

# Foz do Chapecó

Foz do Chapecó Energia S.A.

## RELATÓRIO TÉCNICO SEMESTRAL – RSR 06

FASE RESERVATÓRIO

CEFC 0955/2012

Período: Setembro de 2013 a Abril de 2014.

### Programa 7 - Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água

Sub-Programa 7.1 - Monitoramento das Águas Superficiais



FUNDAGRO

**Foz do Chapecó Energia S.A.**

Rua Germano Wendhausen, 203, 4º andar, Centro

88015-460, Florianópolis, SC, Brasil.

Fone: (48) 3029-5076 – fax: (48) 3029-5102

**Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina – Fundagro**

Avenida Madre Benvenuta, 1666, Santa Mônica

88035-001 Florianópolis, SC, Brasil.

Fone: (48) 3029-8000, fax: (48) 3029-8010

<http://www.fundagro.org.br/> - [fundagro@fundagro.org.br](mailto:fundagro@fundagro.org.br)

Fundagro - Unidade Regional de Chapecó

Rua Arthur Costa e Silva, 710-E, São Cristóvão.

89803-181, Chapecó, SC, Brasil.

Fone/Fax: (49) 3328-6614

**EQUIPE TÉCNICA:**

Ademilso Carbonera - Técnico em Hidrologia

Alcedir Bessegatto – Técnico em Agropecuária

Fábio da Silva - Técnico em Hidrologia

Felipe Elias Klein - Técnico em Agropecuária

Ivan R. Nérís – Técnico em Segurança do Trabalho

Lucas Soares Câmara - Técnico em Hidrologia

Ludimila G. de Lara Pinto – Eng.<sup>a</sup> Sanitarista e Ambiental

Rodrigo Lenz - Técnico em Hidrologia

**Florianópolis, junho de 2014.**

## ÍNDICE GERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>1</b>
2.1	PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS E SISTEMA DE COLETA .....	1
2.2	INFORMAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA .....	5
2.3	ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS .....	7
2.3.1	<i>IET - Índice de Estado Trófico .....</i>	<i>7</i>
2.3.2	<i>IQA - Índice de Qualidade das Águas .....</i>	<i>9</i>
2.3.3	<i>IQAR - Índice de Qualidade das Águas de Reservatório .....</i>	<i>10</i>
2.3.4	<i>Sedimentos .....</i>	<i>11</i>
<b>3</b>	<b>ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DO SEMESTRE .....</b>	<b>13</b>
3.1	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	13
<b>4</b>	<b>ANÁLISE SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS.....</b>	<b>15</b>
4.1	AMBIENTES LÊNTICOS .....	15
4.1.1	<i>Plâncton Mensal.....</i>	<i>28</i>
4.1.2	<i>Plâncton Trimestral .....</i>	<i>29</i>
4.2	AMBIENTES LÓTICOS .....	31
4.3	ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	42
4.3.1	<i>IET – Índice de estado trófico.....</i>	<i>42</i>
4.3.2	<i>IQA - Índice de qualidade da água .....</i>	<i>43</i>
4.3.3	<i>IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios .....</i>	<i>44</i>
4.4	PERFIL DA COLUNA D'ÁGUA.....	45
4.4.1	<i>Ponto UCa – cabeceira do reservatório .....</i>	<i>45</i>
4.4.2	<i>Ponto UCe – região central do reservatório .....</i>	<i>46</i>
4.4.3	<i>Ponto UAc – próximo a barragem .....</i>	<i>47</i>
4.5	SEDIMENTOS - ASPECTOS LEGAIS RESOLUÇÃO CONAMA 454/12 .....	49
4.6	DEMAIS PARÂMETROS .....	51
4.7	RESULTADOS DO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR.....	52
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

<b>APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>64</b>
A.1. OUTUBRO 2013 – 18ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO.....	64
A.2. DEZEMBRO 2013 – 19ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO .....	65
A.3. FEVEREIRO 2014 – 20ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS DE COLETA DE ÁGUA E SEDIMENTOS.....	3
FIGURA 2: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.....	6
FIGURA 3: COMPORTAMENTO DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NO PERÍODO DAS COLETAS.....	14
FIGURA 4: OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	16
FIGURA 5: PH NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	17
FIGURA 6: FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	17
FIGURA 7: NITRATO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	18
FIGURA 8: CLORETOS NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	18
FIGURA 9: COLIFORMES TERMOTOLERANTES NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	19
FIGURA 10: TURBIDEZ NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	20
FIGURA 11: SÓLIDOS TOTAIS NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	20
FIGURA 12: DBO <sub>5</sub> NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	21
FIGURA 13: SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	22
FIGURA 14: TEMPERATURA DA ÁGUA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	22
FIGURA 15: NITROGÊNIO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	23
FIGURA 16: DUREZA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	24
FIGURA 17: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	24
FIGURA 18: FERRO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	25
FIGURA 19: TRANSPARÊNCIA DA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	25
FIGURA 20: DQO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	26
FIGURA 21: ALCALINIDADE TOTAL AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	27
FIGURA 22: COLIFORMES TOTAIS AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	27
FIGURA 23: FOSFATO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	28
FIGURA 24: RESULTADOS DO FITOPLÂNCTON MENSAL NA FASE RESERVATÓRIO.....	29
FIGURA 25: RESULTADOS DO ZOOPLÂNCTON MENSAL NA FASE RESERVATÓRIO.....	29
FIGURA 26: RESULTADOS DO FITOPLÂNCTON TRIMESTRAL NA FASE RESERVATÓRIO.....	30
FIGURA 27: RESULTADOS DO ZOOPLÂNCTON TRIMESTRAL NA FASE RESERVATÓRIO.....	31
FIGURA 28: OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	32
FIGURA 29: PH NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	33
FIGURA 30: FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	33
FIGURA 31: NITRATO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	34
FIGURA 32: COLIFORMES TERMOTOLERANTES NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	34

