedral do Pereira e a sede municipal de Aveiro, se apresenta com uma extensão da ordem de 160 km e largura variável de 2 a 5 km, configuração quase que retilínea e com direção preferencial para NE. Sua calha é ladeada lateralmente por extensas planícies aluviais contínuas com a presença de lagoas marginais, afluentes afogados e presença de extensas ilhas longitudinais associadas à barras arenosas em pontal de grande extensão (Matsuda *et al.* 2010). Representa um significativo ambiente com características eminentemente deposicionais, com forte influência do remanso do rio Amazonas, que alcança a porção terminal das corredeiras do pedral do Pereira com uma altura de até 2 m.

(b) Trecho da cidade de Aveiro até sua foz junto ao rio Amazonas

Nas proximidades da cidade de Aveiro, o rio Tapajós passa de uma largura média de 3 km para dar lugar ao início da denominada “Ria do Tapajós”, que se estende até sua foz por uma extensão de 160 km, com largura variável de 10 a 20 km e direção NNE.

Diferentemente do trecho anterior, a ria em seu corpo principal não apresenta ilhas e os depósitos arenosos encontram-se predominantemente adjacentes às margens ou em forma de “barras” voltadas com a porção final para montante, ao contrário do fluxo do rio Tapajós, e já muito influenciado pelo rio Amazonas, principalmente em sua porção mais a jusante.

Segundo Araki *et al.* 2013, a reconstrução da dinâmica sedimentar responsável pela formação dessas barras arenosas do baixo rio Tapajós, com base em informações geomorfológicas, de fácies sedimentares e seções estratigráficas de radar de penetração de solo indicam transporte e deposição de sedimentos por corrente de deriva litorânea gerada por ondas. O crescimento dessas feições para montante do Tapajós é resultado do bloqueio do rio Tapajós pelo rio Amazonas, o qual alimenta um

delta do tipo “bird’s foot”, que cresce em direção à montante do rio Tapajós durante as cheias do rio Amazonas.

Logo, todo trecho do rio Tapajós, a jusante da Corredeiras do pedral do Pereira, se apresenta como um ambiente eminentemente deposicional, ao contrário do seu trecho de montante, onde será instalado o futuro reservatório do AHE São Luiz do Tapajós, onde os processos erosivos são bastante significativos.

Resultados de estudos de simulação matemática, já considerando a formação do futuro reservatório, visando à avaliação de sua vida útil e do efeito erosivo a jusante do barramento, demonstram que esses efeitos são localizados, não indo além do final das corredeiras do pedral do Pereira, onde o rio já se apresenta em situação de equilíbrio e sem a atuação dos efeitos erosivos.

Adicionalmente a esses aspectos, o arranjo estrutural do empreendimento do AHE São Luiz do Tapajós, com as estruturas vertentes e saídas das casas de máquinas posicionadas próximas ou abaixo do nível da calha do rio favorecendo a passagem dos sedimentos advindos de montante, conjugados com o pequeno tempo de retenção no reservatório que opera a “fio d’água”, se constituem em fatores para a manutenção do estado de equilíbrio no tocante aos aspectos deposicionais de jusante.

Dessa forma, não são esperadas alterações nos depósitos arenosos e praias de jusante, que se concentram preferencialmente por toda região de Itaituba e Aveiro, e muito menos, nas praias da porção do baixo Tapajós, até por que, o efeito do barramento do Tapajós pelo Amazonas e seu efeito de remanso, atuam no sentido de neutralizar qualquer componente erosivo advindo de montante.

As **Fotos 7.4.1.1.4.3.4/01 a 7.4.1.1.4.3.4/11**, obtidas a partir do *Google Earth Pro* (abril de 2013) - License Key JCPMHJVMKS0C1Y9 - buscam ilustrar alguns dos aspectos acima descritos, sendo as Fotos 7.4.1.1.4.3.4/01 a 04 representativas do trecho entre as corredeiras do pedral do Pereira e Aveiro; a Foto 7.4.1.1.4.3.4/05 da zona de transição para o trecho da “ria”; as Fotos 7.4.1.1.4.3.4/06 a 08 de aspectos da “ria”; e as Fotos 7.4.1.1.4.3.4/09 a 11 de aspectos da confluência do rio Tapajós com o rio Amazonas.

As Fotos 7.4.1.1.4.3.4/01 e 02 mostram feições típicas do canal do rio Tapajós entre a corredeira do pedral do Pereira e Itaituba, onde pode ser visualizada a existência de extensas planícies aluvionares com a presença de lagoas alongadas, extensas ilhas e significativos depósitos de areia em forma de dunas (praias), bem como barras arenosas submersas no entorno dessas ilhas.

Nas Fotos 7.4.1.1.4.3.4/03 e 04, no trecho do rio Tapajós entre as cidades de Itaituba e Aveiro ocorrem um complexo de ilhas com significativa presença de lagoas, planícies aluviais e drenagens afogadas. Os cordões arenosos, no geral se apresentam colonizados por vegetação aluvial.

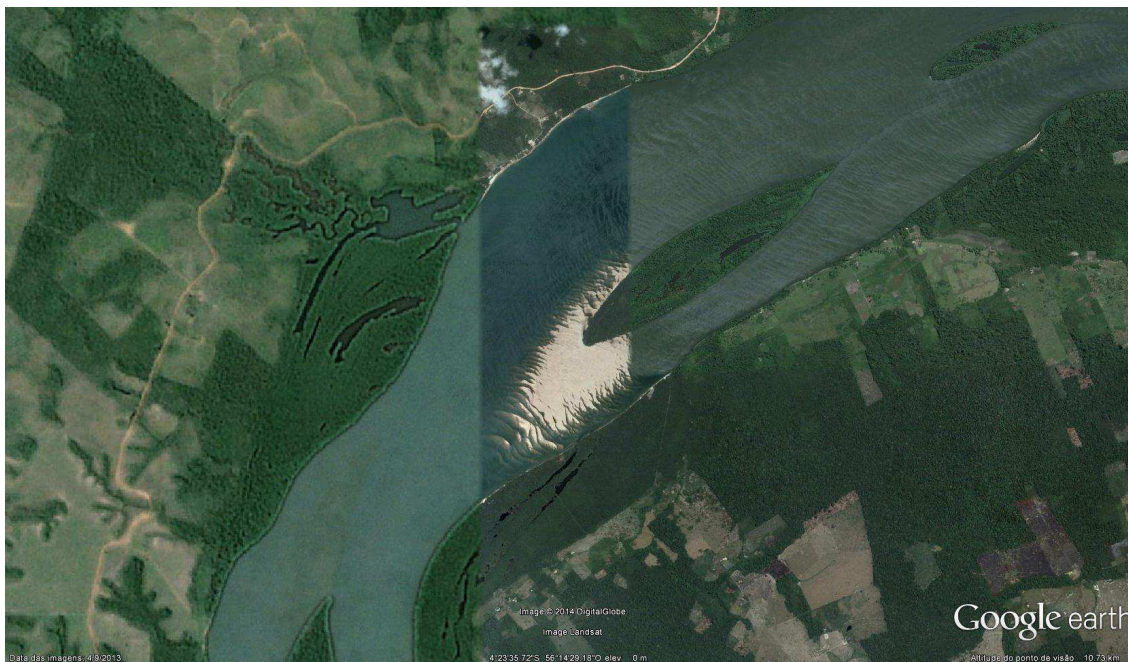


Foto 7.4.1.1.4.3.4/01 – Rio Tapajós nas proximidades da Ilha Goyana – Extensas planícies aluviais com lagoas marginais, ilhas e depósitos de areia em dunas.

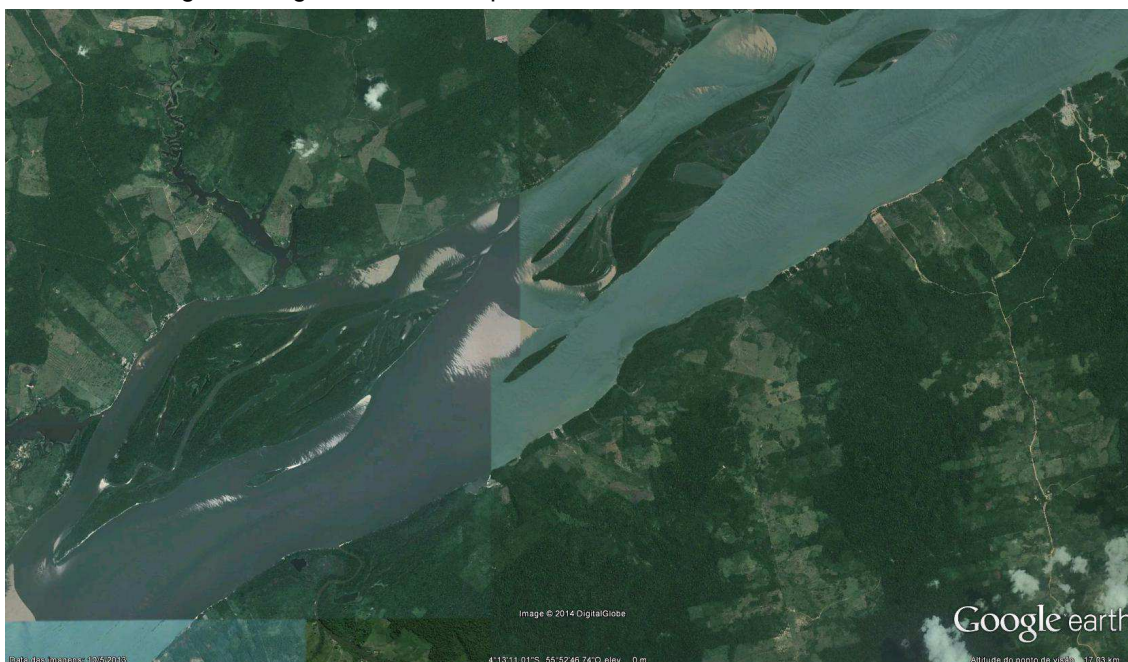


Foto 7.4.1.1.4.3.4/02 – Rio Tapajós nas proximidades de Itaituba – Complexo de ilhas com depósitos arenosos e presença de drenagem afogada.

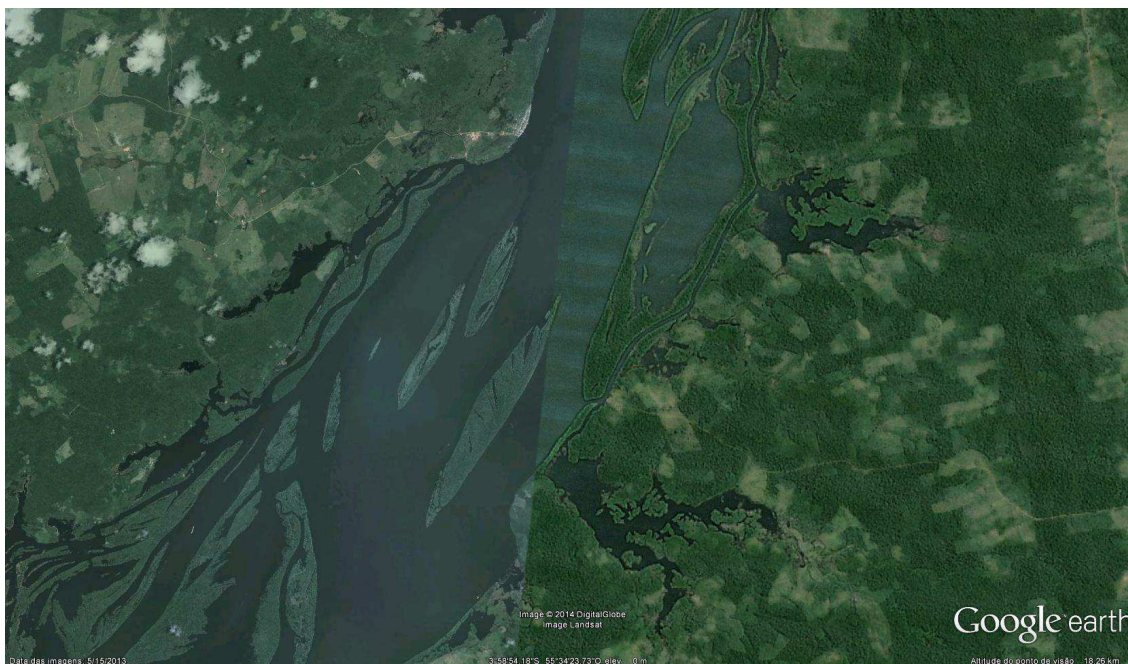


Foto 7.4.1.1.4.3.4/03 – Rio Tapajós nas proximidades de Brasília Legal – Extenso complexo de ilhas com lagoas marginais e presença de drenagens afogadas

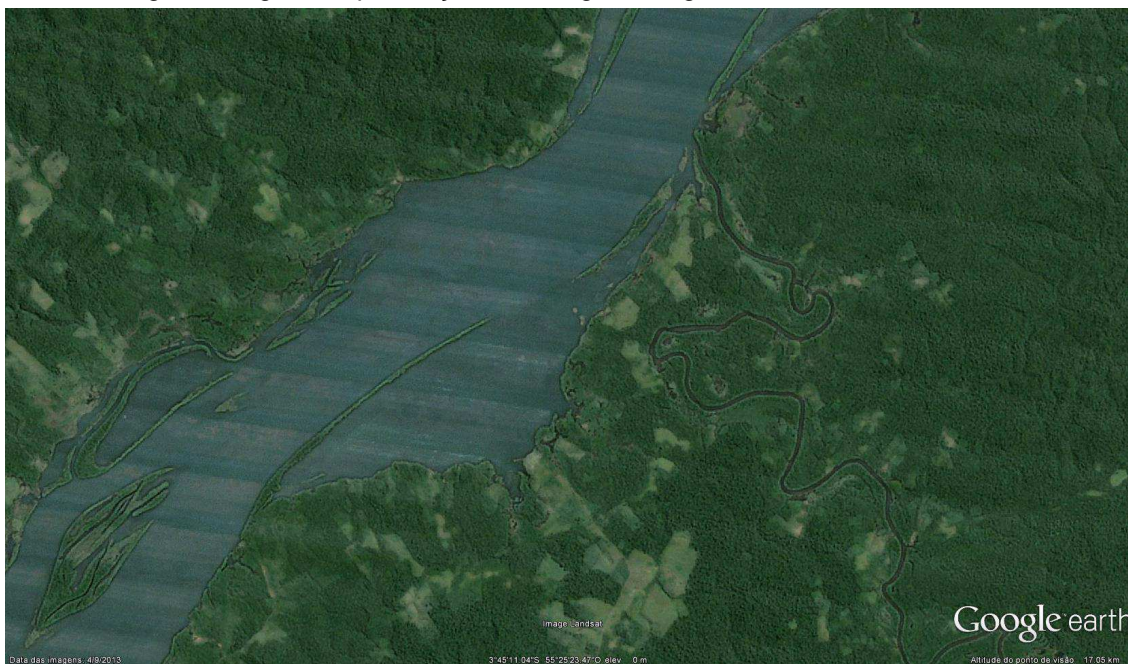


Foto 7.4.1.1.4.3.4/04 – Rio Tapajós nas proximidades de Urucurituba – Cordões arenosos colonizados por vegetação aluvial nas proximidades da foz do rio Cupari, meandrante.

A Foto 7.4.1.1.4.3.4/05 em Aveiro, mostra a zona de transição do rio Tapajós montante, para a “Ria Tapajós”, onde em menos de 20 km de extensão passa de uma largura de 3 km para mais de 10 km a jusante, entalhada nos sedimentos da Formação Alter do Chão.

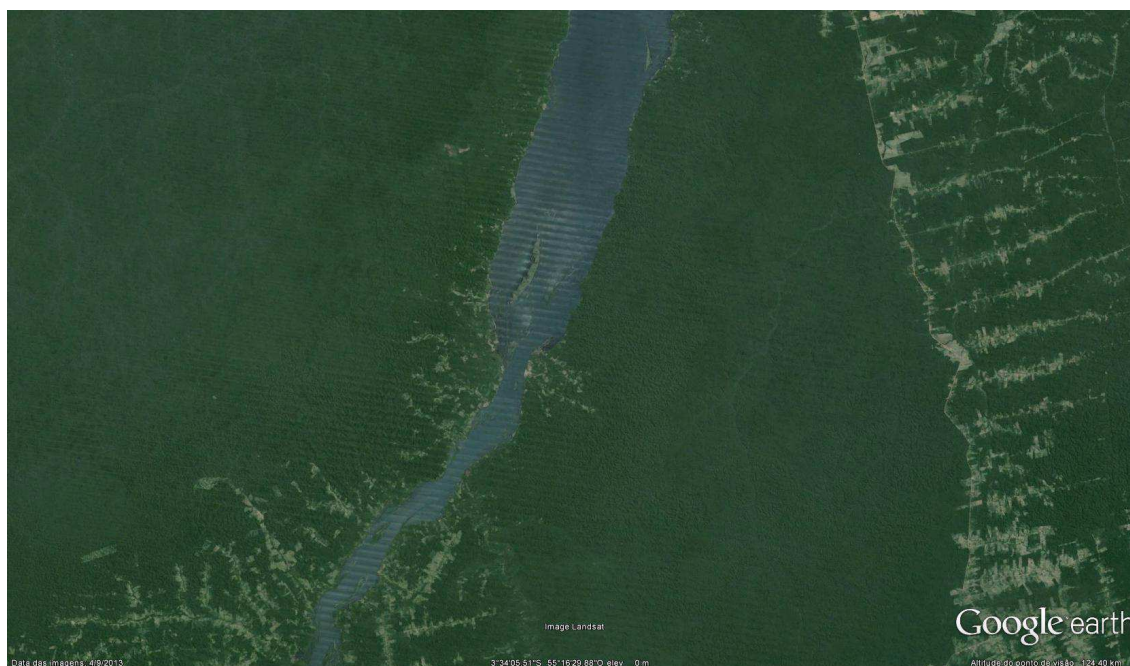


Foto 7.4.1.1.4.3.4/05 – Rio Tapajós em Aveiro mostrando a zona de transição do trecho de montante para a ria jusante.

As Fotos 7.4.1.1.4.3.4/06 a 08 ilustram alguns aspectos das margens da “ria Tapajós”, onde a partir da região de Itapaúna para a região de Santarém nota-se um incremento na presença e concentração das praias adjacentes às margens do rio Tapajós. Um aspecto relevante verificado é que, como aponta Araki *et al* (2013), as barras arenosas, quando se tornam mais frequentes como nas regiões de Amorim e Maguari (Foto 7.4.1.1.4.3.4/07, por exemplo), se apresentam com seu crescimento para montante do rio Tapajós, proporcionado pela formação de ondas devido à ação dos ventos alísios de NE e concentrando os depósitos arenosos adjacentes às margens.

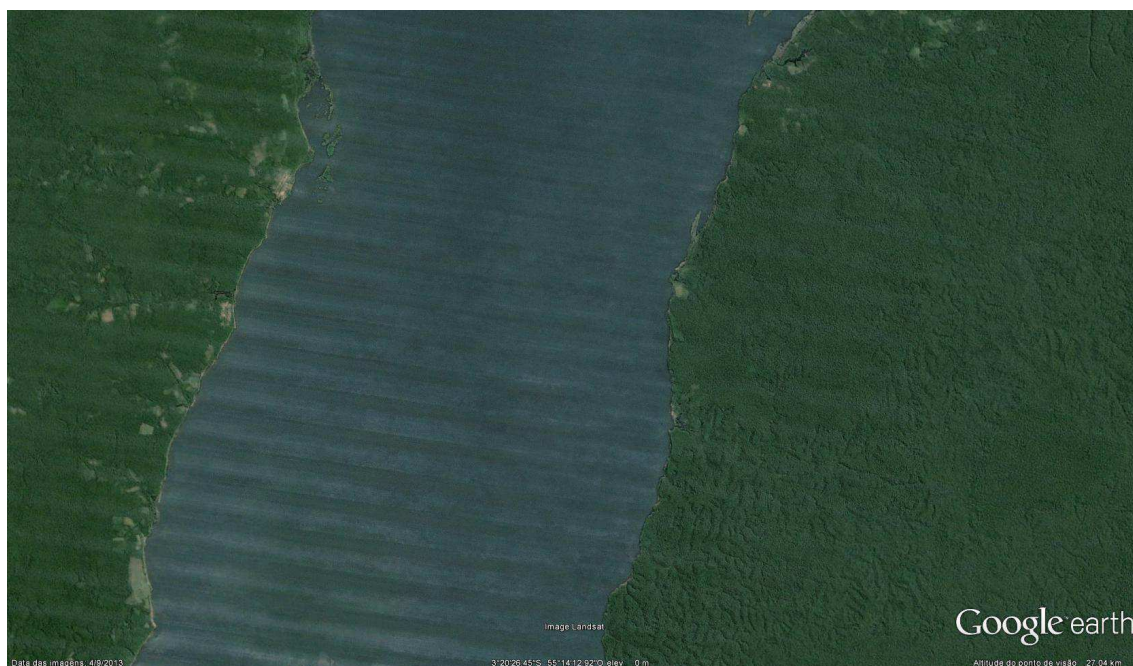


Foto 7.4.1.1.4.3.4/06 – Rio Tapajós entre as localidades de Itapaúna a Uruará onde os depósitos arenosos estão praticamente ausentes.

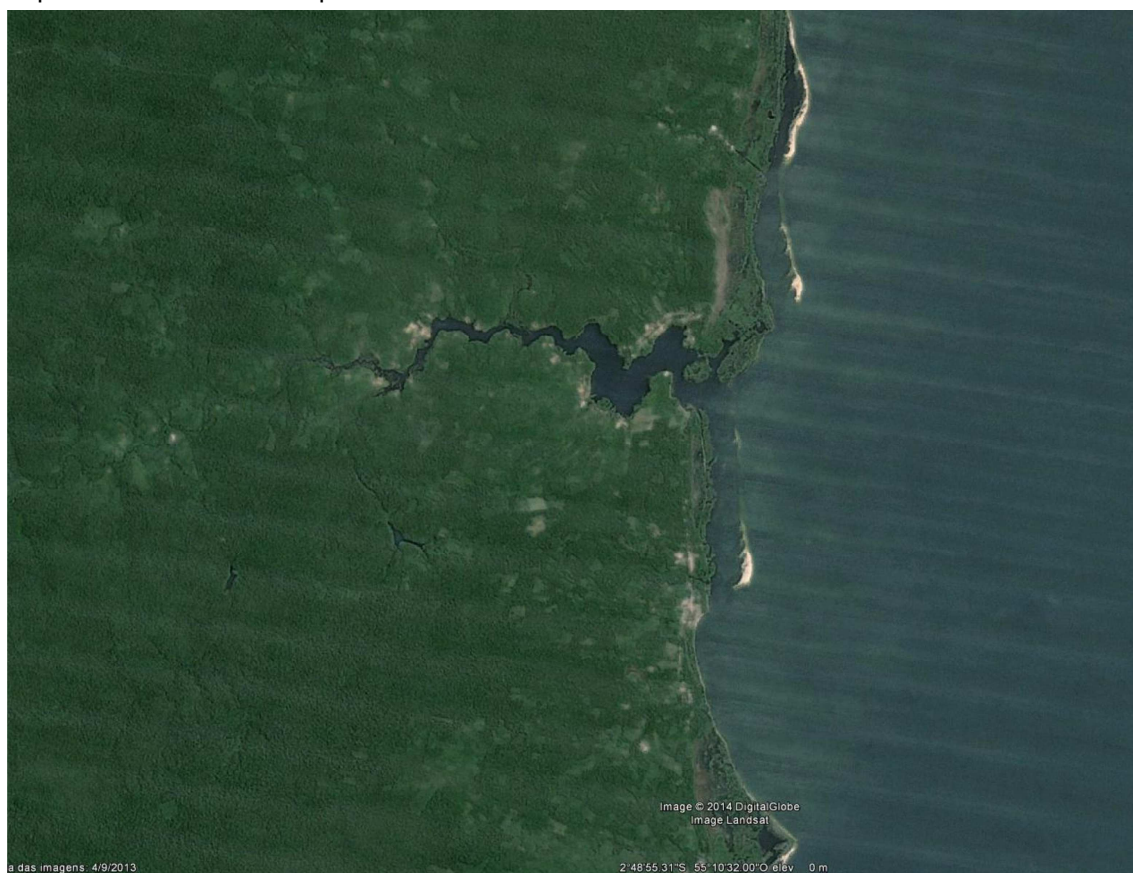


Foto 7.4.1.1.4.3.4/07 – Rio Tapajós na região de Amorim – Formação de barras arenosas com crescimento para montante formadas por ondas devido à ação dos alísios de NE.



Foto 7.4.1.1.4.3.4/08 – Rio Tapajós em Alter do Chão – Formação de depósitos arenosos (praias), e drenagem afogada (Lago Verde).

As Fotos 7.4.1.1.4.3.4/09 a 11 ilustram os aspectos morfológicos e deposicionais da foz do rio Tapajós barrado pelas águas do rio Amazonas. O principal braço do Amazonas, junto à confluência do Tapajós, se apresenta com uma configuração geométrica côncava, atuando como uma grande barreira e condicionando o escoamento das águas do Tapajós por um canal adjacente à cidade de Santarém (Foto 7.4.1.1.4.3.4/10), onde as águas claras do Tapajós passam a ser gradualmente misturadas às águas barrentas do Amazonas.