FIGURA 33: TURBIDEZ NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	35
FIGURA 34: SÓLIDOS TOTAIS NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	36
FIGURA 35: SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	36
FIGURA 36: TEMPERATURA DA ÁGUA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	37
FIGURA 37: NITROGÊNIO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	37
FIGURA 38: DUREZA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	38
FIGURA 39: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	39
FIGURA 40: FERRO TOTAL NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	39
FIGURA 41: TRANSPARÊNCIA DA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	40
FIGURA 42: DQO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	40
FIGURA 43: ALCALINIDADE TOTAL AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	41
FIGURA 44: COLIFORMES TOTAIS AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	41
FIGURA 45: FÓSFATO AO LONGO DOS PONTOS DE COLETA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	42
FIGURA 46: RESULTADOS DO IET.....	43
FIGURA 47: RESULTADOS DO IQA.....	44
FIGURA 48: RESULTADOS DO IQAR.....	45
FIGURA 49: COBRE NOS SEDIMENTOS DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	50
FIGURA 50: CROMO NOS SEDIMENTOS DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	50
FIGURA 51: ZINCO NOS SEDIMENTOS DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	51
FIGURA 52: BÁRIO NOS SEDIMENTOS DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	51
FIGURA 53: FERRO NOS SEDIMENTOS DE SETEMBRO DE 2013 A ABRIL DE 2014.....	52
FIGURA 54: CONDUTIVIDADE NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	52
FIGURA 55: DQO NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	53
FIGURA 56: FÓSFORO TOTAL NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	53
FIGURA 57: NITRATO NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	54
FIGURA 58: NITROGÊNIO TOTAL NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	54
FIGURA 59: NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	55
FIGURA 60: OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	55
FIGURA 61: OXIGÊNIO SATURADO NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	56
FIGURA 62: POTENCIAL HIDROGENIÔNICO NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	56
FIGURA 63: TEMPERATURA DA ÁGUA NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	57
FIGURA 64: TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	57
FIGURA 65: FITOPLÂNCTON NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	58
FIGURA 66: CIANOBACTÉRIAS NO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR NAS CAMPANHAS DE SET/13, JAN/14 E FEV/14.....	58

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: PONTOS DE COLETA DO SUB-PROGRAMA 7.1 DA UHE FOZ DO CHAPECÓ.....	2
TABELA 2: PONTOS DE COLETA DO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR.....	2
TABELA 3: PARÂMETROS E PERIODICIDADES CONFORME ETAPAS DO PBA.....	4

TABELA 4: PARÂMETROS MONITORADOS NOS PONTOS COMPLEMENTARES.....	5
TABELA 5: CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO PARA RIOS SEGUNDO ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO .....	8
TABELA 6: CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO PARA RESERVATÓRIOS SEGUNDO ÍNDICE DE CARLSON MODIFICADO.....	8
TABELA 7: PARÂMETROS SELECIONADOS E RESPECTIVOS PESOS.....	9
TABELA 8: CLASSIFICAÇÃO DO IQA.....	10
TABELA 9: VARIÁVEIS SELECIONADAS E SEUS RESPECTIVOS PESOS .....	10
TABELA 10: MATRIZ DE QUALIDADE DA ÁGUA (*).....	11
TABELA 11: VALORES ORIENTADORES ESTABELECIDOS NA RES. CONAMA 454/12. ....	12

## 1 INTRODUÇÃO

Este documento é o “Relatório Técnico Semestral – RSR 06” que apresenta a avaliação da qualidade das águas superficiais e sedimentos durante os meses de setembro de 2013 e abril de 2014. Este relatório corresponde ao sexto relatório semestral da Fase Reservatório do Sub-Programa 7.1 – Monitoramento das Águas Superficiais.

A supervisão e coordenação das atividades, bem como as coletas de campo, foram realizadas pela Fundagro. O laboratório Bioagri Ambiental, de Curitiba - PR, foi responsável pelas análises laboratoriais para determinação dos parâmetros selecionados, com exceção da clorofila e plâncton que foram determinados pelo laboratório Beckhauser & Barros – LABB, de Blumenau.

## 2 METODOLOGIA

A seguir é apresentada a metodologia empregada na execução das atividades do Sub-programa 7.1, como por exemplo, a sistemática das campanhas de amostragem de água, os parâmetros de qualidade da água selecionados para o monitoramento, a localização dos pontos de amostragem e o tratamento efetuado nos dados obtidos.

### 2.1 PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS E SISTEMA DE COLETA

A Tabela 1 apresenta os pontos de amostragem de água e sedimentos com as seguintes informações: codificação do ponto, descrição do local, altitude e coordenadas UTM.