A barreira de sedimentos que ladeia a margem direita do rio Amazonas nesse trecho é conformada por leques deposicionais tipo “bird’s foot” com sua frente de deposição voltada para o rio Tapajós. Os leques mais antigos (pelo menos em número de dois) já se encontram colonizados por uma vegetação aluvial. Um terceiro leque em condição ainda ativa, permite que a ingressão de parte das águas barrentas com sedimentos em suspensão do Amazonas invada as águas claras do Tapajós, formando um complexo de pequenos deltas conjugados, como mostra a Foto 7.4.1.1.4.3.4/11.

Esse tipo de conformação morfológica com porções de águas represadas, como o Lago Verde de Alter do Chão e a enseada que banha a cidade de Santarém, se

constituem em ambientes bastante propícios para o desenvolvimento de micro-organismos fitoplanctônicos, o que pode ser potencializado pelas condições de saneamento local.

Situação essa já detectada por Canto de Sá *et al.* (2010), na margem direita do rio Tapajós, próximo à cidade de Santarém, onde foi detectada a ocorrência de floração de cianobactérias de dois gêneros, que são potencialmente produtores de cianotoxinas (*Anabaena* e *Microcystis*). Esse episódio também foi relatado por Silva (2012) na mesma região.

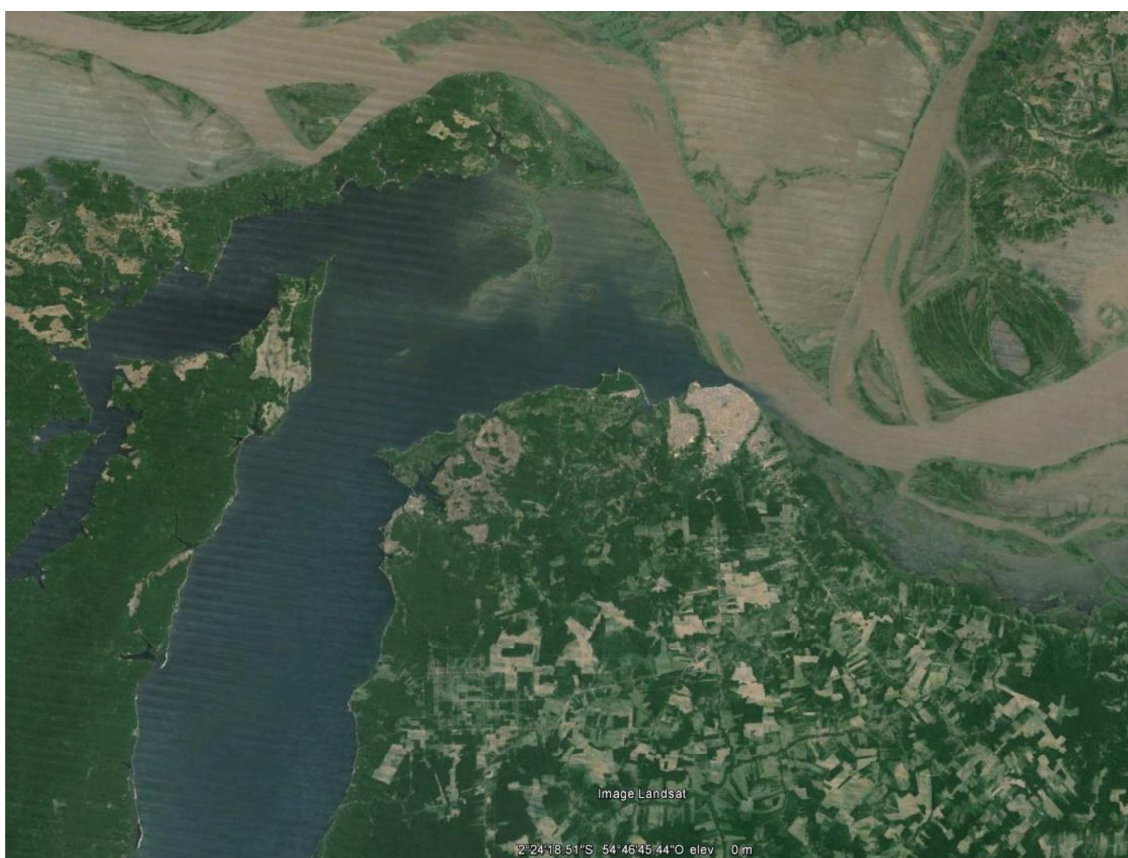


Foto 7.4.1.1.4.3.4/09 – Aspecto geral da confluência do rio Tapajós (água clara) com o rio Amazonas (água barrenta). Notar o barramento do rio Tapajós por uma sequência de deltas voltados para a calha do rio Tapajós.



Foto 7.4.1.1.4.3.4/10 – Aspecto geral do escoamento das águas do rio Tapajós adjacente à cidade de Santarém. Verificar o cordão de depósitos arenosos (praias) bordejando a MD do Tapajós e a formação de delta na MD do Amazonas.



Foto 7.4.1.1.4.3.4/11 – Aspecto da MD do rio Amazonas com formação de deltas voltados para o rio Tapajós. Notar que junto ao canal alimentador do delta ativo ocorre um complexo de vários deltas menores que avançam pela calha do Tapajós.

7.4.1.1.4.3.5 Conclusões

O estudo sedimentológico levou à conclusão que o processo de assoreamento no reservatório do AHE São Luiz do Tapajós é bastante reduzido e, portanto, não se observou qualquer processo erosivo a jusante, pelo contrário, houve uma tendência a assoreamento em longo prazo.

Para o caso específico do AHE São Luiz do Tapajós, concebido para operar a fio d'água, já era esperado que o processo de assoreamento fosse pouco significativo e, portanto, com baixo impacto em termos erosivos a jusante, ao contrário do que ocorre em reservatórios que operam com regularização de vazões. De fato os resultados da modelagem matemática apontam um reduzido processo de assoreamento do corpo do reservatório, sem erosões a jusante do barramento e isto se deve aos seguintes fatores:

- **Baixas Concentrações de Descarga Sólida**

As baixas concentrações de descarga sólida verificadas pelas campanhas de levantamentos hidrossedimentométricos refletem as condições preservadas das

bacias contribuintes, cujos solos apresentam-se protegidos por uma densa cobertura vegetal.

No **Quadro 7.4.1.1.4.3.5/01** são apresentados os valores das concentrações dos sólidos suspensos obtidas das quatro campanhas de monitoramento na calha do Tapajós, que assinalam, de forma geral, concentrações mais reduzidas ao comparar com índices obtidos de outras de bacias amazônicas.

Quadro 7.4.1.1.4.3.5/01 – Concentrações de Descargas Sólidas na Calha do Tapajós – EIA-RIMA (2012).

Estação	1ª Campanha	2ª Campanha	3ª Campanha	4ª Campanha
Período de Amostragem	Cheia	Vazante	Seca	Enchente
CT7A (mg/L)	30	23	111	29
CT6A (mg/L)	43	30	76	42
CT4 (mg/L)	42	31	35	-
Praia do Curral (mg/L)	36	57	81	64
Itaituba (mg/L)	31	15	76	49

Estas condições são confirmadas também pelas amostragens realizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA em diversos pontos da bacia do Tapajós, que apontam também valores reduzidos de descarga sólida em suspensão.

No **Quadro 7.4.1.1.4.3.5/02** são apresentados os resultados das campanhas desenvolvidas nas estações fluviométricas de Itaituba e Jatobá operadas pela ANA, localizadas mais próximas da região dos estudos e que detêm um período histórico de medições de descarga líquida. Para a estação de Itaituba foram considerados os dados monitorados a partir do ano 2000. Para a estação de Jatobá considerou-se a série histórica disponível abrangendo o período observado entre os anos de 1977 e 1982.

Quadro 7.4.1.1.4.3.5/02 - Concentrações de Sedimentos no Tapajós – EIA-RIMA (2012).

Estação: Itaituba		Estação: Jatobá	
Data	Concentração (ppm)	Data	Concentração (ppm)
22/01/00	21,81	16/08/77	2,46
22/05/00	9,97	11/10/77	3,28
06/08/00	7,43	20/12/77	13,27
02/11/00	3,04	20/04/78	23,71
29/01/01	8,07	15/06/78	10,10
18/07/01	3,79	23/08/78	3,53
21/10/01	11,46	20/10/78	5,76
15/02/02	8,08	17/12/78	17,52
14/05/02	2,88	12/02/79	27,30
22/08/02	7,39	14/02/81	5,74
12/12/02	13,26	07/06/81	9,43
28/11/03	15,90	19/08/81	11,26

Estação: Itaituba	
Data	Concentração (ppm)
31/07/05	1,00
09/11/05	5,00
03/03/06	7,61
21/06/06	8,42
15/09/06	3,26
30/11/06	11,35
13/12/07	12,69
07/04/08	9,17
07/04/08	9,17
31/07/08	2,24
06/11/08	9,25
26/07/09	5,35
27/10/09	7,96
10/05/10	10,51
30/7/2010	4,63
31/10/2010	4,68
30/1/2011	18,03
6/5/2011	7,11
Média	8,35

Estação: Jatobá	
Data	Concentração (ppm)
22/10/81	17,96
20/12/81	15,93
13/05/82	17,98
16/07/82	9,46
22/09/82	7,52
19/11/82	13,49
Média	11,98

FONTE: ANA, 2013.

Esses valores se assemelham a outros da Bacia Amazônica, conforme pode-se ver na **Figura 7.4.1.1.4.3.5/01**, com dados de postos da ANA que ilustram esse fato. A excessão que se faz refere-se aos dados do rio Madeira, que nasce em zona de cordilheira e tem seu curso superior sem o mesmo nível de proteção, carreando grandes concentrações de sedimentos. Outros postos localizados na região Sudeste do Brasil (territórios paulista e mineiro), a exemplo de outros rios brasileiros com diferentes características de bacias e níveis de exposição do solo, apresentam concentrações consideravelmente superiores ao Tapajós.

- **Tempo de Residência da Água**

O reduzido tempo de residência da água refletem a menor capacidade de retenção de sedimento no corpo do reservatório. Considerando a vazão média de longo termo no local do eixo de 12.999 m³/s e o volume do reservatório de 7.765,99 * 10⁶ m³ operando a fio d'água na cota 50,0m, o tempo de residência do reservatório resulta em 6,9 dias, o que permite caracterizar o reservatório como corpo d'água assemelhado a ambiente lótico. Considerando os compartimentos que compõem o corpo central do reservatório, onde a circulação da água ocorrerá de forma preferencial, o tempo de residência da água resulta em 5,3 dias.

- **Arranjo das Estruturas Hidráulicas**

Os posicionamentos da tomada d'água da casa de força principal, da casa de força complementar e das soleiras vertentes em cotas próximas do fundo do rio deverão

favorecer a veiculação dos sedimentos para jusante, conforme pode-se ver da descrição dessas estruturas apresentada a seguir:

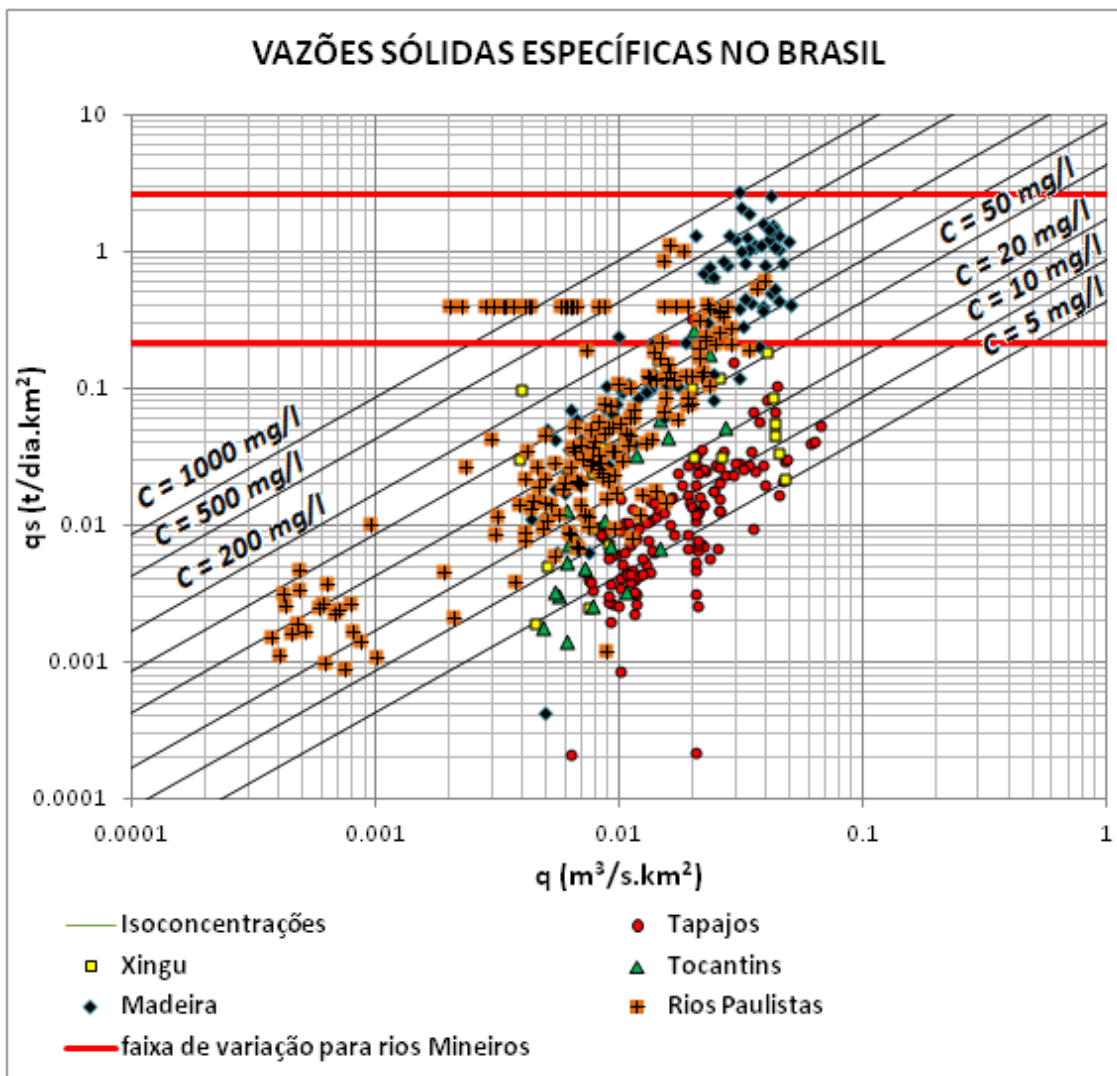


Figura 7.4.1.1.4.3.5/01 - Dados de concentração em várias regiões do país.

NOTA: A linha vermelha refere-se à faixa de variação das vazões sólidas específicas médias anuais dos postos ANA dos rios Indaiá, Mesquita, Andorinhas e Pará, no estado de Minas Gerais.

- **Casa de Força Principal.** Tomada d'água e casa de força de concreto armado, abrigando 36 unidades geradoras dotadas de turbina tipo Kaplan, com capacidade total de engolimento de aproximadamente 26.000 m³/s. A cota da soleira de entrada da tomada d'água da casa de força principal foi estabelecida em 6,50 metros, conforme apresentado na **Figura 7.4.1.1.4.3.5/02**.

- **Casa de Força Complementar.** Tomada d'água e casa de força de concreto armado, abrigando 2 unidades geradoras dotadas de turbina tipo Kaplan, com capacidade total de engolimento de 1.068 m³/s. A cota da soleira de entrada da tomada d'água da casa de força secundária foi definida em 18,0 metros, conforme apresentado na **Figura 7.4.1.1.4.3.5/03**.
- **Vertedouro.** Concebido com a forma geométrica de um perfil tipo Creager com coroamento na cota 30,0 m, é dotado de comportas segmento, projetado para veicular uma vazão de projeto decamilenar de 59.839 m³/s, conforme apresentado na **Figura 7.4.1.1.4.3.5/04**.

A fim de melhor aferir a circulação da água do reservatório na região próxima ao eixo do AHE São Luiz do Tapajós é apresentado na **Figura 7.4.1.1.4.3.5/05** um relatório de saída do modelo MIKE 21, onde é retratada a conformação das linhas de fluxo de vazões representativa de uma condição hidrológica média. A simulação retrata um cenário de operação do aproveitamento associada a uma vazão média (12.999 m³/s), considerando como condição de contorno o aporte de uma vazão de 11.931 m³/s na casa de força principal e 1.068 m³/s na casa de força secundária e nível d'água operacional estabelecido na cota 50,0 m.

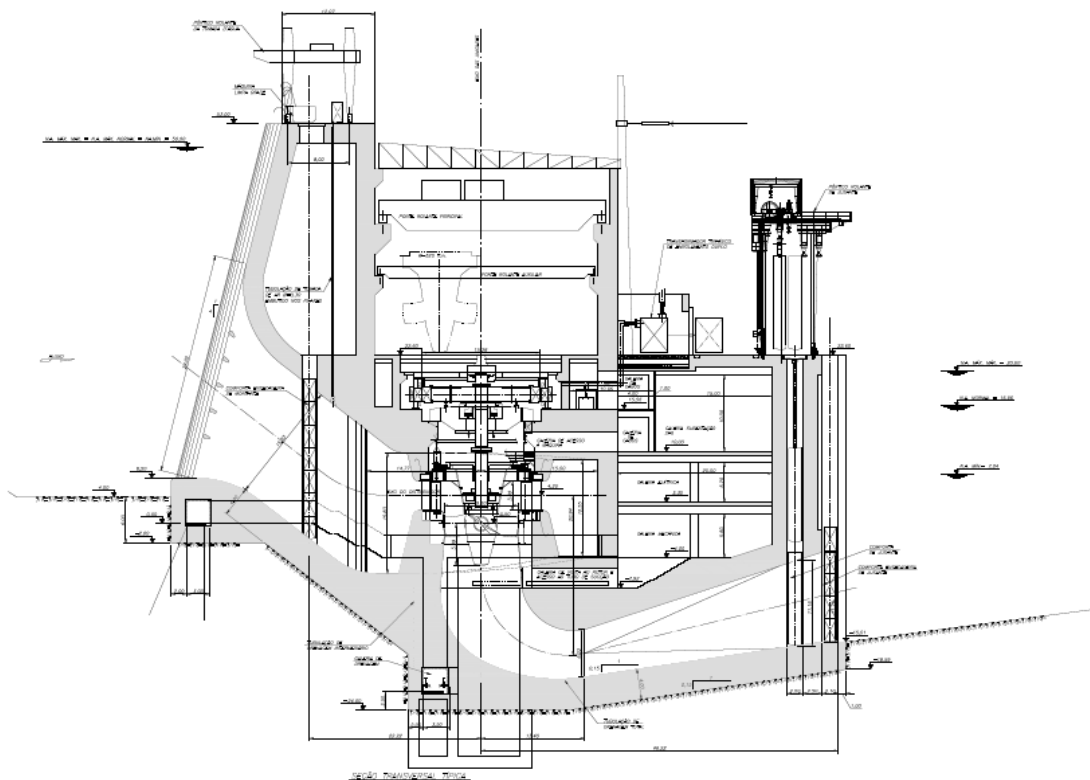


Figura 7.4.1.1.4.3.5/02 - Casa de Força Principal.

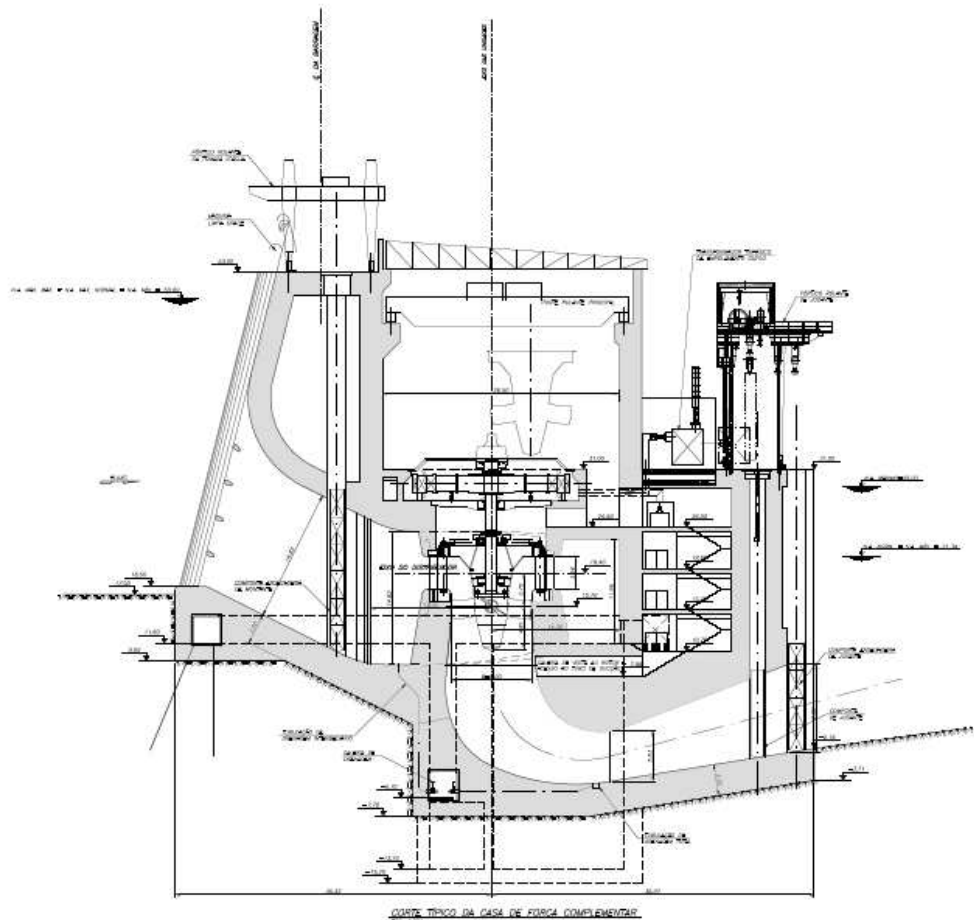


Figura 7.4.1.1.4.3.5/03 - Casa de Força Secundária.

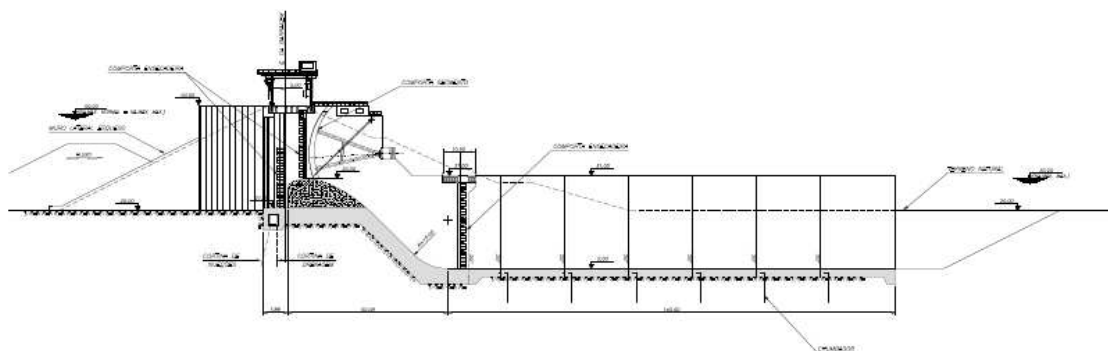


Figura 7.4.1.1.4.3.5/04 – Estrutura Vertente.