**Tabela 1: Pontos de coleta do sub-programa 7.1 da UHE Foz do Chapecó.**

Ponto	Descrição	Altitude	Coordenadas UTM	
UAc (*)	Reservatório, ponto próximo à barragem, abrange todas as contribuições recebidas pelo rio Uruguai;	265 m	0298032	6994768
TLB	Tributário lajeado Bonito;	300 m	0296425	6986889
TL	Reservatório, contribuição do tributário rio Lambedor;	265 m	0317232	6995910
UCe (*)	Reservatório, abrange contribuição dos tributários formadores da parte central do reservatório;	265 m	0315141	6993143
TIn	Tributário rio dos Índios;	520 m	0322132	6979717
TT	Tributário rio Tigre;	380 m	0324052	6996095
TPF	Reservatório, contribuição do tributário rio Passo Fundo;	265 m	0332678	6979383
UCa (*)	Reservatório, ponto abrange contribuição dos tributários formadores da cabeceira do reservatório;	265 m	0333878	6982790
Tlr	Tributário rio Irani;	272 m	0349235	6994404
TA	Tributário rio Ariranha;	330 m	0358868	6994478
UPb (*)	Reservatório, Ponto Branco, jusante da UHE Itá;	265 m	0360009	6981307
TJC	Tributário rio Chapecó;	226 m	0302483	7003552
UJu1 (*)	Jusante da UHE Foz do Chapecó, Rio Uruguai + Água Vertida;	235 m	0298601	6998924
UJu2 (*)	Jusante da UHE Foz do Chapecó, TJC + UJU1 + Água Turbinada.	225 m	0294664	6994230

(\*) Pontos onde são monitorados os sedimentos de fundo.

Além dos pontos previstos no monitoramento do Sub-programa 7.1 foram incorporados pontos complementares à rede do monitoramento, com parâmetros específicos, de maneira a acompanhar o comportamento da água em locais em que foram detectados mortandade de peixes. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os pontos de amostragem de água acrescidos ao programa.

**Tabela 2: Pontos de coleta do monitoramento complementar.**

Ponto	Descrição	Coordenadas UTM	
TLG	Reservatório, abrange as contribuições do tributário Lajeado Grande	0305560	6985569
TLL	Reservatório, abrange as contribuições do tributário Lajeado Leão	0303205	6985439
TLB-R	Reservatório, abrange as contribuições do tributário Lajeado Bonito	0299461	6989507

A Figura 1 apresenta os pontos de coleta de água e sedimentos distribuídos espacialmente no mapa georreferenciado do reservatório da UHFC.

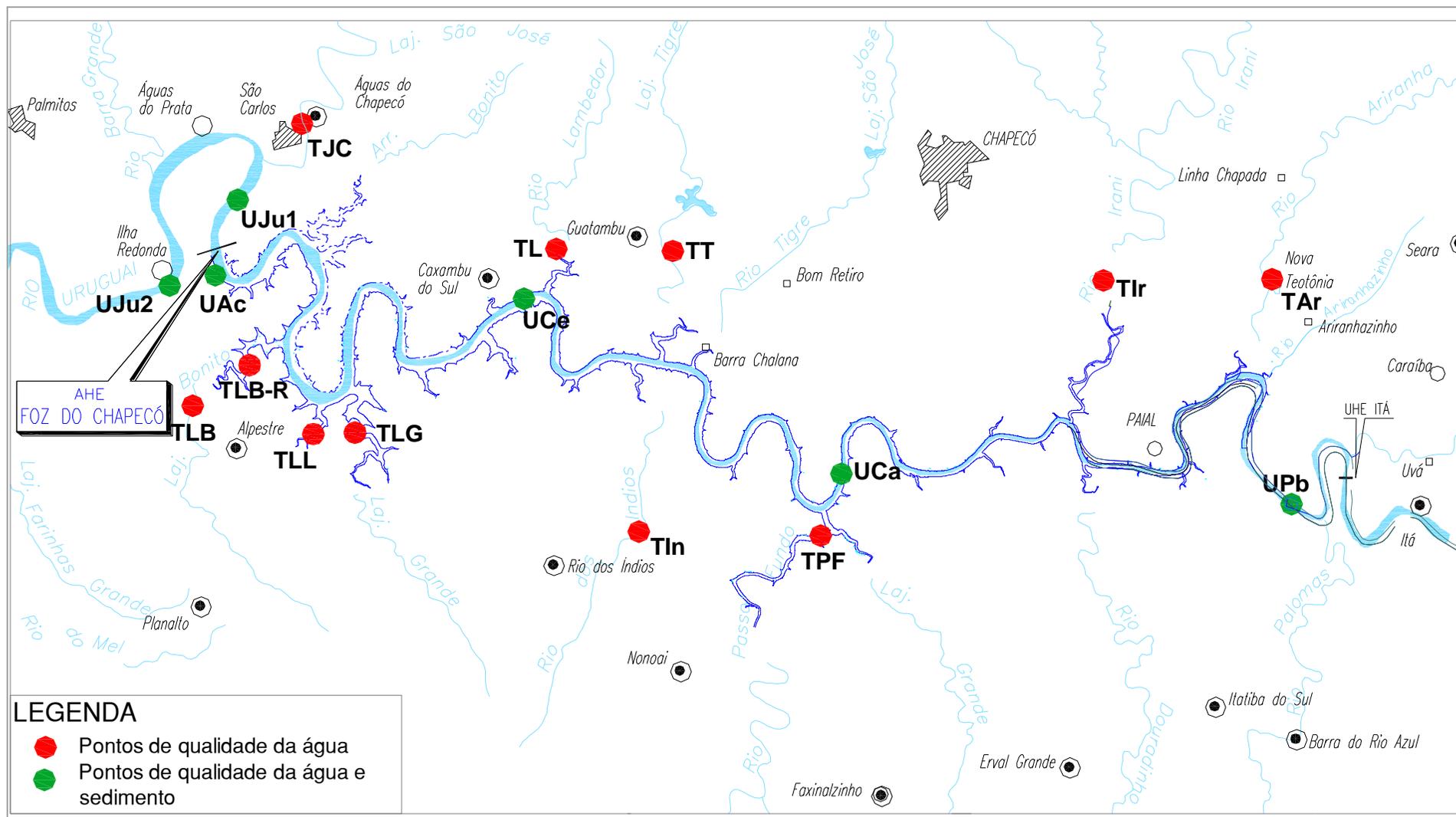


Figura 1: Distribuição espacial dos pontos de coleta de água e sedimentos.

A tabela a seguir (Tabela 3) apresenta os parâmetros monitorados nas águas superficiais e sedimentos de fundo com a respectiva periodicidade de coleta.

Destaca-se que os parâmetros e periodicidades da Fase Reservatório foram adaptados de forma a atender as etapas previstas no PBA.

**Tabela 3: Parâmetros e periodicidades conforme etapas do PBA.**

<b>Parâmetros nas águas com periodicidade MENSAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Perfil transversal da coluna de água (temperatura, OD, pH, condutividade), Fitoplâncton, Zooplâncton e Densidade de cianobactérias.	UCa, UCe e UAc
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Alcalinidade total, Cádmio, Cloretos, Clorofila_a, Coliformes fecais, Coliformes totais, Condutividade elétrica, DQO, DBO5, Dureza, Fenóis totais, Ferro total, Fósforo total, Fosfato total, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio total, Óleos e graxas, Oxigênio dissolvido, Oxigênio saturado, pH, Sólidos totais, Temperatura da água, Transparência da água, Turbidez.	UAc, TLB, TL, UCe, TIn, TT, TPF, UCa, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nas águas de profundidade com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Déficit de oxigênio dissolvido, Fósforo total, Nitrogênio inorgânico total, Clorofila_a, Profundidade Secchi, DQO, Fitoplâncton, Profundidade média (Parâmetros para cálculo do IQAR).	UCa, UCe e UAc
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade TRIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Fitoplâncton, Zooplâncton e Densidade de cianobactérias.	TLB, TL, TIn, TT, TPF, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nas águas com periodicidade SEMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Agroquímicos (fipronil e glifosato).	UAc, TLB, TL, UCe, TIn, TT, TPF, UCa, Tlr, TA, UPb, TJC, UJu1 e UJu2
<b>Parâmetros nos sedimentos com periodicidade BIMESTRAL</b>	<b>Pontos de coleta</b>
Arsênio, Bário, Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro e Zinco.	UAc, UCe, UCa, UPb, UJu1 e UJu2

Neste período (setembro de 2013 a abril de 2014) foram realizadas três campanhas de amostragem de água codificadas como “CPR (campanha reservatório)”, a saber:

-  CPR18: Outubro de 2013
-  CPR19: Dezembro de 2013
-  CPR20: Fevereiro de 2014

Além das campanhas previstas no período serão apresentados os resultados da campanha CPR17, ocorrida em Agosto de 2013.

Quanto aos pontos do monitoramento complementar, os parâmetros monitorados estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4: Parâmetros monitorados nos pontos complementares.**

PARÂMETROS	MATRIZ	PERIODICIDADE	PONTOS DE COLETA
Cianobactérias, Condutividade elétrica, DQO, DBO5, Fitoplâncton, Fósforo total, Fosfato total, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio total, Nitrogênio total de Kjeldahl, Oxigênio dissolvido, Oxigênio saturado, pH, Temperatura da água e Transparência da água.	Água sub-superficial e água de profundidade	BIMESTRAL	TLL, TLG e TLB

A metodologia utilizada no desenvolvimento das atividades previstas no monitoramento da qualidade da água e limnológico, durante a Fase Reservatório da Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, é a sugerida pelo PBA do empreendimento.

A metodologia aplicada na coleta e preservação das amostras, bem como a análise dos dados é realizada de acordo com as recomendações do Standart Methods for Examination of Water and Wastewater e da Environmental Protection Agency – EPA. No entanto na impossibilidade de seguir rigorosamente os procedimentos internacionais, são adotados os procedimentos estabelecidos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB/ANA, 2011).

Em campo, nas amostras de água, foram determinados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, pH, condutividade elétrica e transparência.

A coleta do material planctônico foi realizada com redes específicas conforme solicitado no PBA e as amostras fixadas formol para posterior encaminhamento ao laboratório de análises.