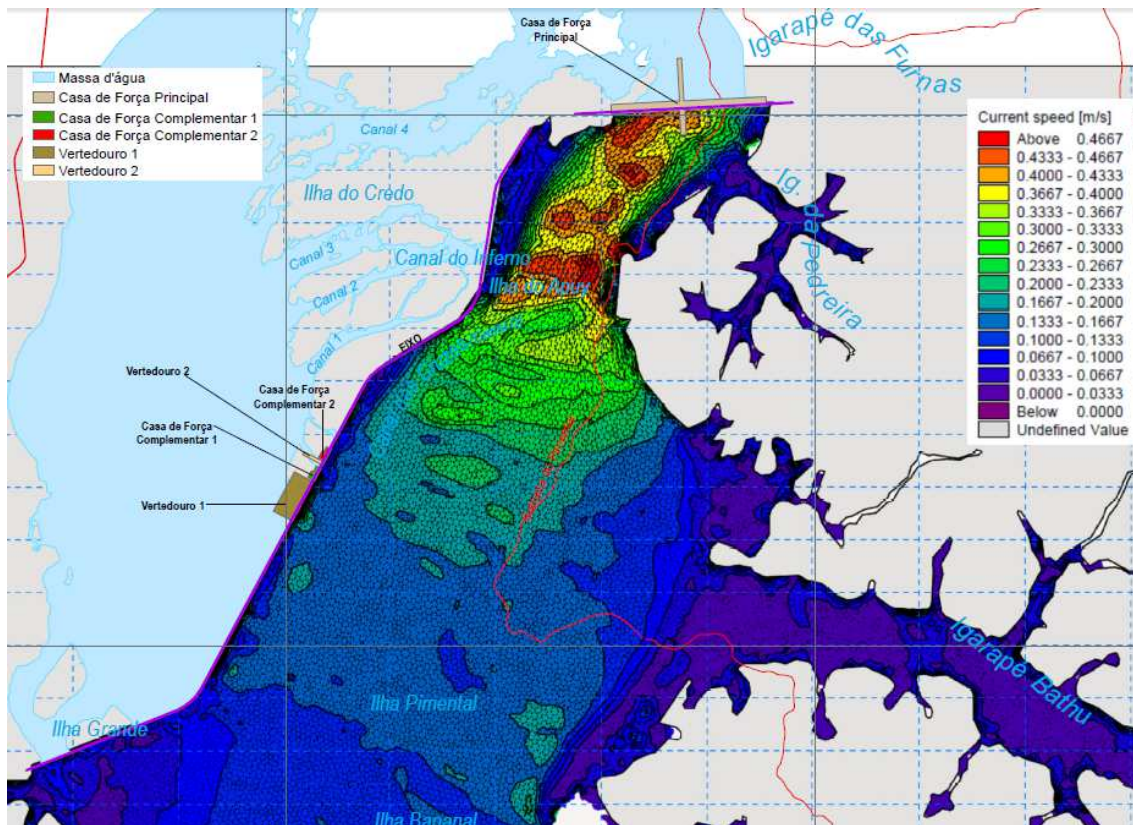


Figura 7.4.1.1.4.3.5/05 – Distribuição de Velocidades no Reservatório Próximo ao Barramento.

Diferentemente do que se verifica na calha central do reservatório, os braços tributários irão formar compartimentos com maiores tempo de residência o que irá favorecer uma condição mais intensa de processo de assoreamento, com a tendência de formação de barras de sedimentos adentrando para o interior dos braços remansados.

É importante ressaltar que os projetos mais recentes concebidos para funcionar a fio d'água, são projetados para que haja o favorecimento da passagem de sedimentos pelas estruturas, de forma a não formar assoreamento a montante que possa comprometer as tomadas d'água das turbinas. Um exemplo de maior significado dentro desse conceito são os empreendimentos do rio Madeira.

- **Conclusões finais sobre o processo sedimentológico**

Em razão das considerações apresentadas anteriormente quanto às características naturais do rio Tapajós, ou seja, as informações disponíveis sobre as granulometrias dos sedimentos amostrados em suspensão e o material de composição do leito, bem como a série histórica de medições de concentrações e das campanhas, além do fato da bacia hidrográfica ser bastante protegida por floresta, já existiam indicações de uma baixa capacidade de transporte sólido no rio Tapajós a exemplo de outros rios da bacia Amazônica com essas mesmas características. Em regiões úmidas com grande cobertura de vegetação é natural que a vida útil seja muito elevada, da ordem de centenas de anos. As características do empreendimento, a exemplo de outros aproveitamentos hidroelétricos mais recentes concebidos para funcionarem a fio d'água, portanto sem volume de regularização, também davam indicação de volumes de assoreamento muito modestos como efetivamente foi verificado nas simulações.

Condições mais adversas quanto a ocorrência de processos de assoreamento deverão ser verificadas nos cursos dos tributários onde são desenvolvidas as atividades mineração do ouro, e que confere elevada turbidez das águas. Dentre estes tributários, destacam-se o rio Ratão situado próximo aos limites da linha do remanso do reservatório e mais a montante o igarapé Bom Jardim e rio Creporí, cujas águas apresentam fortemente impactadas pelos altos índices de turbidez. A coloração das águas é bastante visível a partir do encontro da água destes afluentes com o rio Tapajós, conformando uma faixa distinta entre as águas barrentas oriundas do tributário com as tonalidades mais claras do rio Tapajós. Neste grupo de mananciais citam-se outros tributários de menor porte, que em maior ou menor grau são afetadas pelas atividades garimpeiras, destacando-se o igarapé Pudica, Jutaiá, da Montanha, Farmácia e São João, que a exceção do igarapé Pudica irão conformar braços tributários no reservatório. Os altos índices de turbidez verificados no curso destes igarapés devem-se em grande parte, das cargas de lavagem constituídas principalmente pelos sedimentos coesivos (granulometria na faixa da argila e silte), que em quase sua totalidade serão veiculados para jusante da barragem.

Quanto aos estudos do potencial de erosão, o segmento de interesse compreende o trecho do rio Tapajós a jusante do Pedral do Pereira onde a influência do remanso é mais determinante atingindo variações até próxima de 4 metros. Portanto, nessa região o transporte de sedimentos será diretamente influenciado pelo efeito de remanso propagado do rio Amazonas cujos efeitos são percebidos até o canal de fuga da casa de força principal. Nessa região há particular interesse na região da ilha da Goyana onde existe a ocorrência de cavidades em uma das margens, que constituem regiões de abrigos naturais.

As modelagens matemáticas apresentaram para a condição natural uma tendência ao assoreamento de alguns trechos, no longo prazo, onde se inclui a região das cavidades. Esse é um fenômeno típico de regiões arremansadas.

Os estudos de assoreamento indicaram uma taxa de retenção da ordem de 1,03% do material que adentrará no reservatório no período de 100 anos. Portanto este fato demonstra que a presença do empreendimento não afetará a dinâmica do regime de transporte sólido.

Apesar dessas evidências, procurou-se demonstrar que se fosse utilizado o critério dos estudos de estimativa de vida útil do empreendimento, considerando uma taxa de retenção de 59%, ainda assim haveria alguma tendência a processos de assoreamento no trecho que compreende as cavidades.

Considerando a situação de implantação do empreendimento continuou a ser verificada a tendência ao assoreamento no trecho das cavidades no longo prazo, embora de forma ligeiramente atenuada. Portanto, pelo que se analisou, a implantação do empreendimento não influi na possibilidade de ocorrência de erosão que pudessem colapsar as margens onde se encontram as cavidades.

Existem ainda um aspecto secundário que contribui para a redução dos efeitos que normalmente ocorrem a jusante de barramentos. No caso desse empreendimento, as vazões ordinárias são veiculadas pelas turbinas resultando na dissipação de grande parte da energia cinética que nas condições naturais, anteriores à construção da barragem, passariam pelo trecho encachoeirado. Como consequência disso há uma redução significativa do padrão de turbulência do escoamento e portanto da capacidade de transporte sólido favorecendo ainda mais a condição de ambiente deposicional. Mais a jusante, já na área de influência do remanso do rio Amazonas nota-se uma tendência ao equilíbrio morfológico.

7.4.1.1.4.4 Qualidade dos Sedimentos

Os sedimentos são constituídos por materiais sólidos depositados no leito dos corpos hídricos, provenientes, em geral, do carreamento de solos a partir da bacia de drenagem pelas águas pluviais (areia, silte e argila), pela deposição de matéria orgânica em decomposição, entre outros processos.

Do ponto de vista qualitativo, os sedimentos atuam como depósito de compostos orgânicos e minerais, servindo de substrato para organismos de hábito bentônico, entre os quais bactérias e larvas de insetos, nos quais desenvolvem intensa atividade biológica de decomposição. O sedimento e a interface sedimento-água exercem papel relevante nos ciclos biogeoquímicos, em especial do fósforo, que pode se precipitar

nos lagos e reservatórios ou se solubilizar dependendo dos eventos de circulação da água, de estratificação térmica e das alterações de pH e de potencial redox.

Muitos produtos químicos, entre os quais metais pesados e agrotóxicos, tendem a se concentrar no substrato, tornando-se fonte relevante de contaminação para as cadeias alimentares aquáticas. Em condições anóxicas, frequentes nos substratos ricos em matéria orgânica, alguns metais, como ferro e manganês, são mobilizados e permanecem dissolvidos na coluna d'água, enquanto que outros, como cádmio, cobre, zinco e cromo podem ser removidos da coluna d'água por precipitação na forma de sulfetos ou por mecanismos de redução, tornando-se insolúveis (CHAPMAN & WANG, 2001 *apud* EMBRAPORT, 2003).

Essa característica torna os sedimentos um dos indicadores mais importantes na caracterização do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos continentais.

7.4.1.1.4.4.1 Procedimentos de Coleta e Análise

Nos itens a seguir é descrita a metodologia adotada nas quatro campanhas de amostragens da qualidade dos sedimentos desenvolvidas no ano de 2012.

Os trabalhos de qualidade dos sedimentos desenvolvidos na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós foram orientados pelo Termo de Referência - TR emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA para o Aproveitamento Hidrelétrico de São Luiz do Tapajós (Processo nº 02001.0003643/2009-77 – fevereiro/2012 – itens 5.2.13/5.2.1.15 – 113).

- Rede de Amostragem

Para avaliação da qualidade dos sedimentos na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, consideram-se dois conjuntos amostrais, com coletas realizadas simultaneamente nos mesmos locais das águas superficiais.

O primeiro visa atender ao Termo de Referência quanto à realização de análise granulométrica, nutrientes e carbono orgânico na rede amostral (34 pontos previstos no Plano de Trabalho), com a realização de 4 coletas acompanhando as variações sazonais dos períodos de cheia, vazante, seca e enchente.

Considerando que o Termo de Referência estabelece a identificação dos agrotóxicos e elementos-traço (metais), pelo menos, na estação seca, para a avaliação dos agrotóxicos foram realizadas amostragens nos períodos de vazante e de seca, enquanto que para as análises de metais foram realizadas coletas nos períodos de cheia, vazante e seca.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.1/01** apresenta a distribuição da rede amostral nos diferentes ambientes da área de influência do AHE São Luiz do Tapajós. A denominação dos pontos de coleta é composta pela sigla dos ambientes amostrados – CT (calha do rio Tapajós), PD (pedrais), PR (praias), CJ (calha do rio Jamanxim), TR (tributários) e LA (lagoas), seguida de numeração crescente no contra-fluxo do curso d'água, de jusante para montante.

No segundo conjunto foram selecionados dois pontos adicionais de amostragens da qualidade dos sedimentos, respectivamente ponto TR5A (rio Ratão - montante do reservatório) e TR40A (igarapé Bom Jardim ou Bacabal - montante do reservatório), tendo em vista prover uma melhor caracterização do substrato do leito destes dois cursos d'água afetados pelas atividades garimpeiras.

Neste segundo grupo de amostragens, as análises visaram à identificação de nutrientes e de metais pesados nos sedimentos, sobretudo de mercúrio, sendo mantida em particular, nestes pontos adicionais, a coleta de sedimento no período de enchente visando à identificação de metais pesados. No **Quadro 7.4.1.1.4.4.1/02** são identificados os dois pontos adicionais de amostragens da qualidade dos sedimentos, vindo a compor uma rede formada por 36 pontos de coleta.

No **Quadro 7.4.1.1.4.4.1/03** são apresentados os períodos das campanhas de coleta de sedimentos e os tipos de amostragens ponderados em cada campanha, considerando-se o grupo de pontos estabelecidos pelo Termo de Referência (TR) e os dois pontos extras acrescentados a rede de amostragem.

Na Ilustração 7.4.1.1.2.6.2.2./01 - Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos, apresentado em escala 1:1.000.000, estão esquematizados os pontos de amostragem situados fora do limite da AID do empreendimento.

No Mapa 7.4.1.1.2.6.2.2./01 - Tipos de Amostragem por Pontos de Coleta da Qualidade da Água e dos Sedimentos (Volume 9 – Mapas), apresentado em escala 1:1.000.000 (Folhas 1/2 e 2/2), abarcam os pontos inseridos na AID e ADA do empreendimento.

Quadro 7.4.1.1.4.4.1/01 - Rede de Amostragem da Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em SIRGAS 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
Calha do Rio Tapajós	CT1	Rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Aveiro	683.071	9.597.268
	CT2	Rio Tapajós - jusante de Itaituba - próximo a Pederneiras	630.410	9.537.115
	CT3	Rio Tapajós - jusante do futuro reservatório - montante de Itaituba	603.075	9.519.812
	CT4	Futuro Reservatório - rio Tapajós - eixo da barragem	579.945	9.493.500
	CT5	Futuro Reservatório - rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Jamanxim	570.878	9.484.766
	CT6	Futuro Reservatório - rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Jutai	520.751	9.442.359
	CT7	Rio Tapajós - montante da confluência com o rio Crepori	445.780	9.355.888
	PD1	Pedral - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	582.031	9.505.713
	PD2	Pedral - rio Tapajós - cachoeira São Luiz do Tapajós	580.349	9.499.181
	PD3	Futuro Reservatório - pedral - rio Tapajós - entre os rios Jamanxim e Tucunaré	568.633	9.484.223
	PD4	Pedral - rio Tapajós - próximo da foz do rio Ratão	500.375	9.413.090
	PR1	Praia - rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	584.190	9.514.038
	PR2	Praia - margem direita do rio Tapajós - próximo ao canal de restituição	583.677	9.501.166
	PR3	Futuro Reservatório - praia - rio Tapajós - montante do rio Jamanxim	549.159	9.480.779
PR4	Praia - rio Tapajós - montante do rio Crepori	461.032	9.361.717	
Calha do Rio Jamanxim	CJ8	Futuro Reservatório - rio Jamanxim - próximo à confluência com o rio Tapajós	561.986	9.472.803
	CJ9	Futuro Reservatório - rio Jamanxim a montante do igarapé Jamanxinzinho	560.701	9.445.144
	CJ10	Rio Jamanxim - montante do futuro reservatório	562.205	9.427.424
	PD5	Futuro Reservatório - pedral - rio Jamanxim - próximo à foz do igarapé Jamanxinzinho	560.420	9.459.211

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em SIRGAS 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
	PD6	Pedral - rio Jamanxim - montante da cachoeira Santa Helena	563.088	9.420.871
	PR5	Futuro Reservatório - praia - rio Jamanxim - próximo à confluência com o rio Tapajós	562.191	9.470.906
Tributários	TR1	Rio Itapacurá - jusante do futuro reservatório	605.179	9.511.703
	TR2	Futuro Reservatório - igarapé Bathu - próximo ao eixo da barragem	583.291	9.495.961
	TR3	Futuro Reservatório - igarapé Lajinha - montante da confluência com o rio Jamanxim	554.940	9.476.525
	TR4	Futuro Reservatório - rio Mariazinha	541.272	9.484.752
	TR5	Futuro Reservatório - igarapé Jutai	515.171	9.440.157
	TR6	Rio Crepori - montante do futuro reservatório	468.287	9.362.312
	TR7	Futuro Reservatório - igarapé Jamanxinzinho	564.661	9.455.663
Lagoas	LA1	Lagoa em ilha no rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	585.985	9.515.355
	LA2	Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório	582.080	9.514.552
	LA3	Futuro Reservatório - lagoa em ilha no rio Tapajós - montante da confluência com o rio Mariazinha	536.971	9.476.716
	LA4	Futuro Reservatório - lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante da confluência com o rio Mariazinha	545.236	9.482.337
	LA5	Lagoa em ilha no rio Tapajós a montante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório	455.387	9.360.763
	LA6	Lagoa na margem direita do rio Tapajós a montante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório	462.390	9.361.839

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

Quadro 7.4.1.1.4.4.1/02 - Pontos Extras para Caracterização da Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012

Biótopos	Pontos	Localização	Coordenadas UTM em Sirgas 2000 (Fuso: 21m)	
			Leste	Norte
Tributários	TR5A	Rio Ratão - montante do futuro reservatório	506.455	9.411.361
	TR40A	Igarapé Bom Jardim ou Bacabal - montante do futuro reservatório	486.831	9.382.252

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

Quadro 7.4.1.1.4.4.1/03 – Períodos das Campanhas de Amostragens da Qualidade dos Sedimentos - Ciclo Hidrológico 2012

Campanhas	Ciclo Hidrológico	Períodos	Pontos	Granulometria	Nutrientes Carbono pH	Metais	Agrotóxicos
01	Cheia	03 de abril a 01 de maio de 2012	TR	X	X	X	
			Extra		X	X	
02	Vazante	26 de junho a 18 de julho de 2012	TR	X	X	X	X
			Extra		X*	X	
03	Seca	10 de setembro a 9 de outubro de 2012	TR	X	X	X	X
			Extra		X*	X	
04	Enchente	21 de novembro a 13 de dezembro de 2012	TR	X	X		
			Extra		X*	X	

LEGENDA: TR: Termo de Referência; Extra: Pontos extras; * Sem Análise de Carbono Orgânico Total

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2012

- Parâmetros Selecionados

A seleção de parâmetros para análise qualitativa dos sedimentos teve como base a Resolução CONAMA 454/2012, segundo descrição apresentada no **Quadro 7.4.1.1.4.4.1/04**, considerando uma série de metais, grupos de granulometria e de nutrientes definidos para a rede de amostragem. Nesse mesmo quadro, são indicados os Níveis de Classificação e os Valores de Alerta (VA) estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012, bem como os Valores de Alerta considerados pela Resolução SMA 39/2004 do Estado de São Paulo.

A Resolução 454/2012 define critérios de qualidade dos sedimentos, a partir de dois níveis de classificação: (i) Nível 1 – limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota; (ii) Nível 2 – limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

Quadro 7.4.1.1.4.4.1/04 - Parâmetros para Análise dos Sedimentos

Parâmetros	Unidade	Água Doce ⁽¹⁾		VA ⁽¹⁾	VA ⁽²⁾
		Nível 1	Nível 2		
Alumínio ⁽³⁾	mg/kg	-	-	-	-
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5		3
Carbono Orgânico Total	%	-	-	10	
Chumbo	mg/kg	35	91,3		100
Cobre	mg/kg	35,7	197		60
Cromo	mg/kg	37,3	90		75
Ferro ⁽³⁾	mg/kg	-	-	-	-
Fósforo Total	mg/kg	-	-	2.000	
Manganês ⁽³⁾	mg/kg	-	-	-	-
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486		0,5
Níquel	mg/kg	18	35,9		30
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg	-	-	4.800	
pH ⁽³⁾	UpH	-	-	-	-
Umidade ⁽³⁾	%	-	-	-	-
Zinco	mg/kg	123	315		300
Granulometria ⁽³⁾	%	-	-	-	-

LEGENDA: VA - Valor de Alerta.

FONTE: (1) Resolução CONAMA 454/2012. (2) Valor de Alerta da Resolução SMA 39/2004. (3) Não há valores limites estabelecidos para esses compostos na Resolução CONAMA 454/2012 ou na Resolução SMA 39/2004.

O conceito de Valor Alerta varia conforme a legislação: a lei federal indica a concentração acima da qual representa a possibilidade de causar prejuízos ao ambiente. A Resolução SMA 39/2004 do Estado de São Paulo refere-se às concentrações de substâncias, que indicam uma possível alteração da qualidade natural do solo.

- Coleta e Preservação de Amostras

As coletas de sedimentos foram realizadas, sempre que possível, nos mesmos locais onde foram desenvolvidas as amostragens de águas superficiais, através da utilização de draga do tipo arraste, mais apropriada em função do alto fluxo de vazões verificado na maior parte dos pontos amostrados.

O registro fotográfico deste procedimento consta nas Fotos 7.4.1.1.4.6/01 a 7.4.1.1.4.6/04 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/01 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.

Em função de condicionantes locais, tais como elevada velocidade de escoamento, presença de substrato rochoso ou vegetação submersa, a coleta de sedimentos em algumas situações foi inviabilizada, apesar de diversas tentativas de lançamento da draga. Nestas condições, parte das amostragens foi desenvolvida em um local mais próximo das margens, procurando sempre não distanciar do ponto pré-estabelecido de coleta.

Após a coleta, o material amostrado foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados e armazenado em caixas térmicas com temperatura a 4°C, ao abrigo de luz, durante todo transporte até os laboratórios ATEMAE - Assessoria Técnica em Serviços para o Meio Ambiente Ltda. e Bioagri Ambiental sediadas em São Paulo, mantendo-se sob refrigeração até o início das análises.

- Análise em Laboratório

As análises químicas dos sedimentos seguiram as metodologias descritas nos protocolos da United States Environmental Protection Agency - USEPA, das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e do *Standard Methods for the Examination of Waterland Wastewater (SM)*, sintetizadas no **Quadro 7.4.1.1.4.4.1/05**, com respectiva unidade, limite de quantificação do método e norma técnica.

Quadro 7.4.1.1.4.4.1/05 - Metodologia para Análise de Sedimentos

Parâmetros	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
Alumínio	Espectrometria de absorção atômica – chama óxido nitroso/ acetileno	mg/kg	0,1	SM 21 3111 D
Cádmio	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,001	SM 21 3111 B
Carbono Orgânico Total	Método da Combustão em Forno	%		IAC - 1989
Chumbo	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,01	SM 21 3111 B
Cobre	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,002	SM 21 3111 B
Cromo	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,01	SM 21 3111 B
Ferro	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,3	SM 21 3111 B
Fósforo Total	USEPA 3050 B / 2006	mg/kg	-	SM 21 4500-P E
Manganês	Espectrometria de absorção atômica – chama ar/ acetileno	mg/kg	0,01	SM 21 3111 B
Mercúrio	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio	mg/kg	0,0002	EPA7470 A
Níquel	Espectrometria de absorção atômica – chama	mg/kg	0,4	SM 21 3111 B

Parâmetros	Método Analítico	Unidade	LQM	Norma Técnica
	ar/ acetileno			
Nitrogênio Kjeldahl Total	ABNT - Macro e Semimicro Kjeldahl	mg/kg	0,005	SM 21 4500-N B
pH	Método Eletrométrico	UpH	-	SM 21 4500-H B
Umidade	Gravimetria a 110°C	%	-	SM 21 2540 B
Zinco	Espectrometria de absorção atômica - chama ar/ acetileno	mg/kg	0,09	SM 21 3111 B
Granulometria	Composição Granulométrica	%	-	ISO 13320-1/1999

LEGENDA: LQM – Limite de Quantificação do Método; ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; SM (SMWW) - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition (2005) – APHA – AWWA – WEF; EPA ou USEPA- United States Environmental Protection Agency.

- **Análise Univariada e Multivariada**

Para a descrição do comportamento dos dados avaliados foram realizadas análises univariadas mediante cálculo de estatística descritiva básica para os sedimentos. Nesse sentido, utilizaram-se medidas de tendência central e de dispersão: média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e erro padrão.

As análises multivariadas incluíram correlações (bivariadas) precedidas de verificação da normalidade da distribuição dos dados, a partir da aplicação do teste de Shapiro-Wilk. Pelo fato da maior parte dos resultados ter indicado distribuições conjuntas diferentes da distribuição normal, optou-se pelo uso do coeficiente de correlação de postos de Spearman, que é utilizado como alternativa não paramétrica ao coeficiente de Pearson.

No cálculo dos coeficientes de correlação de Spearman (r) e também do teste de normalidade foi adotado o nível de significância estatística (p) de 95%. Este nível representa um valor de confiabilidade de um resultado, ou seja, indica que a probabilidade de que a relação entre as variáveis tenha ocorrido ocasionalmente é menor do que 5% ($p < 0,05$).

A avaliação dos resultados dos coeficientes de correlação foi baseada na escala proposta por COHEN (1988), que considera a faixa entre 0,10 e 0,29 como correlação fraca, valores entre 0,30 e 0,49 como correlações moderadas, e valores superiores a 0,50 indicam correlações fortes.

Para os sedimentos foram elaboradas correlações gerais, abrangendo todos os resultados registrados durante os quatro períodos do ciclo hidrológico, nos quatro biótopos avaliados.

7.4.1.1.4.4.2 Apresentação e Avaliação dos Resultados de Qualidade dos Sedimentos

Neste item são apresentados os resultados das análises da qualidade dos sedimentos, incluindo composição granulométrica, nutrientes, metais pesados e agrotóxicos, realizadas no âmbito da área de influência do AHE São Luiz do Tapajós e englobando as quatro campanhas efetuadas no decorrer do ano 2012.

Ressalta-se que durante a campanha de cheia não foi possível a coleta de sedimentos de fundo nos pontos TR4, CT5 e PD3 e durante a campanha de vazante nos pontos TR3 e TR4, apesar das diversas tentativas de lançamento da draga.

Vale ressaltar também que, na quarta campanha de amostragem, realizada no período de enchente, não foram efetuadas coletas nos pontos CJ8, PD5, PR5, TR3 e TR7 em função da restrição de acesso a estes locais, próximos a Terras Indígenas.

Os laudos que contêm esses resultados constam do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**. Os resultados obtidos foram comparados aos Níveis de Classificação e os Valores de Alerta (VA) estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012, bem como aos Valores de Alerta considerados pela Resolução SMA 39/2004 do Estado de São Paulo.

7.4.1.1.4.4.2.1 Composição Granulométrica

De acordo com os Quadros 01a a 04, 17a a 20, 49a a 52 e 81a a 84, que apresentam os resultados de Composição Granulométrica dos Sedimentos, contidos no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**, observa-se a predominância de substrato arenoso nos ambientes analisados na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, com maior participação na fração das areias médias.

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.1/01 a 7.4.1.1.4.4.2.1/04** consta respectivamente a composição granulométrica dos ambientes representativos da calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.

Na calha do rio Tapajós predominam, em média, os sedimentos enquadrados nas frações granulométricas da areia fina, média e grossa, ocorrendo menores percentagens de argila.

No rio Jamanxim e nos tributários as granulometrias médias encontradas são ligeiramente mais graúdas, situando-se entre os diâmetros das areias média, grossa e muito grossa. Esta condição é mais evidente nos cursos onde são desenvolvidas atividades garimpeiras, a exemplo dos verificados nos pontos TR5 (reservatório -

igarapé Jutaí) e TR6 (rio Crepori - montante do reservatório), onde o sedimento de fundo apresenta-se alterado, com maior participação dos sedimentos classificados como areia grossa.

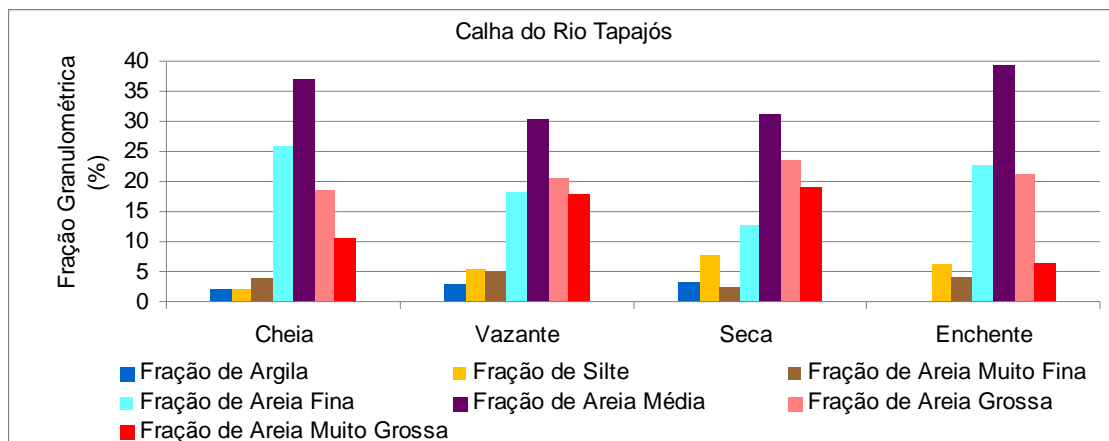


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/01 - Composição Granulométrica dos Sedimentos na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

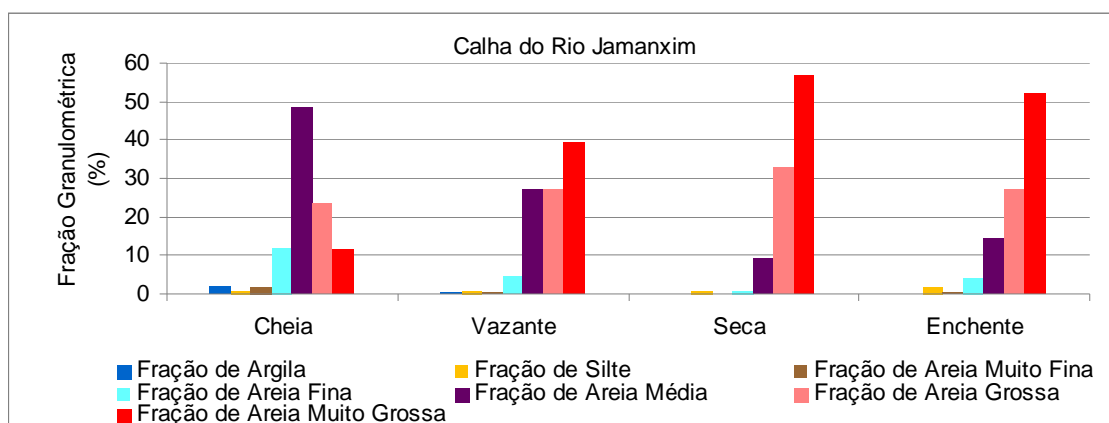


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/02 - Composição Granulométrica dos Sedimentos na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

Nas lagoas LA1, LA2 e LA3, verificam-se em média, uma maior participação dos sedimentos coesivos enquadrados na fração granulométrica do silte, vindo na sequência as frações das areias finas e muito finas. Nas lagoas LA4, LA5 e LA6, predominam os diâmetros granulométricos enquadrados nas frações das areias finas e médias.

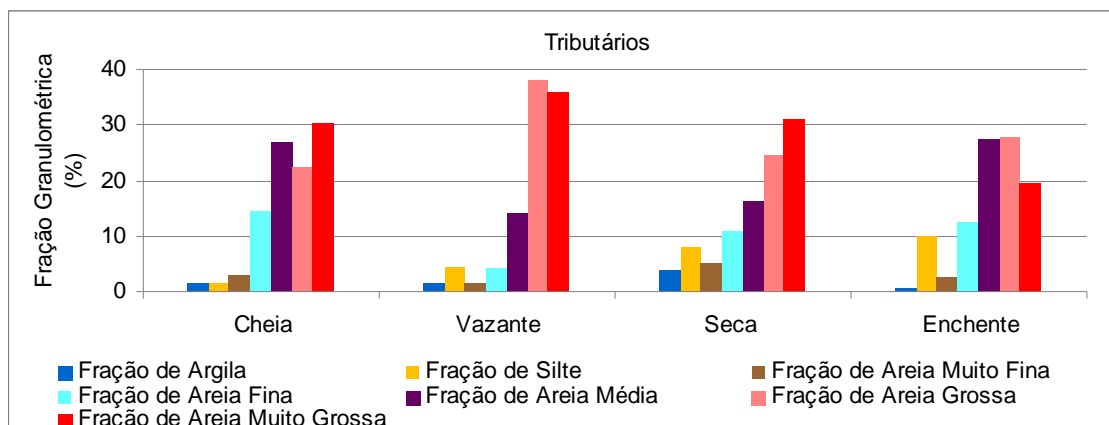


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/03 - Composição Granulométrica dos Sedimentos nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

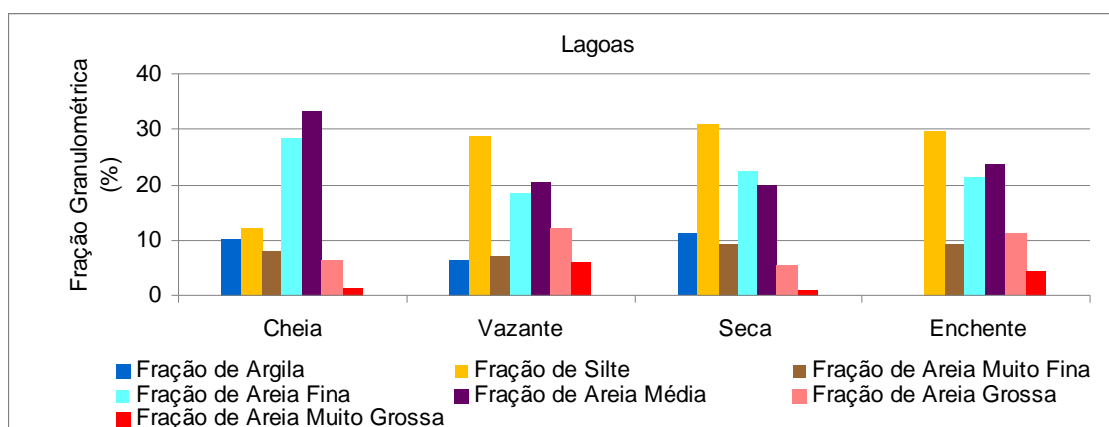


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.1/04 - Composição Granulométrica dos Sedimentos nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

7.4.1.1.4.4.2.2 Potencial Hidrogeniônico, Nitrogênio e Fósforo Total e Carbono Orgânico Total

Na sequência, são analisados os resultados dos índices de pH, dos nutrientes, respectivamente o nitrogênio kjeldahl total e o fósforo total, de carbono orgânico total detectados nos sedimentos, conforme valores apresentados nos Quadros 09 a 12, 25 a 28, 57 a 60 e 89 a 92, no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na maior parte das amostras avaliadas ao longo do ciclo hidrológico, verificou-se que o pH variou entre 5 e 6, com valor mínimo registrado de 4,51 no ponto TR4 (Rio Mariazinha - futuro reservatório) durante a campanha de enchente e máximo de 7,58

no ponto CT2 (Rio Tapajós - jusante de Itaituba – próximo a Aveiro) durante a campanha de vazante, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.2/01 a 7.4.1.1.4.4.2.2/04**. Não há valores limites estabelecidos para este parâmetro na Resolução CONAMA 454/2012 ou na Resolução SMA 39/2004.

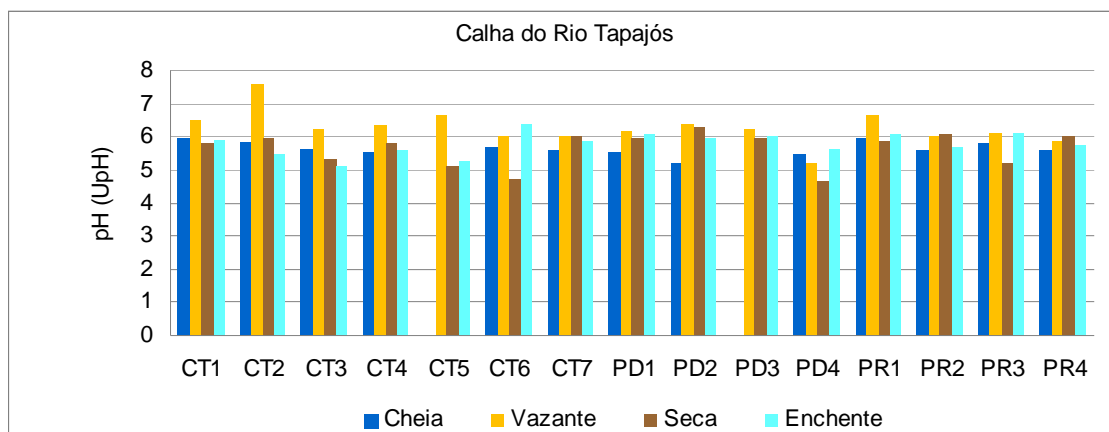


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/01 - pH (UpH) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

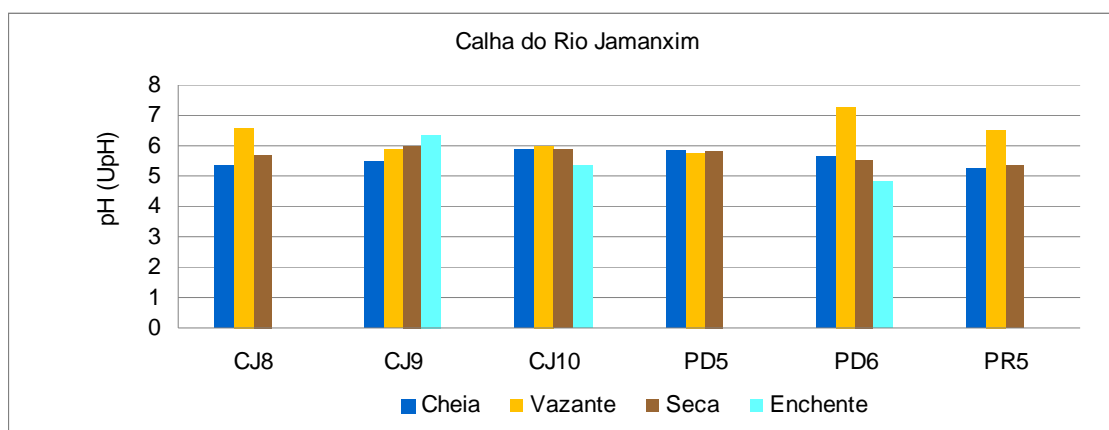


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/02 - pH (UpH) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

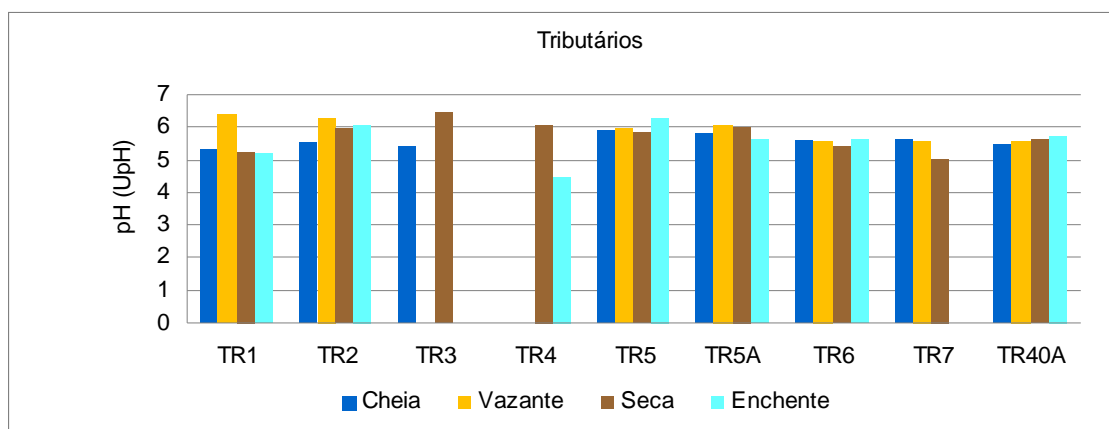


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/03 - pH (UpH) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

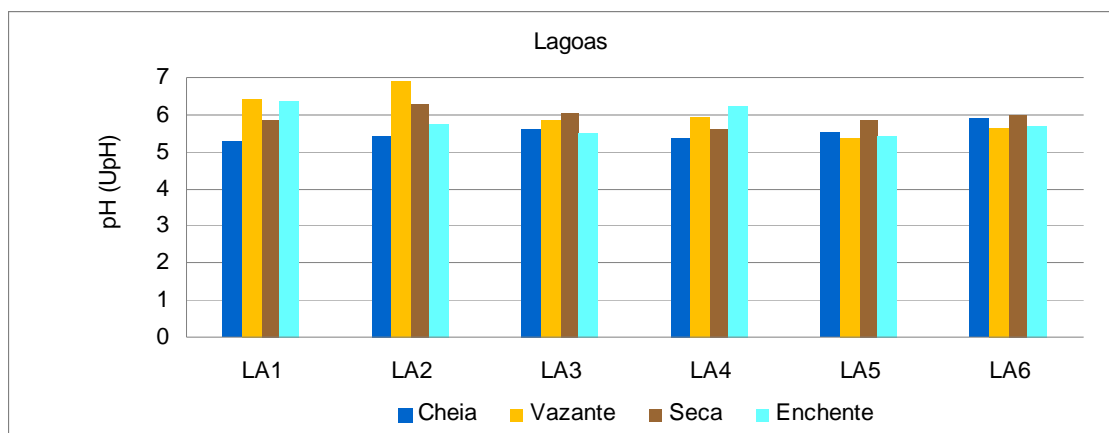


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/04 - pH (UpH) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/01** apresenta uma síntese dos resultados estatísticos para o pH, onde são agrupados, para cada campanha, os valores dos diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/01- Síntese dos Resultados de pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	15	58
	Média	5,65	6,26	5,65	5,79	5,84
	Mínimo	5,22	5,19	4,68	5,12	4,68
	Máximo	5,96	7,58	6,29	6,37	7,58
	Desvio Padrão	0,20	0,51	0,51	0,34	0,48
	Erro Padrão	0,06	0,13	0,13	0,09	0,06
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	5,57	6,34	5,71	5,53	5,79
	Mínimo	5,24	5,74	5,34	4,85	4,85
	Máximo	5,90	7,30	5,98	6,35	7,30
	Desvio Padrão	0,27	0,59	0,23	0,76	0,54
	Erro Padrão	0,11	0,24	0,10	0,44	0,12
Tributários	n	8	7	9	7	31
	Média	5,58	5,92	5,75	5,58	5,70
	Mínimo	5,30	5,56	5,04	4,51	4,51
	Máximo	5,91	6,38	6,48	6,31	6,48
	Desvio Padrão	0,20	0,35	0,46	0,60	0,42
	Erro Padrão	0,07	0,13	0,15	0,23	0,08
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	5,52	6,02	5,93	5,83	5,82
	Mínimo	5,26	5,35	5,60	5,44	5,26
	Máximo	5,88	6,91	6,27	6,37	6,91
	Desvio Padrão	0,21	0,57	0,22	0,38	0,40
	Erro Padrão	0,09	0,23	0,09	0,16	0,08

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

De forma geral, verificou-se um padrão semelhante de comportamento ao avaliar os índices médios de pH nos quatro biótopos, com índices ligeiramente mais elevados verificados na campanha de vazante, conforme apresentado no **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/05**.

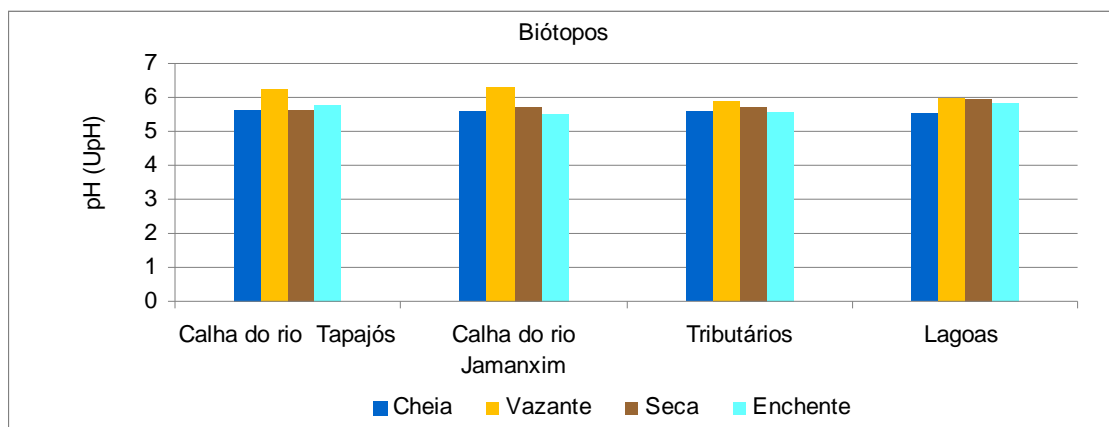


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/05– pH (UpH) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Nitrogênio Kjeldahl Total

Os resultados indicam níveis de nitrogênio kjeldahl total nos sedimentos condizentes com o valor alerta determinado pela Resolução CONAMA 454/2012, que corresponde a 4.800 mg/kg, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.2/06** a **7.4.1.1.4.4.2.2/09**.

Acima do limite de quantificação do método foram verificados para o nitrogênio kjeldahl total concentrações variando entre 2,87 mg/kg no ponto PR3 (futuro reservatório - pedral - rio Tapajós - entre os rios Jamanxim e Tucunaré) durante o período de enchente a 94,4 mg/kg no ponto CT6 (futuro reservatório - rio Tapajós – jusante da confluência com o rio Jutai) durante o período de cheia.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/02** apresenta uma síntese dos resultados das concentrações de nitrogênio Kjeldahl Total, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

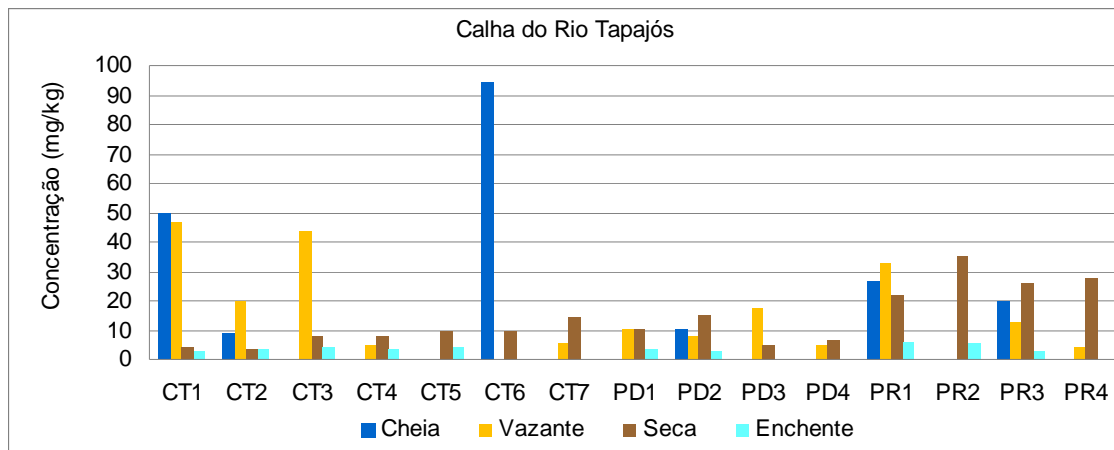


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/06 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

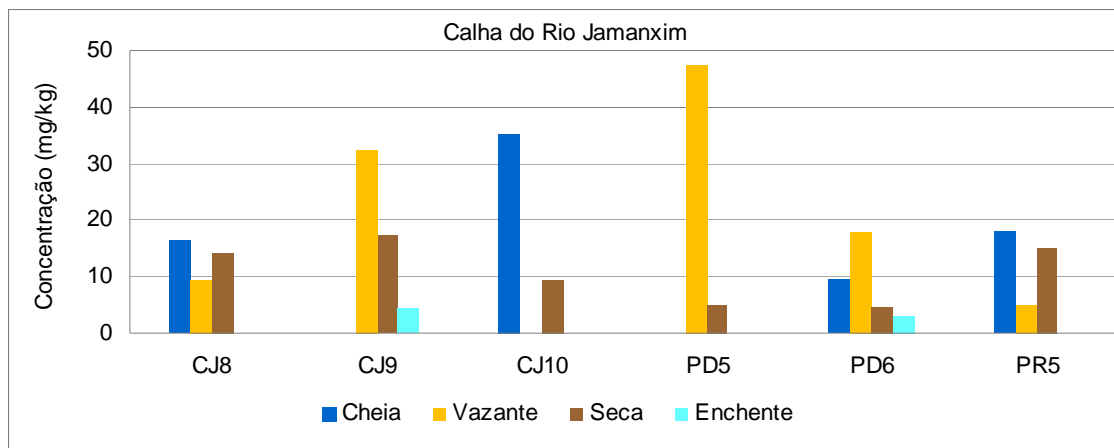


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/07 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

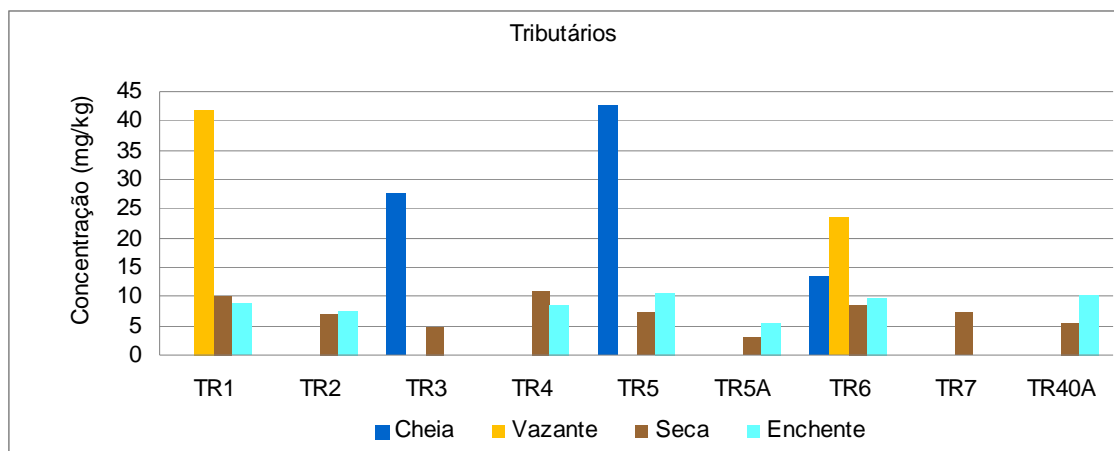


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/08 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

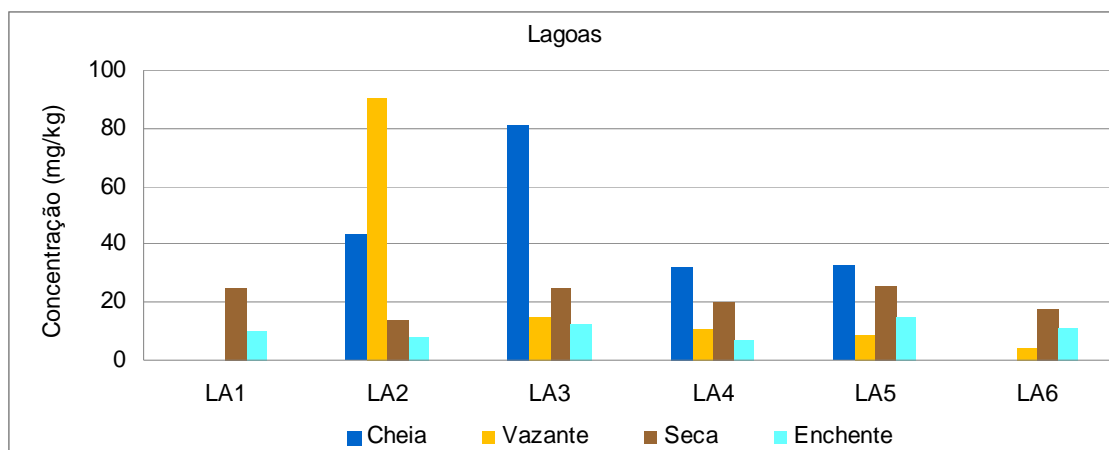


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2/09 - Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2/02- Síntese dos Resultados de Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	15	58
	Média	17,49	14,51	13,67	3,43	12,27
	Mínimo	<2,43	<2,5	3,44	<2,41	<2,41
	Máximo	94,40	46,70	35,00	5,90	94,40
	Desvio Padrão	26,98	14,94	9,59	1,15	16,11
	Erro Padrão	7,48	3,86	2,48	0,30	2,12
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	14,02	19,13	10,89	3,28	11,83
	Mínimo	<2,46	<2,50	4,78	<2,41	<2,41
	Máximo	35,30	47,60	17,20	4,45	47,60
	Desvio Padrão	12,33	17,68	5,33	1,05	12,27
	Erro Padrão	5,03	7,22	2,18	0,61	2,68
Tributários	n	8	7	9	7	31
	Média	11,92	11,11	7,14	8,80	9,74
	Mínimo	<2,46	<2,50	2,92	<2,41	<2,41
	Máximo	42,40	41,80	10,90	10,80	42,40
	Desvio Padrão	15,23	15,63	2,54	1,82	10,45
	Erro Padrão	5,38	5,91	0,85	0,69	1,88
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	32,39	22,07	21,37	10,81	21,66
	Mínimo	<2,39	<2,50	14,00	6,83	<2,39
	Máximo	81,30	90,80	25,90	14,90	90,80
	Desvio Padrão	29,34	33,97	4,84	2,93	22,49
	Erro Padrão	11,98	13,87	1,98	1,20	4,59

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2/10** apresenta os valores médios das concentrações de Nitrogênio Kjeldahl Total verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro

diferentes biótopos analisados. Verifica-se, de forma geral, maiores índices de Nitrogênio Kjeldahl Total nas lagoas, onde a baixa circulação da água vem concorrer para um maior acúmulo de matéria carbonácea residente no leito.