Para a coleta das amostras de sedimentos de fundo também foi utilizada a metodologia descrita no Guia da Cetesb, citado anteriormente, empregando em campo o amostrador tipo Rock Island ou Draga Petersen.

## 2.2 INFORMAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Para a análise pluviométrica da bacia hidrográfica incremental da UHE Foz do Chapecó foram utilizados dados de precipitação pluviométrica (chuva) das estações meteorológicas pertencentes a rede de monitoramento do Programa 4 – Monitoramento Climatológico da UHE Foz do Chapecó. A localização das estações pode ser observada na Figura 2 . A análise baseou-se na avaliação dos totais diários de chuva no período da execução das campanhas de coleta.



## 2.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS

Para os resultados dos parâmetros monitorados encontrados nas amostras de água foram elaborados gráficos com os dados obtidos em cada coleta do semestre, onde no eixo das abscissas (x) foram dispostos os pontos de amostragem, indicando o seu comportamento ao longo do curso d'água, e no eixo das ordenadas (y) os parâmetros monitorados em cada campanha indicando a evolução dos mesmos ao longo do tempo. A apresentação gráfica dos resultados de qualidade da água é dividida por grupo de pontos levando em consideração os tipos de ambientes (lêntico e lótico).

Para aqueles parâmetros listados na legislação (artigo 15 da Resolução Conama 357/05) foi realizada a comparação com os padrões e condições de qualidade para águas doces classe 2. Também foram aplicados os índices ambientais IET (Índice de Estado Trófico), IQA (Índice de Qualidade da Água) e IQAR (Índice de Qualidade da Água de Reservatórios).

Os resultados de metais nos sedimentos foram classificados de acordo com o grau de contaminação química do sedimento com vistas na proteção da vida aquática, segundo os valores guias estabelecidos pelo “Canadian Council os Ministers of the Environment” (CCME, 2001) para arsênio e metais pesados (cádmio, cobre, cromo e zinco). Tais critérios foram adotados pela Res. Conama 454/12 que estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado. Neste caso também foram elaborados gráficos com os dados obtidos, onde no eixo das abscissas (x) foram dispostos os pontos de amostragem e no eixo das ordenadas (y) os parâmetros monitorados em cada campanha para mostrar a evolução dos mesmos ao longo do tempo.

### 2.3.1 IET - Índice de Estado Trófico

Este índice foi aplicado em cada ponto de coleta com a finalidade de classificá-los em diferentes graus de trofia.

A metodologia utilizada para a determinação do IET é a de Carlson modificada por Lamparelli (2004) que realizou estudos com dados levantados da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo executada pela CETESB (2006).

O índice é composto pelo IET para o fósforo – IET (PT) e pelo IET para a clorofila\_a – IET (CL), determinados por equações específicas para ambientes lóticos e lênticos.

- Equações para Rios (ambientes lóticos):

$$IET(CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$IET(PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

- Equações para Reservatórios (ambientes lênticos):

$$IET(CL) = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln CL)) / \ln 2))$$

$$IET(PT) = 10 \times (6 - ((1,77 - 0,42 \times (\ln PT)) / \ln 2))$$

Sendo:

P = concentração de fósforo total medida na superfície da água, em µg/L.

CL = concentração de clorofila\_a medida na superfície da água, em µg/L.

Seguindo recomendações da Cetesb para a interpretação do IET, quando não houver resultados para o fósforo ou clorofila, o cálculo será realizado a partir do parâmetro disponível e esse considerado como equivalente ao IET. Quando os dados de ambas as variáveis estiverem disponíveis, o resultado do IET será calculado pela média aritmética simples dos índices relativos à clorofila\_a e ao fósforo.

Para a classificação deste índice foram adotados os seguintes estados de trofia com diferentes limites estabelecidos para rios (Tabela 5) e reservatórios (Tabela 6):

Tabela 5: Classificação do Estado trófico para rios segundo Índice de Carlson modificado

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RIOS				
Categoria	Ponderação	Secchi – S (m)	P-total – P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila_a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		P > 640	CL > 7,46

Tabela 6: Classificação do Estado trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson modificado

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RESERVATÓRIOS				
Categoria	Ponderação	Secchi – S (m)	P-total – P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila_a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	P > 233	CL > 69,05

### 2.3.2 IQA - Índice de Qualidade das Águas

O IQA, conceitualmente, é determinado pelo produtório ponderado da qualidade da água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecais, nitratos, orto-fosfato, sólidos totais e turbidez, que é obtido pela seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

$w_i$  = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Onde:

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Foram atribuídos pesos relativos aos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de ponderação (Tabela 7).

**Tabela 7: Parâmetros selecionados e respectivos pesos**

PARÂMETROS	PESOS
Coliforme Fecal	0,15
DBO <sub>5</sub>	0,10
Fósforo Total	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
pH	0,12
Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
TOTAL	1,00

Fonte: CETESB, 2006.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, a qual é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 8, conforme classificação da CETESB.

**Tabela 8: Classificação do IQA**

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB, 2006.

### 2.3.3 IQAR - Índice de Qualidade das Águas de Reservatório

Para o cálculo do Índice da Qualidade de Água de Reservatórios, as variáveis selecionadas recebem pesos distintos, em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água (Tabela 9).