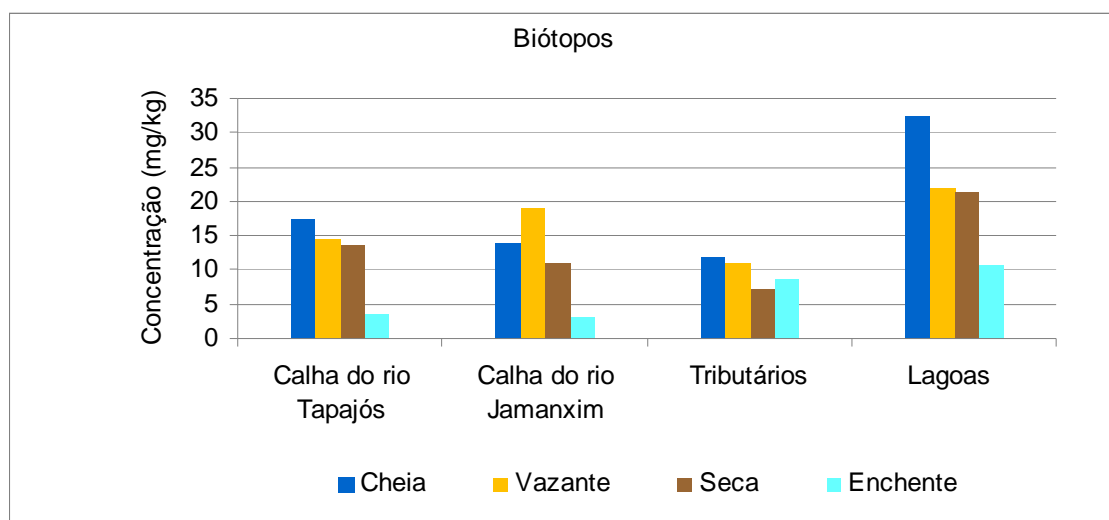


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/10 – Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Fósforo Total

Os resultados indicam níveis de fósforo total nos sedimentos condizentes com o valor alerta determinado pela Resolução CONAMA 454/2012, que corresponde a 2.000 mg/kg, conforme apresentado nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.2/11 a 7.4.1.1.4.4.2.2/14**.

Acima do limite de quantificação do método foram verificados para o fósforo total, índices variando entre 0,96 mg/kg no ponto TR5A (rio Ratão - montante do futuro reservatório) durante a campanha de cheia, a 46,5 mg/kg no ponto TR6 (rio Crepori - montante do futuro reservatório) durante a campanha de vazante.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/03** apresenta uma síntese dos resultados das concentrações de fósforo total, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

De acordo com a CETESB (2011), valores inferiores a 750 mg/kg podem ser considerados de origem natural (WEDEPÖHL, 1995). Portanto, valores superiores a 750 mg/kg indicam impacto no corpo d'água e valores superiores a 1.500 mg/kg sugerem elevado impacto. Adotando-se os critérios da CETESB, as concentrações de fósforo nos sedimentos foram baixas e podem ser consideradas de origem natural.

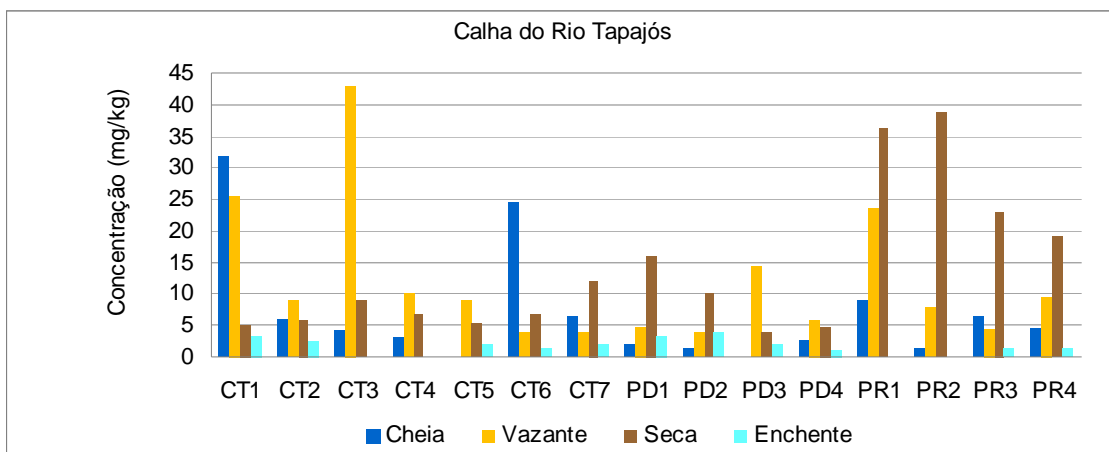


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/11 – Fósforo Total (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

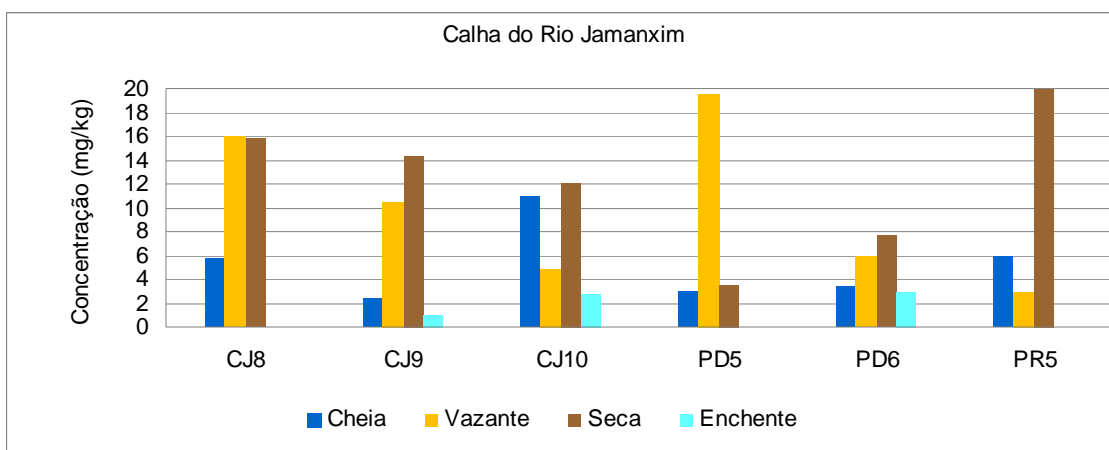


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/12 – Fósforo Total (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

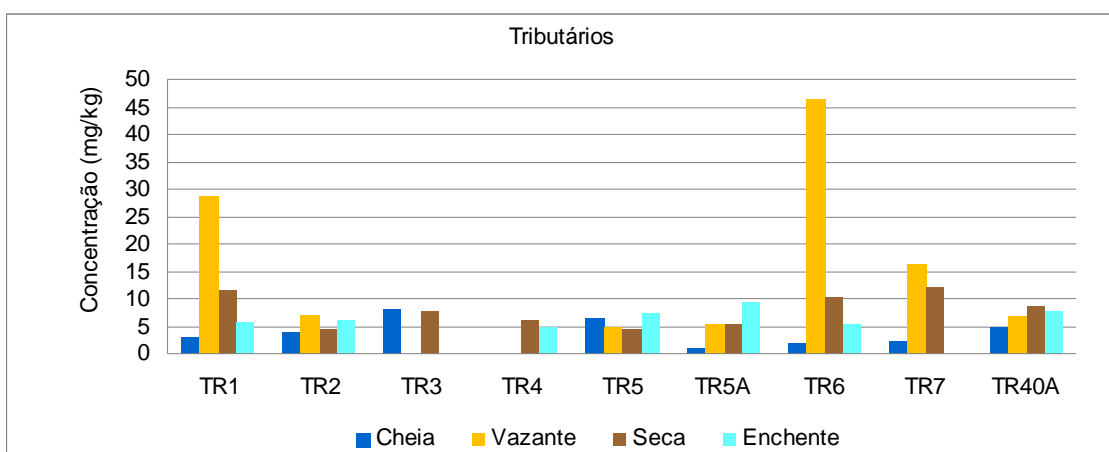


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/13 – Fósforo Total (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

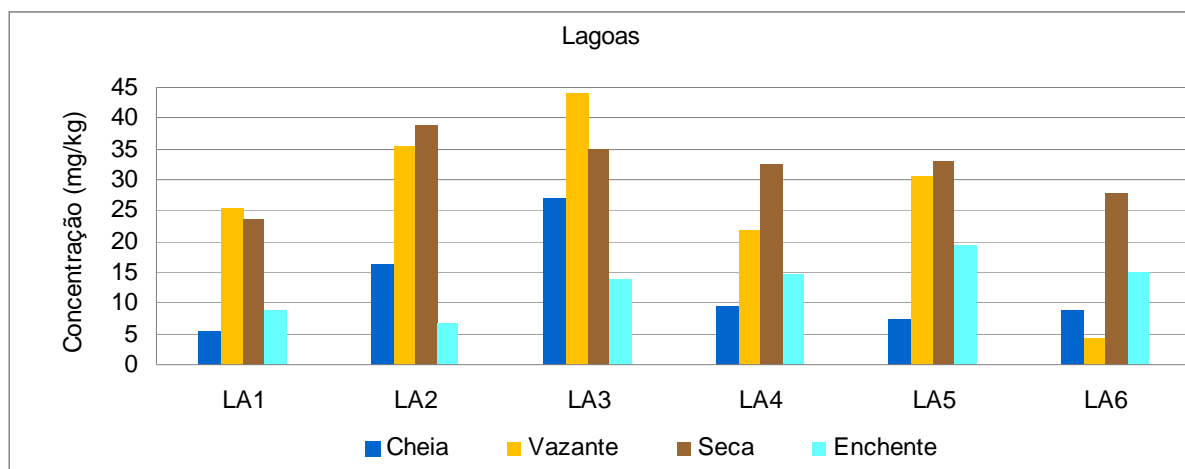


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/14 – Fósforo Total (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/03- Síntese dos Resultados de Fósforo Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	15	58
	Média	7,92	11,92	13,53	2,22	8,90
	Mínimo	1,46	3,80	3,86	<0,15	<0,15
	Máximo	31,80	43,00	38,90	3,83	43,00
	Desvio Padrão	9,37	10,95	11,28	0,97	10,16
	Erro Padrão	2,60	2,83	2,91	0,25	1,33
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	3	21
	Média	5,23	9,99	12,26	2,29	7,44
	Mínimo	2,43	2,94	3,49	0,99	0,99
	Máximo	10,90	19,60	20,00	2,99	20,00
	Desvio Padrão	3,15	6,64	5,92	1,12	6,01
	Erro Padrão	1,28	2,71	2,42	0,65	1,31
Tributários	n	8	7	9	7	31
	Média	3,94	16,60	7,90	6,76	8,80
	Mínimo	0,96	4,99	4,38	4,98	0,96
	Máximo	7,98	46,50	12,30	9,41	46,50
	Desvio Padrão	2,39	15,75	3,07	1,55	8,70
	Erro Padrão	0,84	5,95	1,02	0,58	1,56
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	12,38	26,97	31,78	13,07	21,05
	Mínimo	5,60	4,29	23,50	6,88	4,29
	Máximo	26,80	44,10	38,90	19,40	44,10
	Desvio Padrão	7,94	13,59	5,41	4,53	11,84
	Erro Padrão	3,24	5,55	2,21	1,85	2,42

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/15** apresenta os valores médios das concentrações de fósforo total verificadas durante as quatro campanhas e para os quatro diferentes biótopos analisados. Da mesma forma do verificado para o Nitrogênio Kjeldahl Total, observa-se maiores índices de Fósforo Total nas lagoas, aonde a baixa circulação da água neste ambiente vem concorrer para um maior acúmulo de matéria carbonácea residente no leito.

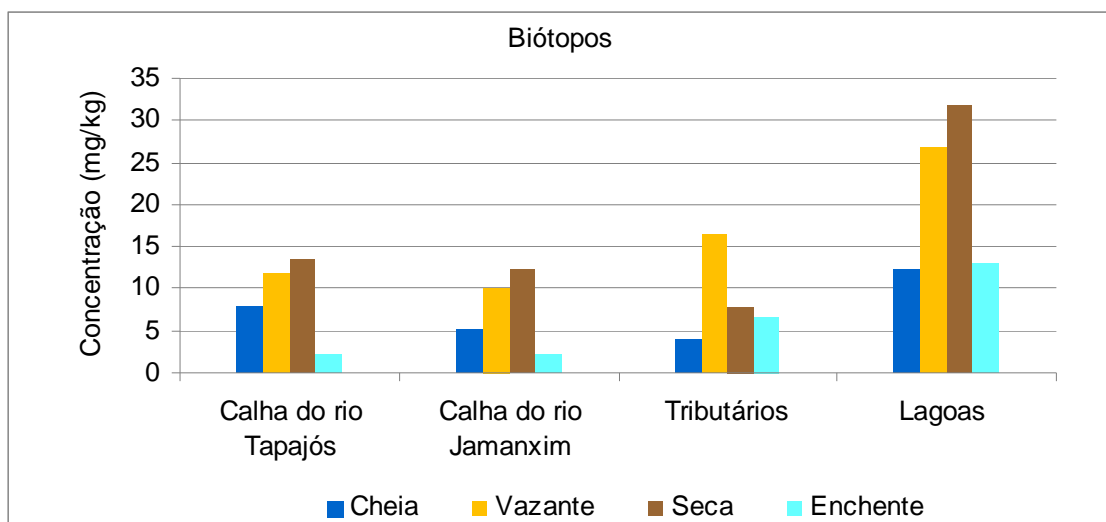


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/15 – Fósforo Total (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

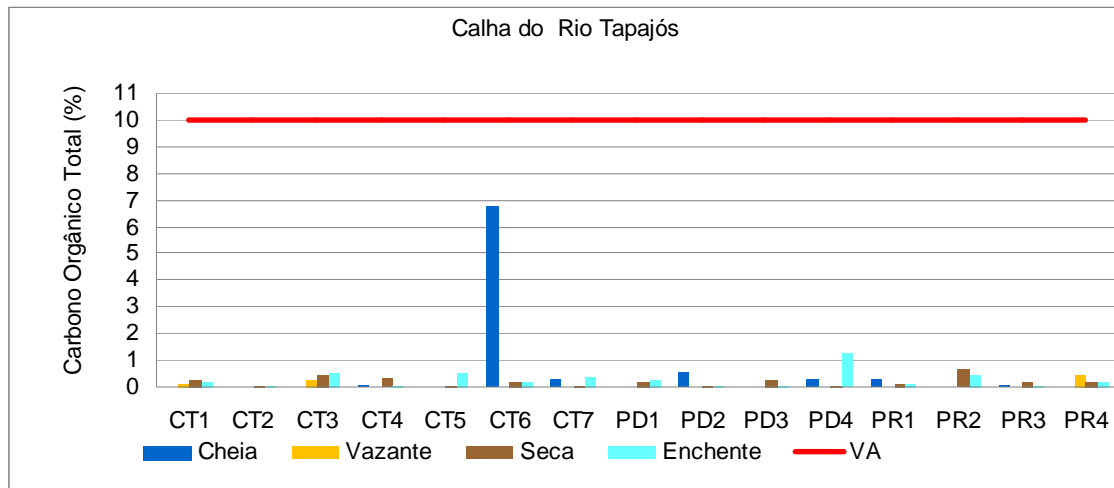
- Carbono Orgânico Total

A Resolução CONAMA 454/2012 determina para o carbono orgânico total um valor de alerta (VA) de 10%.

Maiores concentrações de carbono orgânico total foram observadas nas amostragens realizadas nas lagoas, onde se verificou apenas um caso de extrapolação do Valor de Alerta, identificado no ponto LA2 (Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório) com índice de 11%, durante a campanha de vazante, pouco acima do determinado pela Resolução CONAMA 454/2012. Nos demais ambientes não foram identificadas extrapolações do Valor de Alerta.

As maiores concentrações de carbono orgânico identificadas nas lagoas são decorrentes da matéria orgânica proveniente da mata residente na região do entorno, que em função de baixa circulação, traduz em maior acúmulo de matéria carbonácea. Nos ambientes lóticos estas concentrações são substancialmente mais reduzidas devido ao transporte deste material auferidos pelos processos advectivos.

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.2/16** a **7.4.1.1.4.4.2.2/19** são apresentadas as concentrações de Carbono Orgânico Total obtido nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.



LEGENDA: VA - Valor de Alerta pela Resolução CONAMA 454/2012

Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/16 – Carbono Orgânico Total (%) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

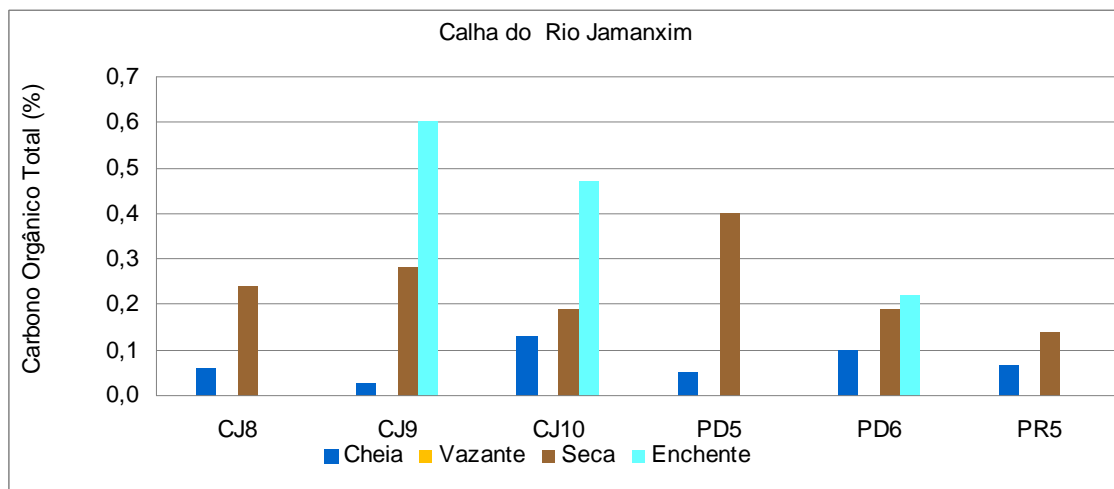


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/17 – Carbono Orgânico Total (%) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

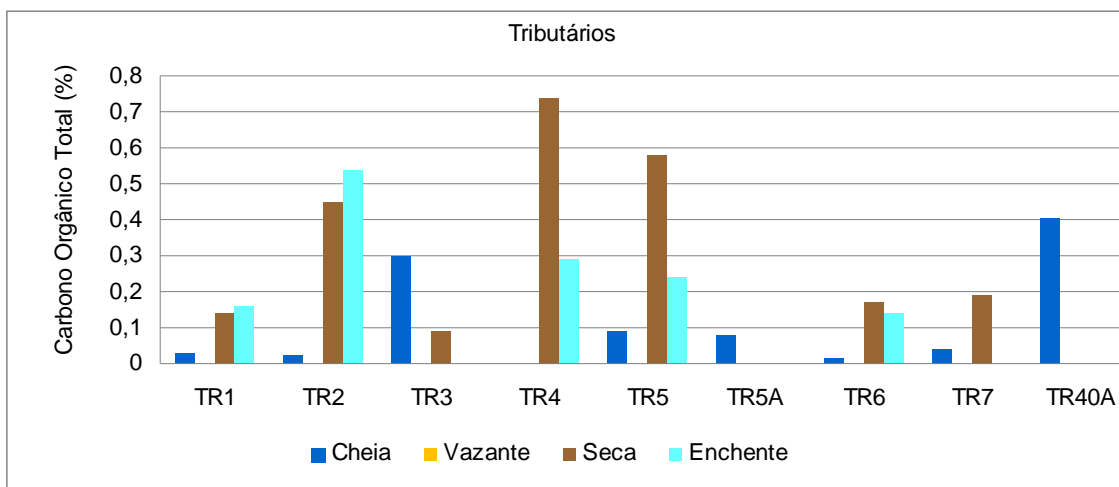
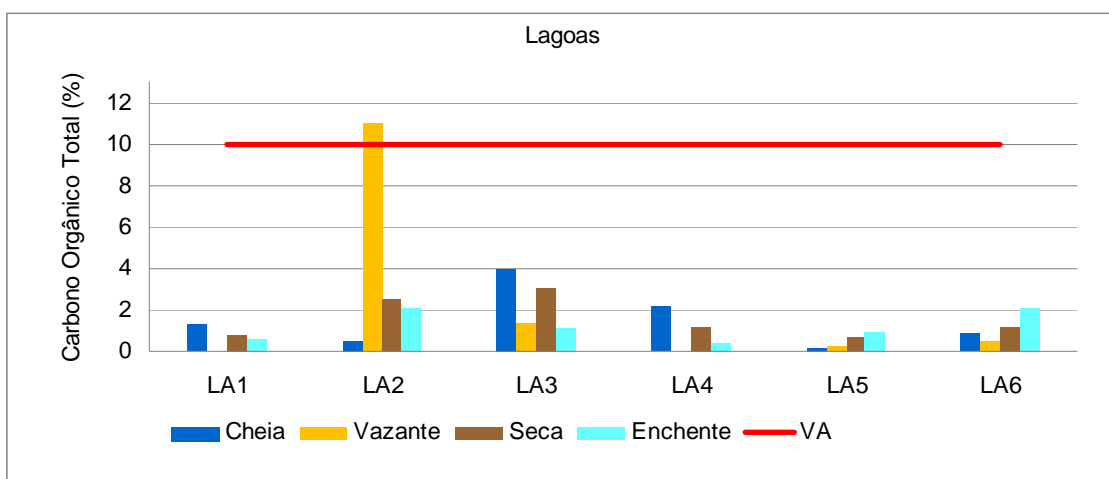


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/18 – Carbono Orgânico Total (%) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.



LEGENDA: VA - Valor de Alerta pela Resolução CONAMA 454/2012

Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/19 – Carbono Orgânico Total (%) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/04** apresenta a síntese dos resultados de carbono orgânico total, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.2/04- Síntese dos Resultados de Carbono Orgânico Total (%) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	15	58
	Média	0,68	0,10	0,22	0,32	0,33
	Mínimo	0,04	<0,05	0,05	0,05	0,04
	Máximo	6,78	0,46	0,69	1,30	6,78
	Desvio Padrão	1,84	0,12	0,17	0,32	0,89
	Erro Padrão	0,51	0,03	0,04	0,08	0,12
Calha do rio Jamaxim	n	6	6	6	3	21
	Média	0,07	0,05	0,24	0,43	0,20
	Mínimo	0,03	<0,05	0,14	0,22	0,03
	Máximo	0,13	0,05	0,40	0,60	0,60
	Desvio Padrão	0,04	0,00	0,09	0,19	0,16
	Erro Padrão	0,02	0,00	0,04	0,11	0,03
Tributários	n	8	5	7	5	25
	Média	0,12	0,05	0,34	0,27	0,20
	Mínimo	0,01	<0,05	0,09	0,14	0,01
	Máximo	0,40	0,05	0,74	0,54	0,74
	Desvio Padrão	0,15	0,00	0,25	0,16	0,20
	Erro Padrão	0,05	0,00	0,10	0,07	0,04
Lagoas	n	6	6	6	6	24
	Média	1,49	2,22	1,57	1,22	1,62
	Mínimo	0,16	<0,05	0,71	0,44	<0,05
	Máximo	3,97	11,00	3,00	2,10	11,00
	Desvio Padrão	1,40	4,33	0,95	0,72	2,23
	Erro Padrão	0,57	1,77	0,39	0,29	0,45

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.2/20** apresenta os valores médios de Carbono Orgânico Total verificado durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados. Da mesma forma do verificado para os nutrientes nitrogênio e fósforo, verifica-se maiores índices de Carbono Orgânico nas lagoas, onde a baixa circulação vem favorecer o acúmulo de matéria carbonácea proveniente da mata residente no entorno.

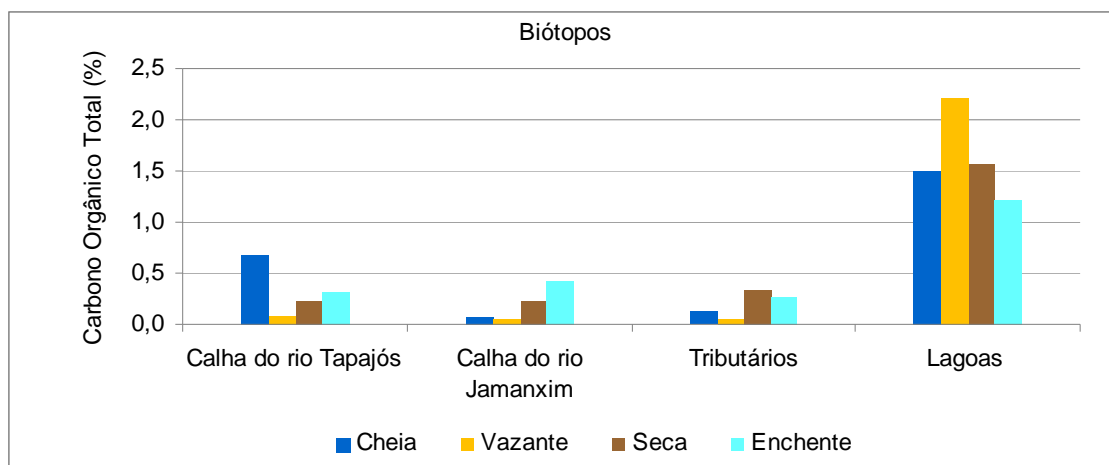


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2/20 – Carbono Orgânico Total (%) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

7.4.1.1.4.4.2.3 Metais (Alumínio, ferro, cromo, manganês, zinco, mercúrio, níquel, cobre, chumbo e cádmio)

A seguir são apresentadas as concentrações de metais pesados detectadas nos sedimentos. As análises dos metais pesados amostrados nas quatro campanhas de qualidade dos sedimentos assinalaram valores de concentrações condizentes com os níveis 1 e 2 e com os valores de alerta preconizados pela Resolução CONAMA 454/2012 e pela Resolução da SMA 39/2004.

As maiores concentrações de metais pesados nas amostragens estão relacionadas à incidência de ferro e alumínio, que não são normalizados pela legislação quanto aos níveis 1 e 2 e como os valores de alerta anteriormente especificados. Essa incidência deve-se provavelmente aos processos de laterização natural, verificados em toda a região amazônica.

É importante ressaltar que durante a campanha de enchente foram mantidas apenas as amostragens nos pontos TR5A (rio Ratão - montante do reservatório) e TR40A (igarapé Bom Jardim ou Bacabal - montante do reservatório).

- Alumínio

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/01 a 7.4.1.1.4.4.2.3/04** são apresentadas as concentrações de alumínio nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, na calha do rio Jamanxim, nos tributários e nas lagoas.

As concentrações de alumínio nas amostragens apresentaram variações de 42,8 mg/kg no ponto LA5 (Lagoa em ilha no rio Tapajós a montante da confluência com o

rio Crepori - montante do futuro reservatório) durante o período de vazante e máximo de 4.317 mg/kg no ponto CT6 (Futuro Reservatório - rio Tapajós – jusante da confluência com o rio Jutai) durante o período de cheia.

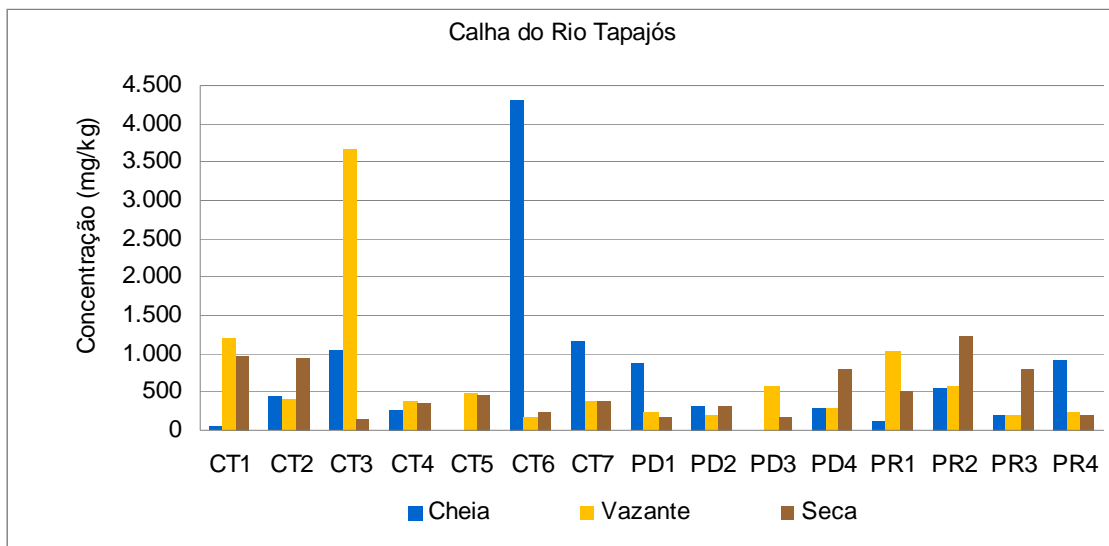


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/01 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

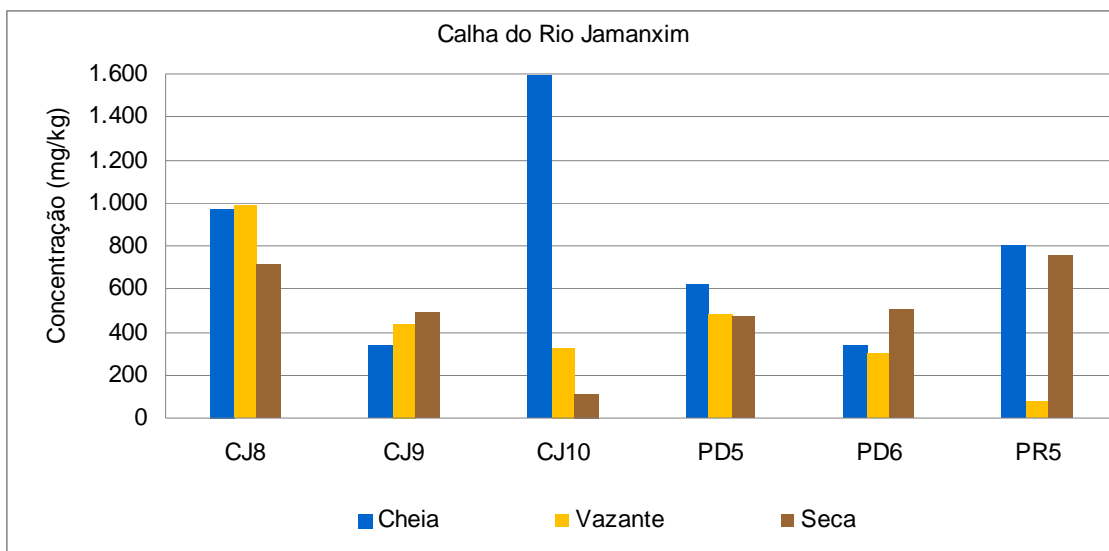


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/02 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

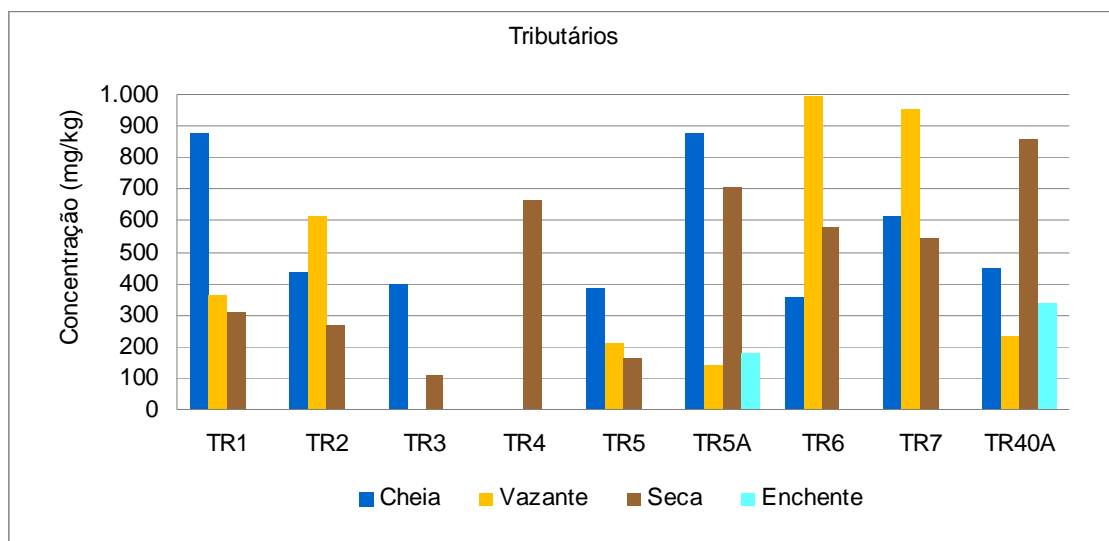


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/03 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

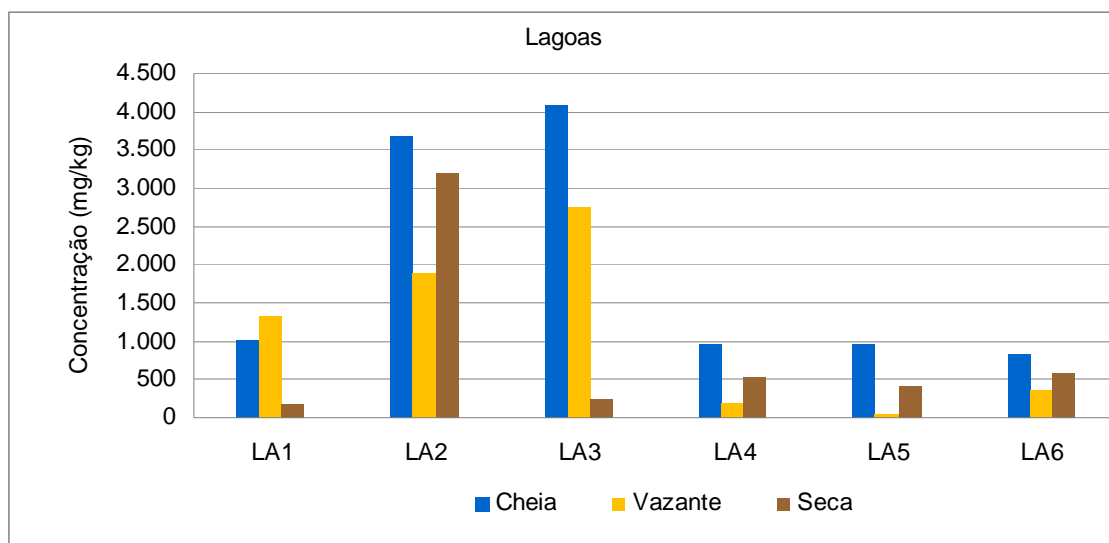


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/04 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/01** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de alumínio, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/01- Síntese dos Resultados da Concentração de Alumínio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	812	675	511	-	666
	Mínimo	59	175	138	-	59
	Máximo	4317	3668	1235	-	4317
	Desvio Padrão	1114	883	349	-	819
	Erro Padrão	309	228	90	-	125
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	774	436	510	-	573
	Mínimo	332	80	111	-	80
	Máximo	1589	989	761	-	1589
	Desvio Padrão	472	305	231	-	362
	Erro Padrão	193	124	94	-	85
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	550	501	467	259	444
	Mínimo	357	138	112	181	112
	Máximo	880	995	857	337	995
	Desvio Padrão	217	358	262	110	268
	Erro Padrão	77	135	87	78	53
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	1917	1097	857	-	1290
	Mínimo	813	43	164	-	43
	Máximo	4081	2751	3201	-	4081
	Desvio Padrão	1523	1086	1159	-	1282
	Erro Padrão	622	443	473	-	302

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/05** apresenta os valores médios das concentrações de alumínio verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados, verificando-se, de forma geral, maiores índices de alumínio nas lagoas.

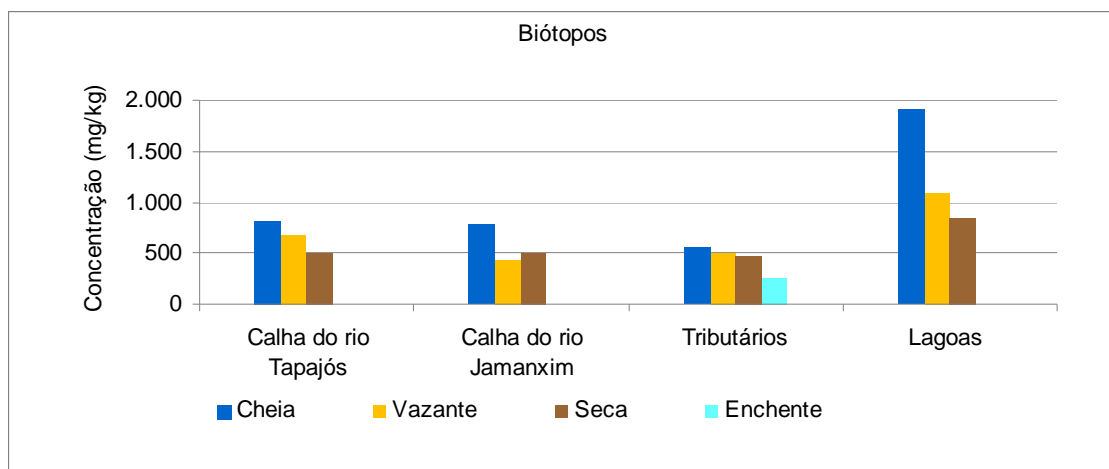


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/05 – Concentrações de Alumínio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Ferro

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/06** a **7.4.1.1.4.4.2.3/09** são apresentadas as concentrações de ferro nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamaxim, tributários e lagoas.

As concentrações de ferro variaram de 17,54 mg/kg no ponto CT7 (Rio Tapajós - montante da confluência com o rio Crepori) durante o período de vazante a 3.797 mg/kg no ponto LA2 (Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório) durante o período de seca.

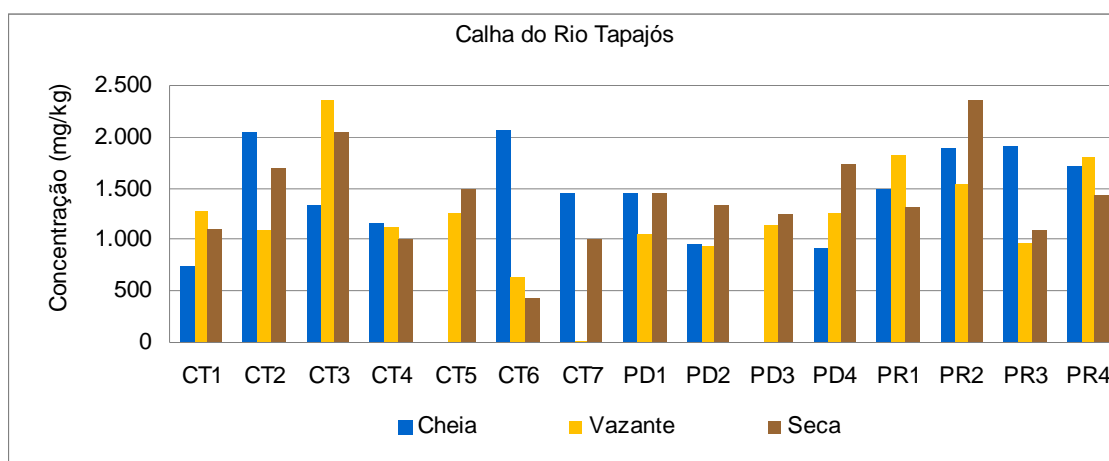


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/06 – Concentrações de Ferro (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

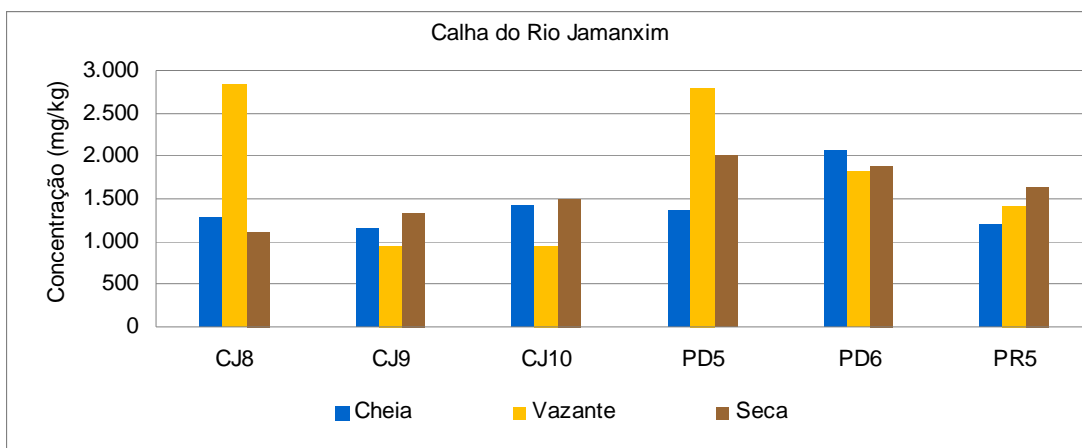


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/07 – Concentrações de Ferro (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

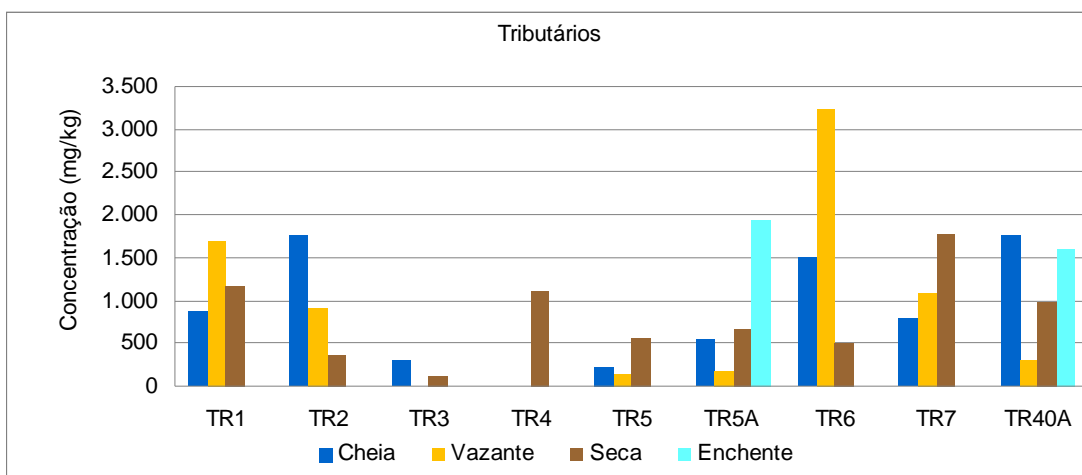


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/08 – Concentrações de Ferro (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

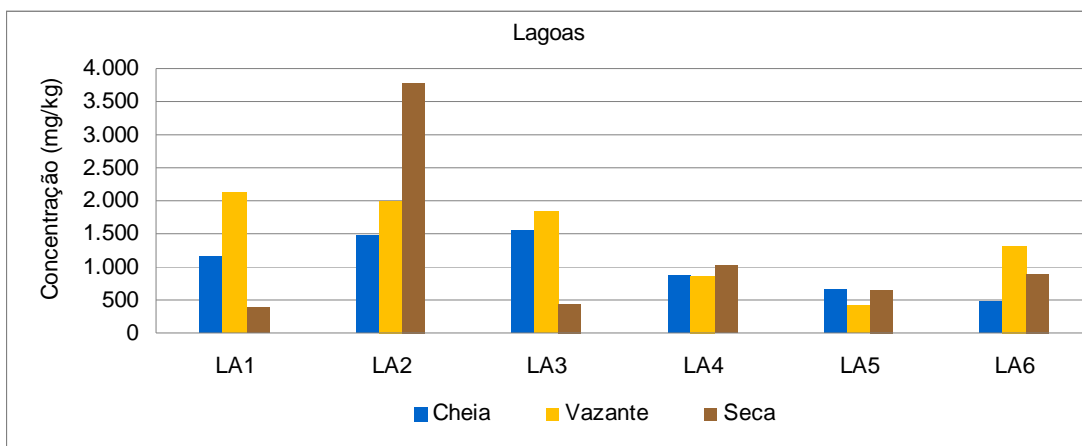


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/09 – Concentrações de Ferro (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/02** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de ferro, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/02- Síntese dos Resultados da Concentração de Ferro (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	1476	1222	1387	-	1362
	Mínimo	752	18	438	-	18
	Máximo	2058	2357	2366	-	2366
	Desvio Padrão	438	541	465	-	485
	Erro Padrão	122	140	120	-	74
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	1414	1801	1580	-	1598
	Mínimo	1151	956	1124	-	956
	Máximo	2076	2847	2003	-	2847
	Desvio Padrão	340	854	334	-	555
	Erro Padrão	139	349	136	-	131
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	972	1080	809	1769	1157
	Mínimo	226	141	113	1598	113
	Máximo	1767	3246	1781	1939	3246
	Desvio Padrão	627	1111	507	241	744
	Erro Padrão	222	420	169	171	146
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	1027	1429	1200	-	1218
	Mínimo	470	415	398	-	398
	Máximo	1563	2132	3797	-	3797
	Desvio Padrão	441	686	1296	-	847
	Erro Padrão	180	280	529	-	200

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/10** apresenta os valores médios das concentrações de ferro verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados, verificando-se, de forma geral, maiores índices de ferro nas amostragens realizadas na calha do rio Jamanxim,

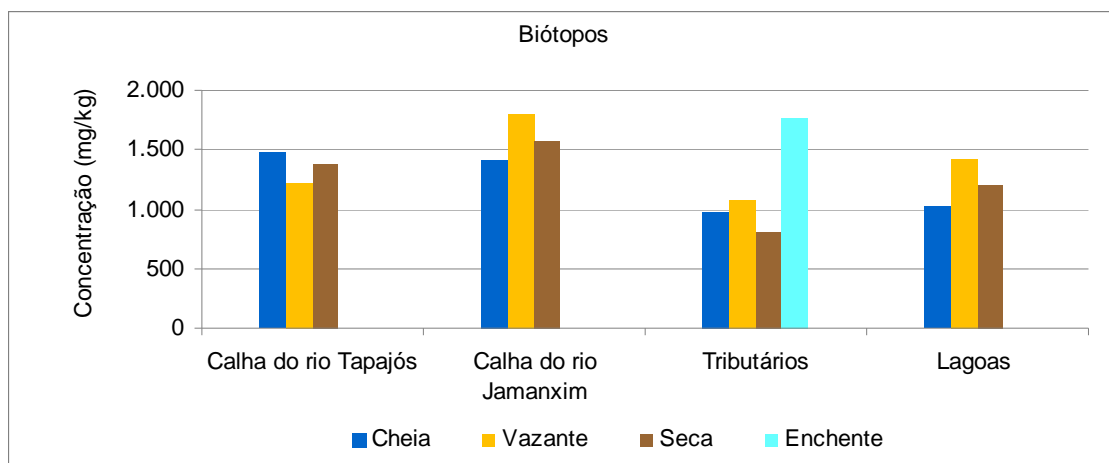


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/10 – Concentrações de Ferro (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Cromo

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/11 a 7.4.1.1.4.4.2.3/14** são apresentadas as concentrações de cromo nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.