**Tabela 9: Variáveis selecionadas e seus respectivos pesos**

VARIÁVEIS	PESOS "w <sub>i</sub> "
Déficit de oxigênio dissolvido (%) *	17
Fósforo total (P-mg/L)**	12
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L)**	08
Clorofila_a (mg/m <sup>3</sup> )***	15
Profundidade Secchi (m)	12
Demanda química de oxigênio - DQO (O <sub>2</sub> -mg/L)**	12
Fitoplâncton (diversidade e florações)**	08
Tempo de residência (dias)	10
Profundidade média (m)	06

(\*) média da coluna de água; (\*\*) média das profundidades I e II; (\*\*\*) profundidade I

A matriz desenvolvida apresenta seis classes de qualidade de água, as quais foram estabelecidas a partir do cálculo dos percentis de 10, 25, 50, 75 e 90% de cada uma das variáveis mais relevantes selecionadas (Tabela 10).

**Tabela 10: Matriz de Qualidade da Água (\*)**

VARIÁVEIS "I"	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V	CLASSE VI
Déficit de oxigênio (%)	≤ 5	6 - 20	21 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
Fósforo total (P-mg/L)	≤ 0,010	0,011 – 0,025	0,026 – 0,040	0,041 – 0,085	0,086 – 0,210	> 0,210
Nitrogênio inorgânico total (N-mg/L)*	≤ 0,15	0,16 – 0,25	0,26 – 0,60	0,61 – 2,0	2,0 – 5,0	> 5,0
Clorofila_a (mg/m3)	≤ 1,5	1,5 – 3,0	3,1 – 5,0	5,1 – 10,0	11,0 – 32,0	> 32
Profundidade Secchi (m)	≥ 3	3 – 2,3	2,2 – 1,2	1,1 – 0,6	0,5 – 0,3	< 0,3
DQO (O2-mg/L)	≤ 3	3 - 5	6 - 8	9 - 14	15 - 30	> 30
Tempo de residência (dias)	≤ 10	11 - 40	41 – 120	121 - 365	366 - 550	> 550
Profundidade média (m)	≥ 35	34 - 15	14 - 7	6 – 3,1	3 – 1,1	< 1
Fitoplâncton (diversidade de espécies)	Baixa, sem predominância de espécies	Média a alta, sem predominância de espécies	Média a alta, com predominância de espécies	Reduzida, com predominância de espécies	Reduzida, com predominância de espécies	Muito reduzida, com predominância de espécies
Cianobactérias (cel/mL)	< 5.000	5.001 a 10.000	10.001 a 20.000	20.001 a 50.000	50.001 a 100.000	> 100.000
Fitoplâncton (florações)	Sem	Rara	Eventual	Frequente	Frequente / permanente	Permanente

(\*) Modificado em 2004

As seis classes de qualidade de água estabelecidas, segundo seus níveis de comprometimento, podem ser definidas conforme segue: Classe I (não impactado a muito pouco degradado); Classe II (pouco degradado); Classe III (moderadamente degradado); Classe IV (criticamente degradado a poluído); Classe V (muito poluído); Classe VI (extremamente poluído).

### Cálculo do IQAR

A classe de qualidade de água a que cada reservatório pertence é calculada através do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR), de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQAR = \frac{\sum(w_i \cdot q_i)}{\sum w_i}$$

Onde:

$w_i$  = pesos calculados para as variáveis "i";

$q_i$  = classe de qualidade de água em relação a variável "i", q pode variar de 1 a 6.

### 2.3.4 Sedimentos

Os resultados de metais nos sedimentos foram classificados de acordo com o grau de contaminação química do sedimento com vistas na proteção da vida aquática, segundo os valores guias estabelecidos pelo "Canadian Council os Ministers of the Environment" (CCME, 2001) para arsênio e metais pesados (cádmio

cobre, cromo e zinco). Tais critérios foram adotados pela Res. Conama 454/12 que estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado.

De acordo com a metodologia, o menor limite, Nível 1, representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos. O maior limite, Nível 2, representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado o citado efeito adverso para os organismos. E na faixa entre os dois níveis situam-se os valores onde ocasionalmente esperam-se tais efeitos. A adoção desses valores teve caráter meramente orientativo na busca de evidências da presença de contaminantes em concentrações capazes de causar efeitos deletérios, sobretudo com relação à toxicidade para a biota. A Tabela 11 mostra os valores orientadores estabelecidos pelo CCME e Res. Conama 454/12.