As concentrações de cromo, identificadas acima do limite de quantificação, variaram de 0,44 mg/kg no ponto PR5 (Futuro Reservatório - praia - rio Jamanxim - próximo à confluência com o rio Tapajós) a 30,2 mg/kg no ponto TR5A (Rio Ratão - montante do futuro) ambos verificados no período de cheia, em concentrações abaixo do Nível 1 de alerta especificado em 37,3 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

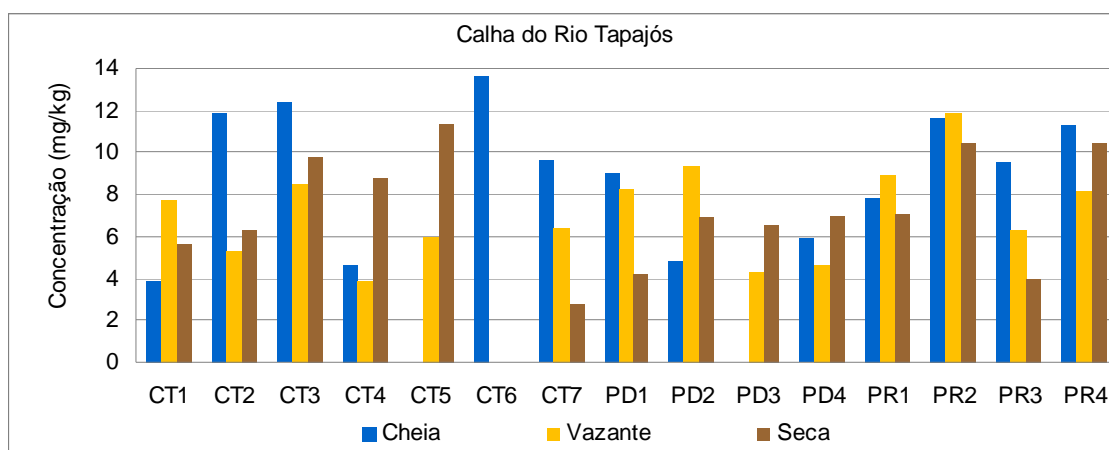


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/11 – Concentrações de Cromo (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

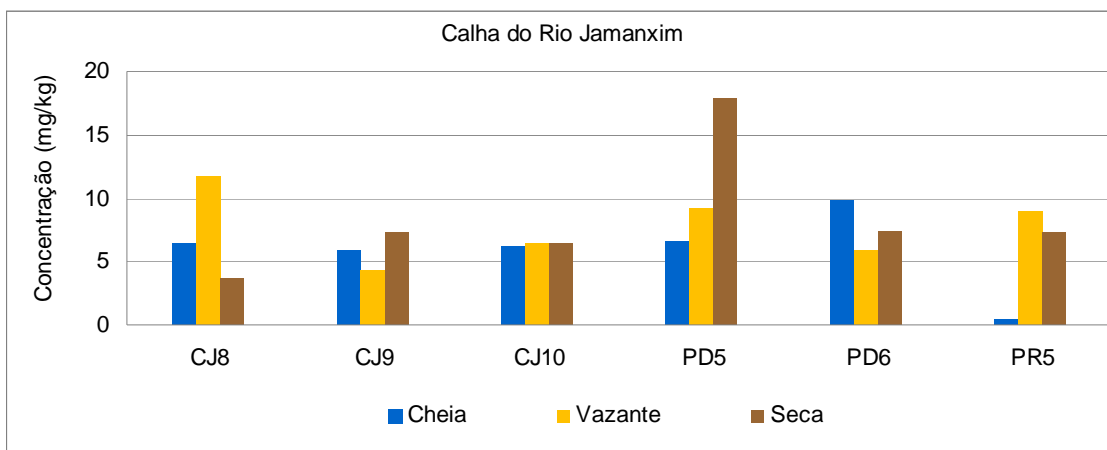
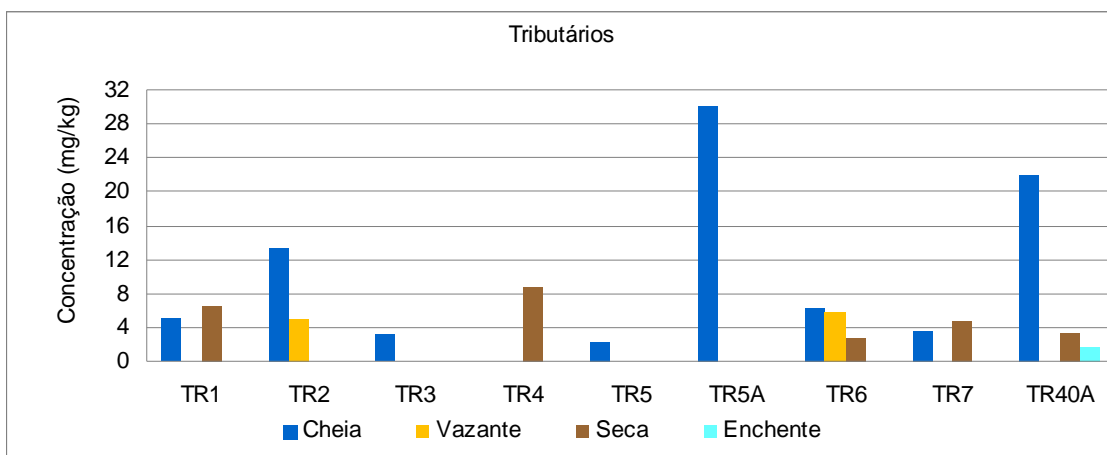


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/12 – Concentrações de Cromo (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.



Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/13 – Concentrações de Cromo (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

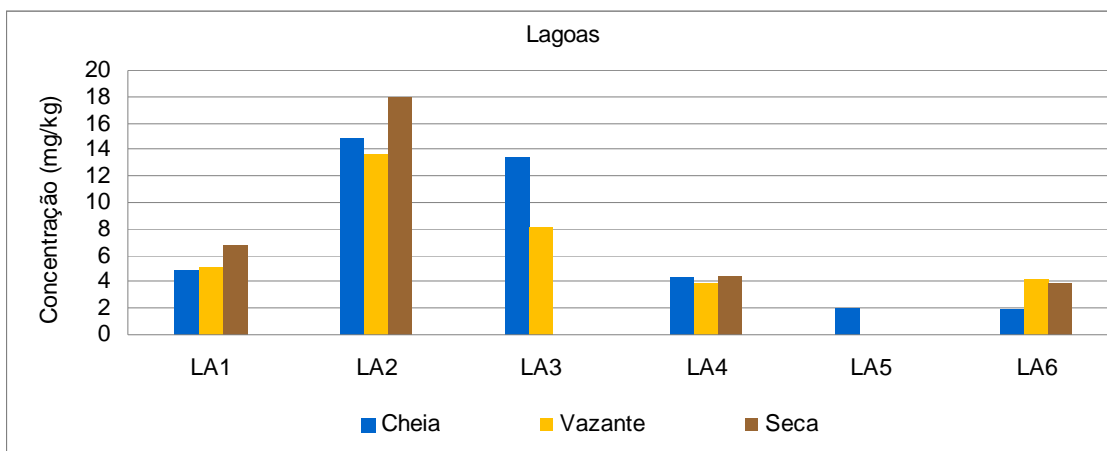


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/14 – Concentrações de Cromo (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/03** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de cromo, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/03- Síntese dos Resultados da Concentração de Cromo (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	8,94	6,71	6,82	-	7,49
	Mínimo	3,92	<1,00	<1,00	-	<1,00
	Máximo	13,70	11,90	11,40	-	13,70
	Desvio Padrão	3,27	2,69	3,02	-	3,09
	Erro Padrão	0,91	0,69	0,78	-	0,47
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	5,88	7,78	8,29	-	7,32
	Mínimo	0,44	4,36	3,58	-	0,44
	Máximo	9,80	11,70	17,90	-	17,90
	Desvio Padrão	3,03	2,67	4,92	-	3,61
	Erro Padrão	1,24	1,09	2,01	-	0,85
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	10,71	2,22	3,31	1,27	4,38
	Mínimo	2,22	<0,84	<0,80	<0,86	<0,80
	Máximo	30,20	5,93	8,72	1,68	30,20
	Desvio Padrão	10,34	2,21	2,83	0,58	6,96
	Erro Padrão	3,66	0,84	0,94	0,41	1,37
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	6,90	6,02	5,84	-	6,25
	Mínimo	1,87	<0,93	<0,95	-	0,93
	Máximo	14,80	13,70	18,00	-	18,00
	Desvio Padrão	5,73	4,41	6,35	-	5,24
	Erro Padrão	2,34	1,80	2,59	-	1,24

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/15** apresenta os valores médios das concentrações de cromo verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados.

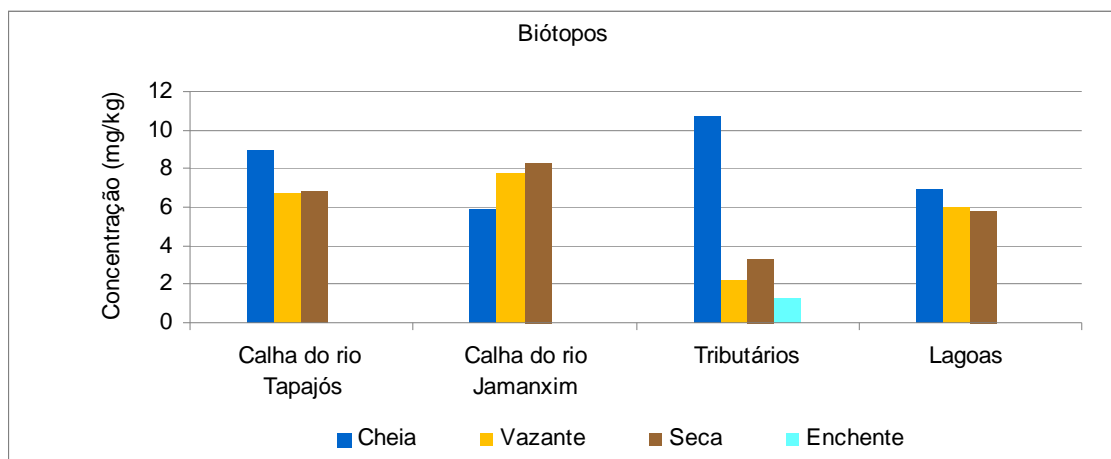


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/15 – Concentrações de Cromo (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Manganês

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/16** a **7.4.1.1.4.4.2.3/19** são apresentadas as concentrações de manganês nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.

As concentrações de manganês variaram de 5,36 mg/kg no ponto LA1 (Lagoa em ilha no rio Tapajós - jusante do futuro reservatório) durante a campanha de seca a 197 mg/kg no ponto TR1 (Rio Itapacurá - jusante do futuro reservatório) durante a vazante, não havendo valores limites normalizados na legislação para este metal pesado.

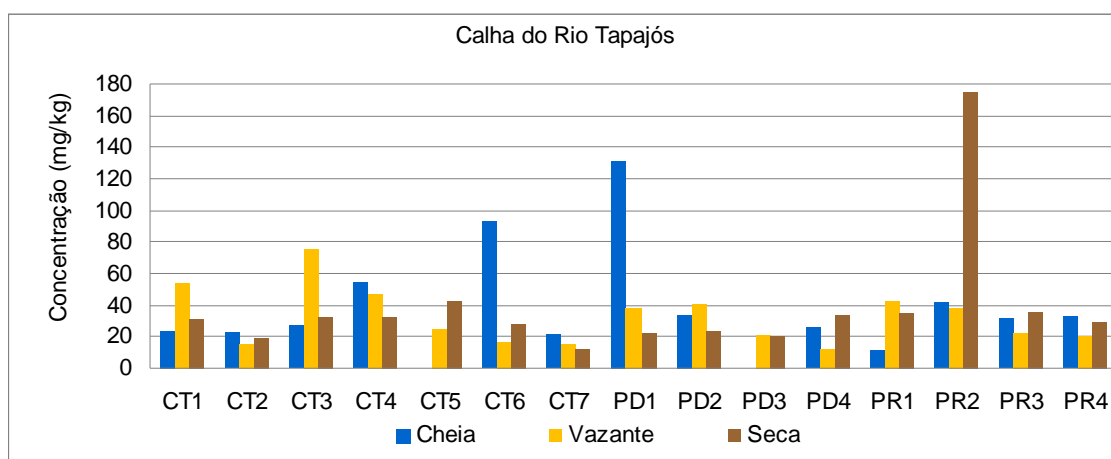


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/16 – Concentrações de Manganês (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

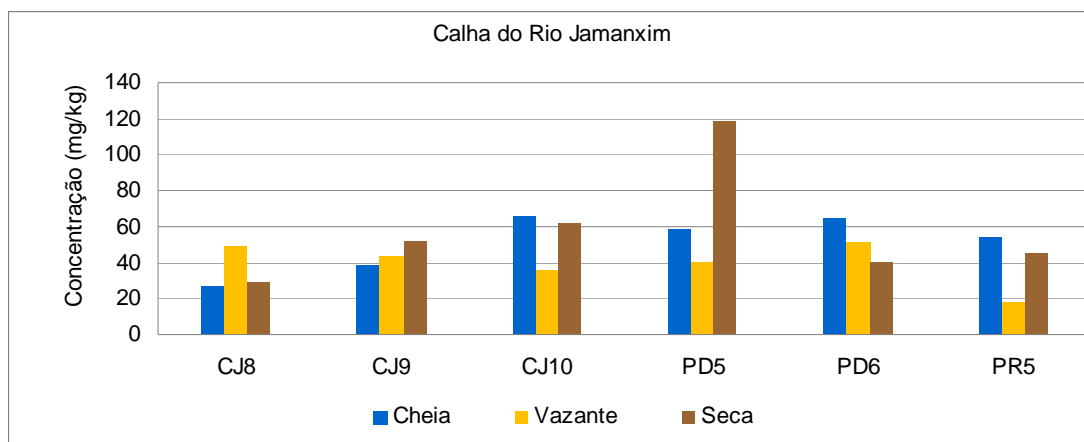


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/17 – Concentrações de Manganês (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

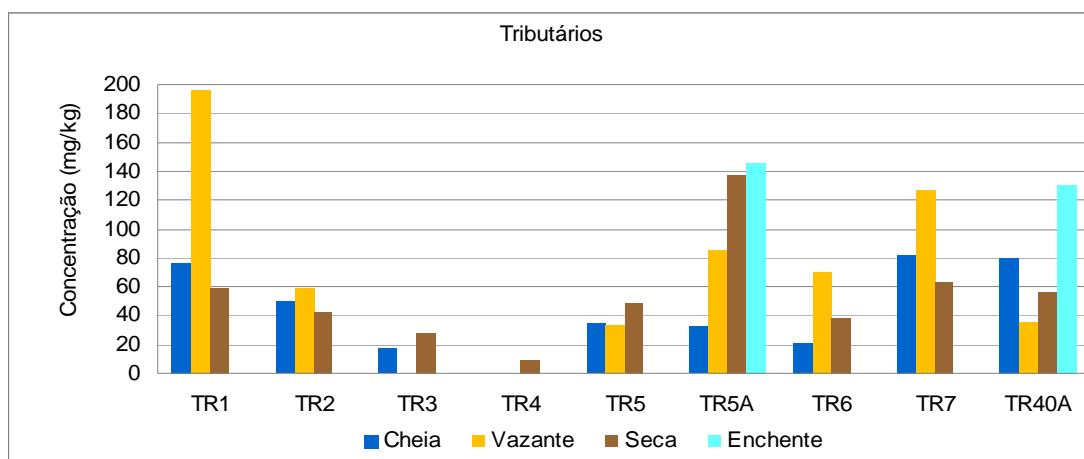


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/18 – Concentrações de Manganês (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

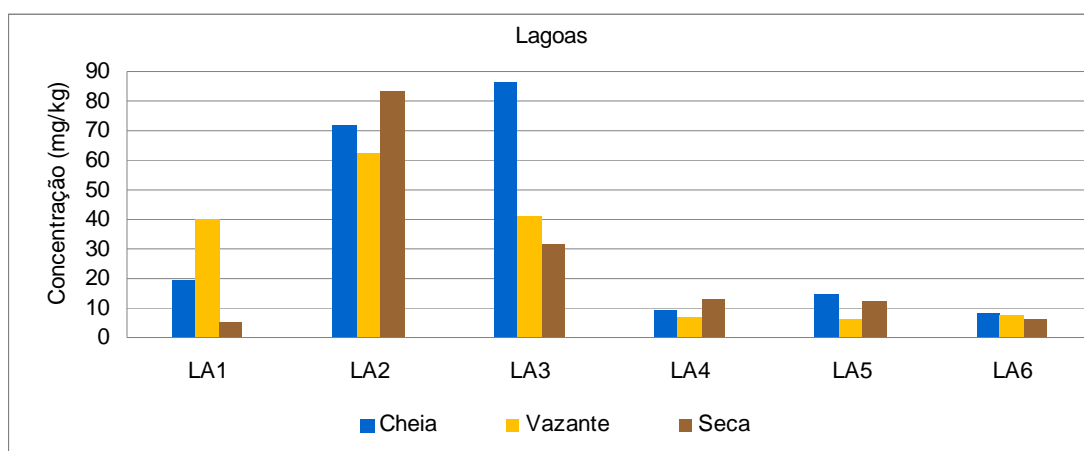


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/19 – Concentrações de Manganês (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/04** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de manganês, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/04- Síntese dos Resultados da Concentração de Manganês (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	42,4	32,6	38,5	-	37,8
	Mínimo	11,7	12,4	12,4	-	11,7
	Máximo	131,0	76,2	175,0	-	175,0
	Desvio Padrão	33,5	18,0	38,6	-	30,7
	Erro Padrão	9,3	4,6	10,0	-	4,7
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	51,6	39,8	58,0	-	49,8
	Mínimo	27,3	18,0	28,9	-	18,0
	Máximo	65,8	51,1	119,0	-	119,0
	Desvio Padrão	15,4	12,0	31,9	-	21,7
	Erro Padrão	6,3	4,9	13,0	-	5,1
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	49,1	86,9	53,6	138,5	82,0
	Mínimo	16,8	34,0	8,7	131,0	8,7
	Máximo	82,4	197,0	138,0	146,0	197,0
	Desvio Padrão	27,2	58,0	35,9	10,6	46,0
	Erro Padrão	9,6	21,9	12,0	7,5	9,0
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	35,0	27,5	25,3	-	29,2
	Mínimo	8,2	6,5	5,4	-	5,4
	Máximo	86,3	62,1	83,3	-	86,3
	Desvio Padrão	34,7	23,6	30,0	-	28,3
	Erro Padrão	14,2	9,6	12,2	-	6,7

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/20** apresenta os valores médios das concentrações de manganês verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados, sendo verificados maiores índices de manganês nas amostragens realizadas nos tributários.

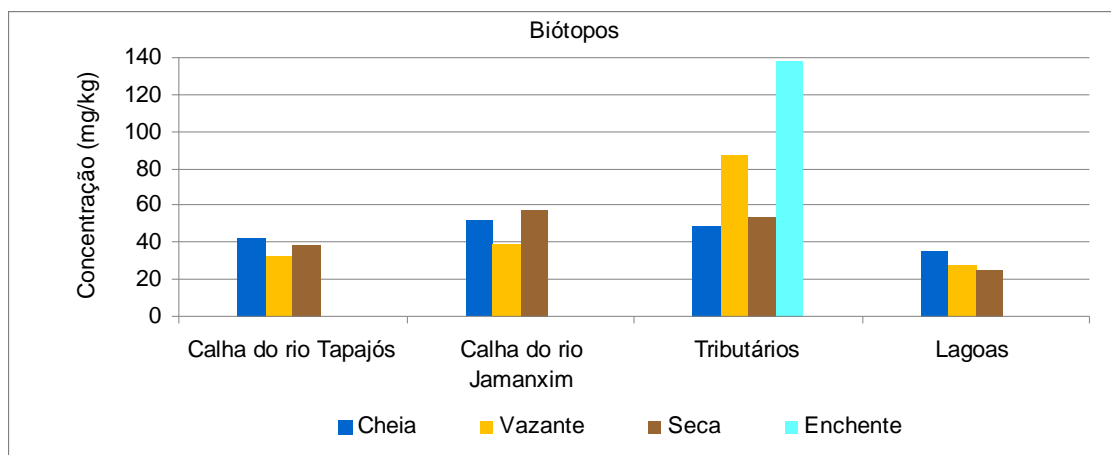


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/20 – Concentrações de Manganês (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Zinco

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/21 a 7.4.1.1.4.4.2.3/24** são apresentadas as concentrações de zinco nas amostragens realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.

As concentrações de zinco, variaram de 0,91 mg/kg no ponto TR5 (Futuro Reservatório - igarapé Jutai) durante a campanha de cheia a 114 mg/kg no ponto PD5 (Futuro Reservatório - pedral - rio Jamanxim - próximo à foz do igarapé Jamanxinzinho) durante a seca, abaixo do Nível 1 especificado em 123 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

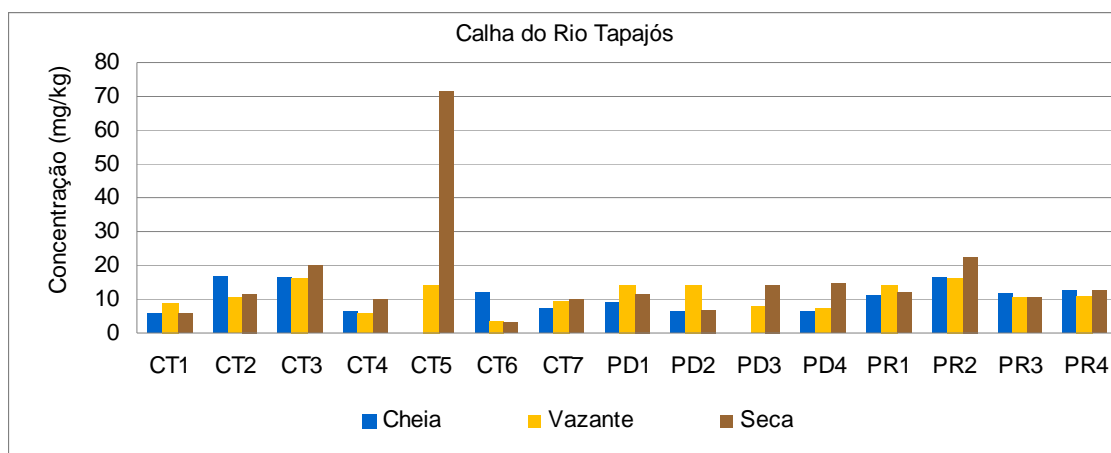


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/21 – Concentrações de Zinco (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

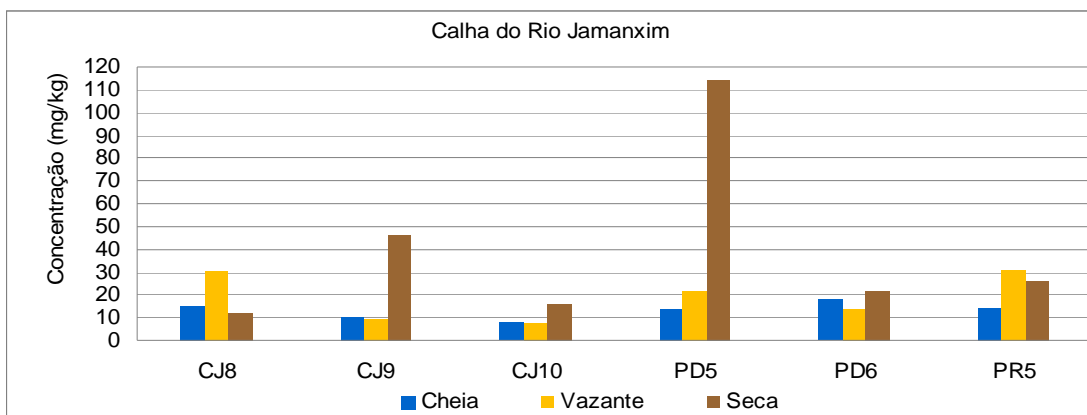


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/22 – Concentrações de Zinco (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

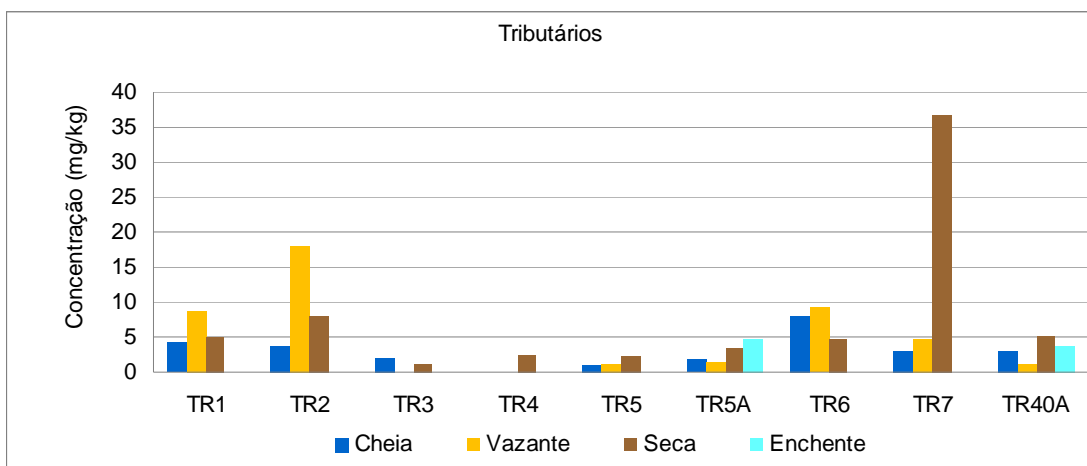


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/23 – Concentrações de Zinco (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

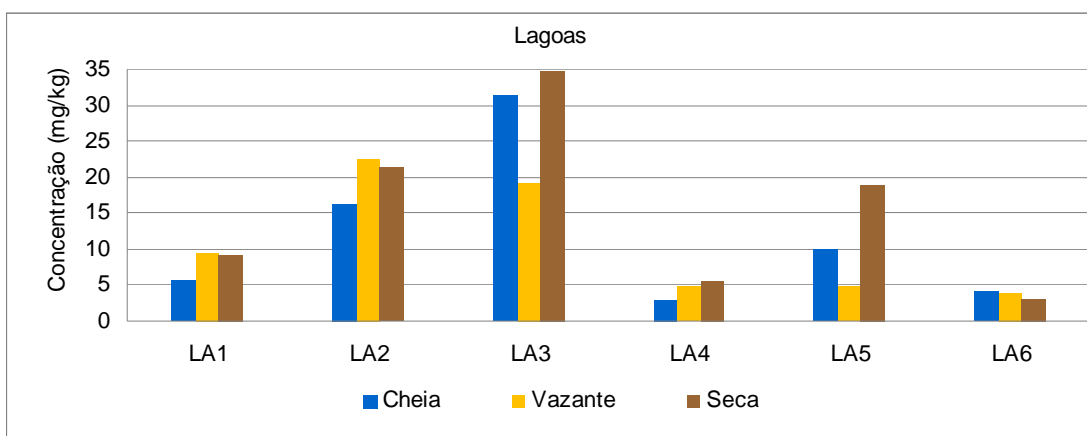


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/24 – Concentrações de Zinco (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/05** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de zinco, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/05- Síntese dos Resultados da Concentração de Zinco (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	10,7	11,0	15,8	-	12,5
	Mínimo	6,03	3,63	3,20	-	3,20
	Máximo	17,0	16,4	71,7	-	71,7
	Desvio Padrão	4,13	3,84	16,22	-	10,17
	Erro Padrão	1,15	0,99	4,19	-	1,55
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	13,3	19,1	39,3	-	23,9
	Mínimo	7,89	7,95	12,10	-	7,89
	Máximo	18,1	31,1	114,0	-	114,0
	Desvio Padrão	3,67	10,24	38,48	-	24,53
	Erro Padrão	1,50	4,18	15,71	-	5,78
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	3,3	6,4	7,7	4,2	5,4
	Mínimo	0,91	1,17	1,28	3,82	0,91
	Máximo	8,0	18,0	36,8	4,6	36,8
	Desvio Padrão	2,21	6,18	11,10	0,58	7,31
	Erro Padrão	0,78	2,34	3,70	0,41	1,43
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	11,7	10,8	15,5	-	12,7
	Mínimo	2,87	3,86	3,09	-	2,87
	Máximo	31,3	22,5	34,8	-	34,8
	Desvio Padrão	10,80	8,09	11,95	-	10,00
	Erro Padrão	4,41	3,30	4,88	-	2,36

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/25** apresenta os valores médios das concentrações de zinco verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados, com índices mais elevados observados na calha do rio Jamanxim.

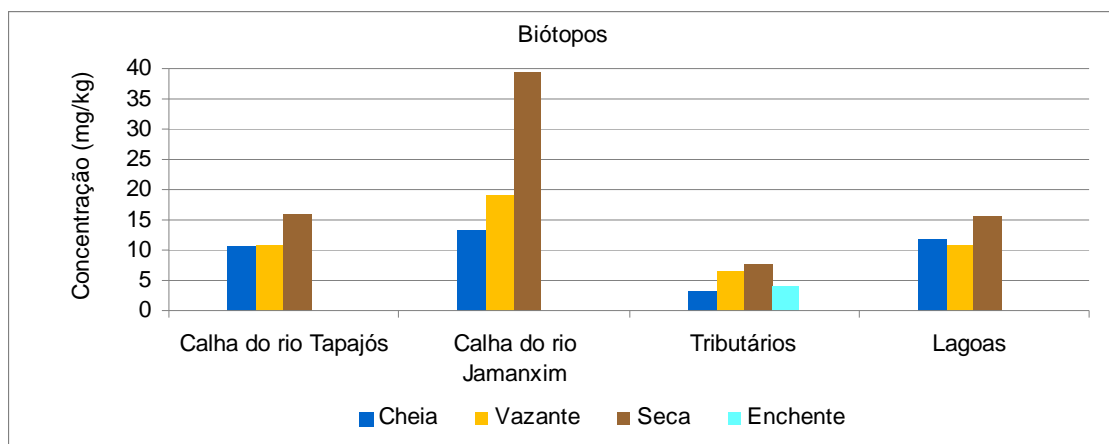


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/25 – Concentrações de Zinco (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Mercúrio

Nos **Gráficos 7.4.1.1.4.4.2.3/26 a 7.4.1.1.4.4.2.3/29** são retratadas as concentrações de mercúrio obtidas das quatro campanhas realizadas na calha do rio Tapajós, calha do rio Jamanxim, tributários e lagoas.

As concentrações de mercúrio, acima do limite de quantificação, variaram de 0,0054 mg/kg no ponto PD3 (Futuro Reservatório - pedral - rio Tapajós - entre os rios Jamanxim e Tucunaré) a 0,098 mg/kg no ponto LA2 (Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório) ambos verificados durante o período de seca, abaixo do Nível 1 especificado em 0,17 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

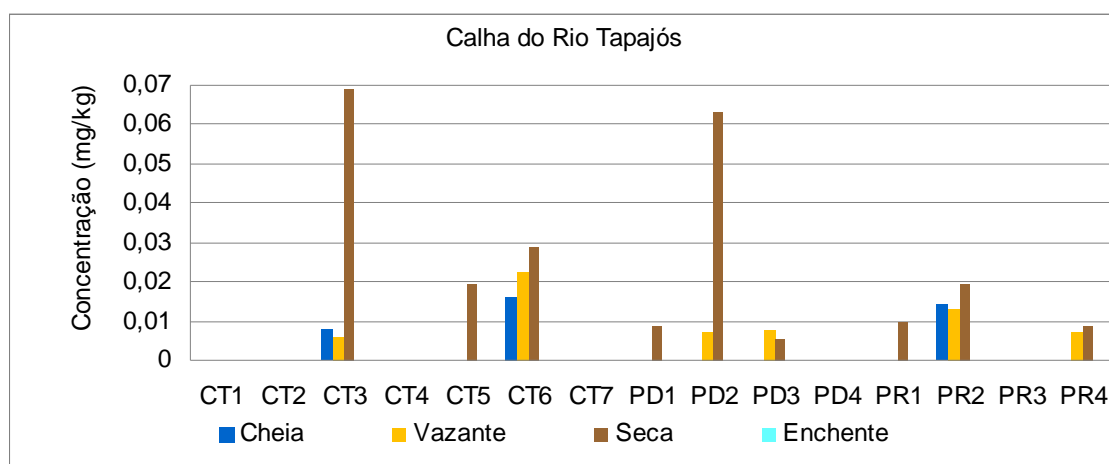


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/26 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) na Calha do rio Tapajós - Ciclo Hidrológico 2012.

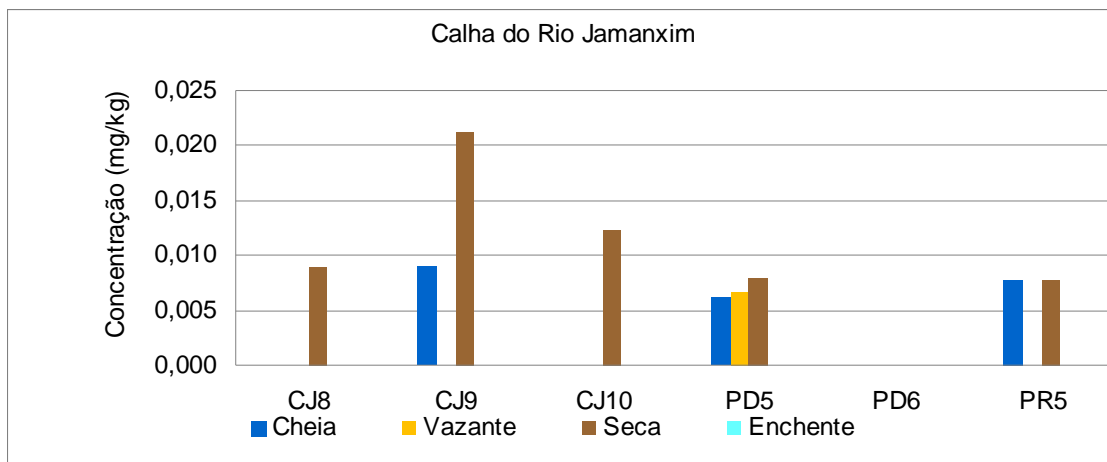


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/27 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) na Calha do rio Jamanxim - Ciclo Hidrológico 2012.

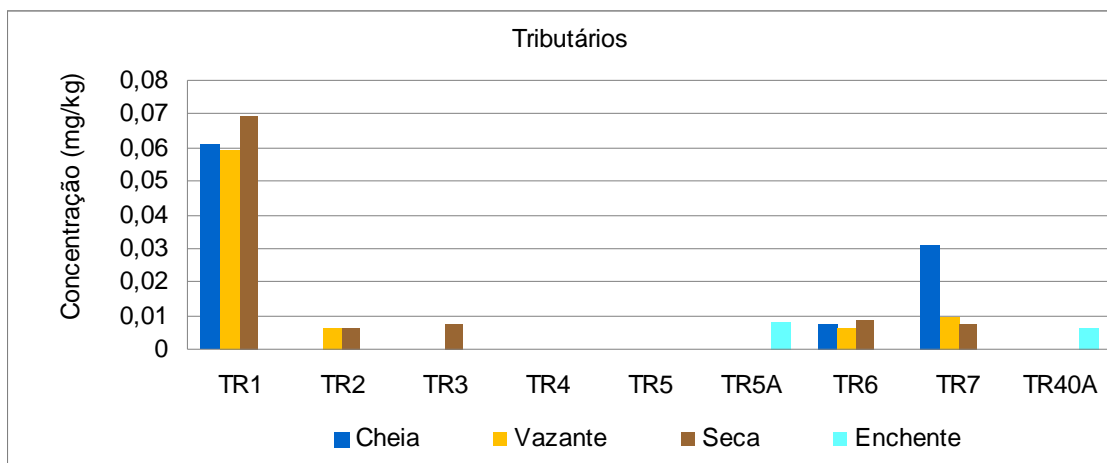


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/28 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) nos Tributários - Ciclo Hidrológico 2012.

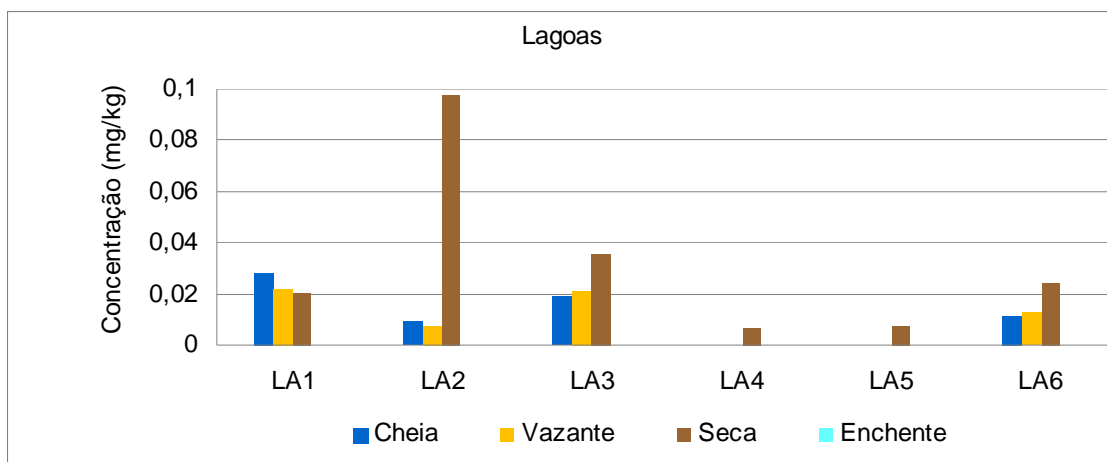


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/29 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) nas Lagoas - Ciclo Hidrológico 2012.

O **Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/06** apresenta a síntese dos resultados das concentrações de mercúrio, com valores médios para as quatro campanhas de amostragem, nos quatro diferentes biótopos avaliados: calha dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários e lagoas.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.3/06- Síntese dos Resultados da Concentração de Mercúrio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

Ambiente	Parâmetros	Cheia	Vazante	Seca	Enchente	Síntese do Ciclo Hidrológico
Calha do rio Tapajós	n	13	15	15	-	43
	Média	0,014	0,008	0,018	-	0,013
	Mínimo	<0,0049	<0,0045	<0,0053	-	<0,0045
	Máximo	0,096	0,022	0,069	-	0,096
	Desvio Padrão	0,025	0,005	0,021	-	0,019
	Erro Padrão	0,007	0,001	0,005	-	0,003
Calha do rio Jamanxim	n	6	6	6	-	18
	Média	0,007	0,006	0,011	-	0,008
	Mínimo	<0,0053	<0,0055	<0,0062	-	<0,0053
	Máximo	0,009	0,007	0,021	-	0,021
	Desvio Padrão	0,001	0,000	0,006	-	0,004
	Erro Padrão	0,001	0,000	0,002	-	0,001
Tributários	n	8	7	9	2	26
	Média	0,017	0,014	0,014	0,007	0,013
	Mínimo	<0,0056	<0,0059	<0,0052	0,006	<0,0052
	Máximo	0,061	0,059	0,070	0,008	0,070
	Desvio Padrão	0,020	0,020	0,021	0,001	0,019
	Erro Padrão	0,007	0,008	0,007	0,001	0,004
Lagoas	n	6	6	6	-	18
	Média	0,013	0,013	0,032	-	0,019
	Mínimo	<0,0060	<0,0060	0,007	-	<0,0060
	Máximo	0,028	0,022	0,098	-	0,098
	Desvio Padrão	0,009	0,007	0,034	-	0,022
	Erro Padrão	0,003	0,003	0,014	-	0,005

LEGENDA: n – número de amostras

FONTE: CNEC WorleyParsons, 2013

O **Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/30** apresenta os valores médios das concentrações de mercúrio verificadas durante as quatro campanhas, para os quatro diferentes biótopos analisados.

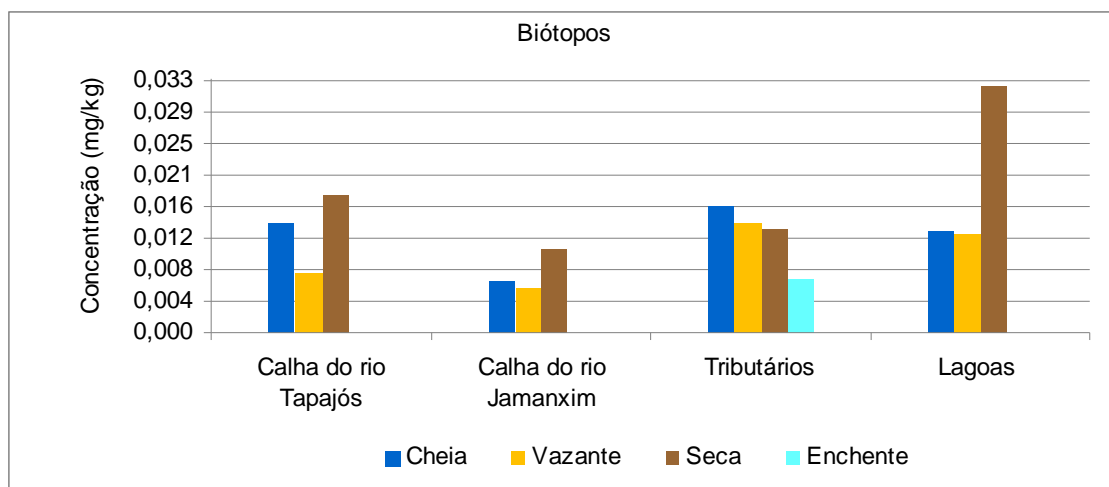


Gráfico 7.4.1.1.4.4.2.3/30 – Concentrações de Mercúrio (mg/kg) por Biótopo - Ciclo Hidrológico 2012.

- Demais Metais Analisados (níquel, cobre, chumbo e cádmio)

As concentrações de níquel, de cobre e principalmente de chumbo mantiveram-se inferiores ao limite de quantificação do método, na maioria das amostras avaliadas.

Acima do limite de quantificação do método analítico foram verificados para o níquel, concentrações variando entre 0,55 mg/kg no ponto PD4 (Pedral - rio Tapajós - próximo da foz do rio Ratão) durante a campanha de vazante e 10,3 no ponto LA1 (Lagoa em ilha no rio Tapajós - jusante do futuro reservatório) durante a cheia, abaixo do Nível 1 determinado em 18 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

Os níveis de cobre oscilaram entre 0,25 mg/kg no ponto LA6 (Lagoa na margem direita do rio Tapajós a montante da confluência com o rio Crepori - montante do futuro reservatório) durante o período de cheia a 10,7 mg/kg no ponto PD5 (Futuro Reservatório - pedral - rio Jamanxim - próximo à foz do igarapé) durante a seca, abaixo do Nível 1 especificado em 35,7 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

Para o chumbo, foram constatadas apenas 15 incidências em todas as amostragens realizadas, com concentrações variando entre 2,98 mg/kg no ponto PD6 (Pedral - rio Jamanxim - montante da cachoeira Santa Helena) durante a campanha de seca a 9,18 mg/kg no ponto CT6 (Futuro Reservatório - rio Tapajós – jusante da confluência com o rio Jutai) durante a cheia, abaixo do Nível 1 de alerta especificado em 35 mg/kg pela Resolução CONAMA 454/2012.

Os níveis de cádmio em todas as amostras coletadas ao longo do ciclo hidrológico não ultrapassaram o limite de quantificação do método analítico, equivalente a 0,001g/kg.

Os dados das campanhas referentes a esses quatro metais estão relacionados nos Quadros 13a a 16, 29a a 32, 61a a 64 e 93 do **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.

7.4.1.1.4.4.2.4 Pesticidas Organoclorados e Organofosforados nos Sedimentos

A avaliação de organoclorados e organofosforados basearam-se em uma rede de amostragem composta por 34 pontos de coleta, conforme previsto no plano de trabalho, sendo considerados os mesmos pontos onde foram desenvolvidas as amostragens de qualidade da água, distribuídos nas calhas dos rios Tapajós e Jamanxim, tributários laterais e lagoas.

Nesta avaliação foram considerados os princípios ativos dos seguintes grupos de amostragens:

- Pesticidas Organoclorados nos Sedimentos, conforme apresentado nos Quadros 33a a 36 e 65a a 68 no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.
- Organoclorados e Piretróides (Sólidos) nos Sedimentos, conforme apresentado nos Quadros 37 a 40 e 69 a 72 no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.
- Multirresíduos Sólidos (Carbamatos, Organofosforados, Organoclorados e Piretróides), conforme apresentado nos Quadros 41 a 44 e 73 a 76 no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.
- Organoclorados (Sólidos) nos Sedimentos, conforme apresentado nos Quadros 45 a 48 e 77 a 80 no **Anexo Geral 7.4.1.1.4/02 (Volume 9 Tomo I – Anexos Gerais)**.

De acordo com os resultados das análises laboratoriais, as concentrações dos compostos organoclorados e organofosforados analisados nas campanhas de amostragens de qualidade dos sedimentos, mantiveram-se abaixo do limite de quantificação do método analítico.

A única exceção refere-se a presença de cipermetrina e de lambda cialotrina, com valores respectivos de 2.336 µg/kg e 74 µg/kg, no ponto PR4 (praia - rio Tapajós - montante do rio Crepori), no período de seca.

A cipermetrina é uma substância do grupo dos piretróides. Constitui um inseticida e acaricida de ação muito ampla e que possui baixa toxidez para animais de sangue quente, mas tóxica para os peixes.

O lambda cialotrina também é um inseticida utilizado como um ingrediente ativo de agrotóxicos de aplicação foliar em diversos tipos de culturas.

7.4.1.1.4.4.2.5 Análises Multivariadas

Para as amostragens da qualidade de sedimentos em todo o ciclo hidrológico na área de influência do AHE São Luiz do Tapajós, as análises multivariadas indicaram correlações positivas fortes entre os metais alumínio, ferro, manganês, zinco, cromo, e mercúrio.

Na avaliação efetuada para os nutrientes obteve-se também associação positiva forte entre o nitrogênio e o fósforo, enquanto que o carbono orgânico revelou uma correlação positiva moderada com esses dois constituintes (**Quadro 7.4.1.1.4.4.2.5/01**). Cabe destacar que a concentração de fósforo nos sedimentos apresentou também correlação positiva forte com os valores de fósforo nas águas superficiais, revelando a disponibilidade e associação desse nutriente em ambos os compartimentos.

Quadro 7.4.1.1.4.4.2.5/01 - Análises Multivariadas dos Sedimentos.

Parâmetro		Correlações Gerais	
		r	p
Metais			
Alumínio	Cromo	0,71	0,00
	Ferro	0,74	0,00
	Manganês	0,74	0,00
	Mercúrio	0,63	0,00
	Zinco	0,67	0,00
Cromo	Ferro	0,88	0,00
	Manganês	0,71	0,00
	Mercúrio	0,55	0,00
	Zinco	0,83	0,00
Ferro	Manganês	0,77	0,00
	Mercúrio	0,59	0,00
	Zinco	0,85	0,00
Manganês	Mercúrio	0,65	0,00
	Zinco	0,73	0,00
Mercúrio	Zinco	0,60	0,00
Nutrientes			
Nitrogênio Kjeldahl Total	Fósforo Total	0,74	0,00
	Carbono Orgânico Total	0,30	0,00
Fósforo Total	Carbono Orgânico Total	0,30	0,00

LEGENDA: r: coeficiente de correlação de Spearman; p: nível de significância estatística (em negrito constam os valores de $p < 0,05$). Classificação dos valores de correlação - fraca: $0,10 \leq r \leq 0,29$, moderada: $0,30 \leq r \leq 0,49$, forte: $0,50 \leq r \leq 1,00$.

7.4.1.1.4.4.3 Considerações Finais

A qualidade dos sedimentos foi caracterizada pela análise de parâmetros físicos e químicos, por meio de amostras tomadas em campanhas desenvolvidas em quatro períodos do ciclo hidrológico regional: cheia (13 a 27/04/12), vazante (30/06 a 16/07/12), seca (16/09 a 6/10/12) e enchente (17/11 a 12/12). Os resultados foram comparados aos Níveis de Classificação e os Valores de Alerta (VA) estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012, bem como aos Valores de Alerta considerados pela Resolução SMA 39/2004 do Estado de São Paulo.

Verifica-se de forma geral uma condição bastante satisfatória quanto à qualidade dos sedimentos amostrados nas campanhas desenvolvidas no ano de 2012, com enquadramento de quase todos os parâmetros dentro dos limites normalizados pela Resolução CONAMA 454/2012 e pela Resolução da SMA 39/2004.

Apenas o parâmetro carbono orgânico total extrapolou o limite da Resolução CONAMA 454/2012, no período de vazante no ponto LA2 (Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório). As maiores incidências de carbono orgânico total detectadas nas lagoas podem estar associadas ao fato desse ambiente propiciar maior tendência de concentração de matéria carbonácea oriunda da vegetação ciliar e da baixa circulação das águas neste biótopo.

Verificou-se também a presença de cipermetrina e de lambda cialotrina acima do valor limite de quantificação do método em apenas uma amostragem, no ponto PR4 (praia – rio Tapajós – montante do rio Creporí) no período da seca, devendo provir de alguma prática agrícola existente nas proximidades do ponto de coleta.

Apesar dos índices de mercúrio em sedimentos estarem todos abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA 454/2012, foi detectado sua presença em 27 pontos dos 36 amostrados. O valor máximo de 0,098 mg/kg foi verificado no ponto LA2 (Lagoa na margem esquerda do rio Tapajós - jusante do futuro reservatório).

Foram observadas também incidências de mercúrio nas amostragens de sedimentos obtidas no ponto TR1 (rio Itapacurá - jusante do futuro reservatório) e nas lagoas, ambientes que aparentemente não estão diretamente impactados pela atividade garimpeira, podendo inferir também uma contribuição de origem natural (background) deste metal pesado.