**Tabela 11: Valores orientadores estabelecidos na Res. Conama 454/12.**

Variáveis <sup>a</sup>	Unidade	Nível 1	Nível 2
<b>Metais e Metalóides</b>			
Arsênio	µg/g	5,9	17
Cádmio	µg/g	0,6	3,5
Chumbo	µg/g	35	91,3
Cobre	µg/g	35,7	197
Cromo	µg/g	37,3	90
Mercúrio	µg/g	0,17	0,486
Níquel	µg/g	18	35,9
Zinco	µg/g	123	315
<p>a = Parâmetros legislados pela Resolução Conama 454/12</p> <p>b = concentrações abaixo deste valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos</p> <p>c = concentrações acima deste valor são freqüentemente associadas a efeitos biológicos adversos.</p>			

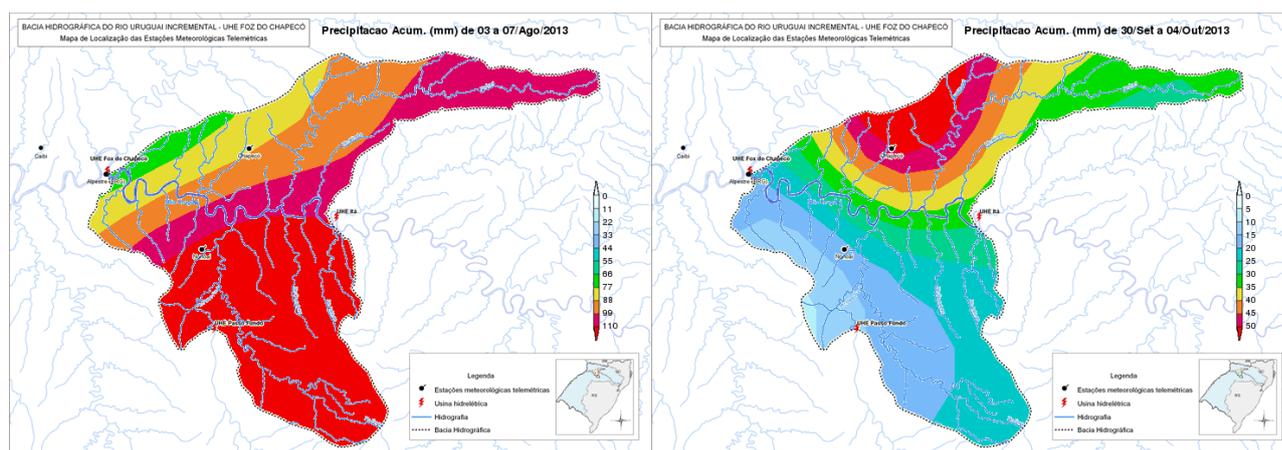
### 3 ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA DO SEMESTRE

#### 3.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Evidencia-se (Figura 03) que durante o período compreendido neste relatório, o regime pluviométrico mais intenso ocorreu na campanha realizada no mês de agosto/2013, com maior incidência na região incremental do tributário Passo Fundo (TPF) e tributário Rio dos Índios (TIn), apresentando índices acima de 142 mm na semana de realização do monitoramento, seguido pela região de Chapecó, com valores na casa de 75 mm.

Na campanha realizada no mês de outubro/2013 os índices concentraram-se na região incremental da margem direita do reservatório da UHE Foz do Chapecó, com máxima de 58 mm na região de Chapecó no período de realização da campanha. No mês de dezembro/2013 os índices pluviométricos foram mais expressivos na região do barramento, na faixa de 85 mm.

Na campanha de fevereiro de 2014 não foram constatados índices pluviométricos representativos nos dias de realização das atividades do programa de monitoramento da qualidade de água.



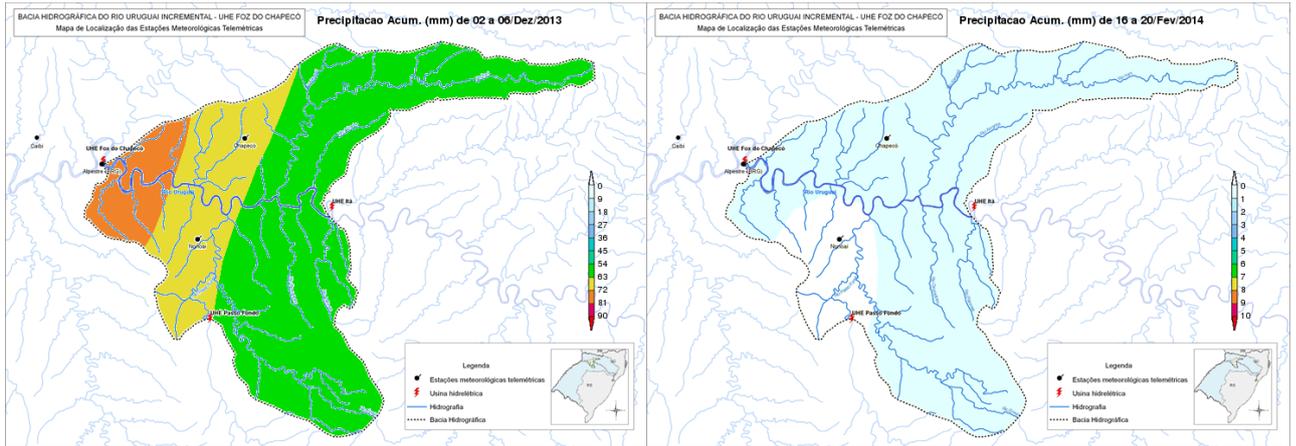


Figura 3: Comportamento das precipitações pluviométricas no período das coletas.

## 4 ANÁLISE SEMESTRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS

A seguir é apresentada a análise dos parâmetros de qualidade da água através da sua evolução temporal nos 14 pontos de amostragem e a avaliação quanto ao atendimento dos limites preconizados na Res. Conama 357/05. No item 4.1, é apresentada a análise dos parâmetros de qualidade da água dos ambientes lênticos. O item 4.2 expõe os resultados dos ambientes lóticos.

Serão realizadas análises de forma a verificar:

- a evolução temporal dos parâmetros, buscando a caracterização de tendência dos resultados;
- evolução espacial, na medida em que se analisam os resultados em função da localização dos pontos.

Além dos pontos previstos no monitoramento do Sub-programa 7.1 foram incorporados pontos complementares à rede do monitoramento, com parâmetros específicos, de maneira a acompanhar o comportamento da água em locais em que foram detectados mortalidade de peixes.

Conforme comentado no item 2.3, a apresentação gráfica dos resultados de qualidade da água é dividida por grupo de pontos levando em consideração os tipos de ambientes (lêntico e lótico).

### 4.1 AMBIENTES LÊNTICOS

Os pontos pertencentes aos ambientes lênticos são compostos pelos pontos do corpo principal do reservatório (UPb, UCa, UCe e UAc) e pelos pontos localizados em tributários que apresentaram alteração do nível da água em função da formação do reservatório (TPF e TL).

Os parâmetros comentados a seguir são aqueles que possuem limites preconizados na Resolução Conama 357/05, a saber:

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| ✓ Oxigênio dissolvido; | ✓ Sólidos totais;              |
| ✓ pH;                  | ✓ Turbidez;                    |
| ✓ Fósforo total;       | ✓ DBO <sub>5</sub> ;           |
| ✓ Nitrito;             | ✓ Clorofila a;                 |
| ✓ Nitrato;             | ✓ Coliformes termotolerantes;  |
| ✓ Cloretos;            | ✓ Densidade de cianobactérias; |
| ✓ Fenóis;              | ✓ Glifosato.                   |

Destaca-se que as concentrações de nitrito, fenóis, clorofila e glifosato nos pontos lânticos durante todo o período foram detectadas em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando a apresentação gráfica.

Quanto aos resultados dos parâmetros, o oxigênio dissolvido (Figura 4) apresentou valor médio de 8,83 mg/L nos pontos localizados no reservatório (ambientes lânticos) no período de setembro a fevereiro de 2014, tendo como valor máximo 13,98 mg/L no ponto TL (tributário Lambedor) na campanha de dezembro/2013. O crescimento excessivo de algas pode resultar, no aumento das concentrações de oxigênio no período diurno, podendo ser bem superiores a 10 mg/L.

Durante o período compreendido neste relatório (setembro a fevereiro de 2014), todos os pontos atenderam os limites estabelecidos pela legislação no que se refere ao oxigênio dissolvido.

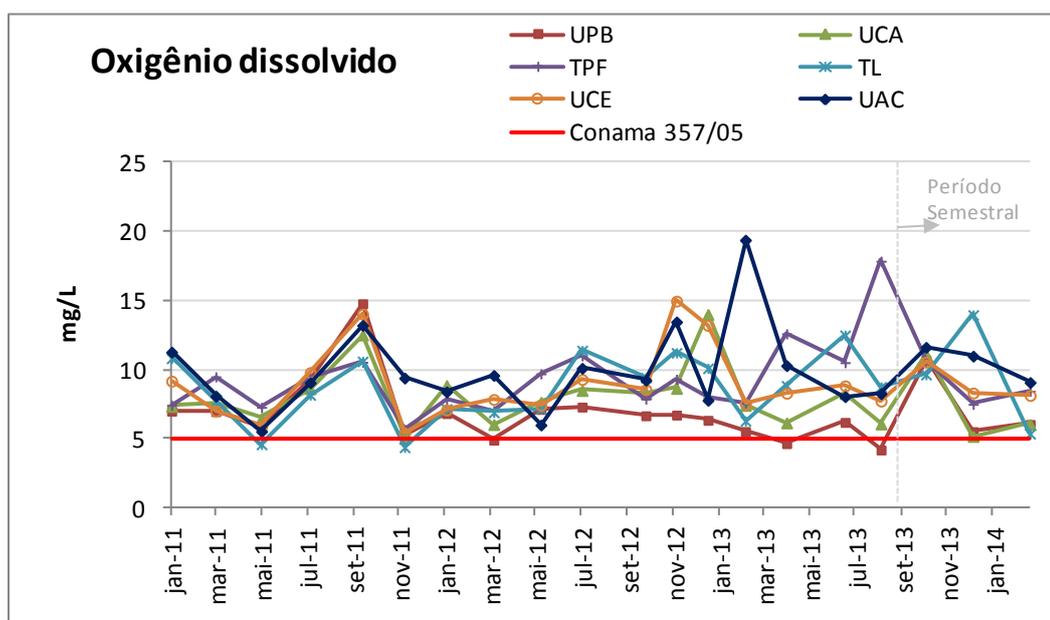


Figura 4: Oxigênio dissolvido no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O potencial hidrogeniônico indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.

O valor médio do pH nos pontos de reservatório (ambientes lânticos) foi de 6,79 unidades, estando em desconformidade os pontos UCA e TL na campanha de dezembro de 2013 e UCe em fevereiro de 2014 (Figura 5).

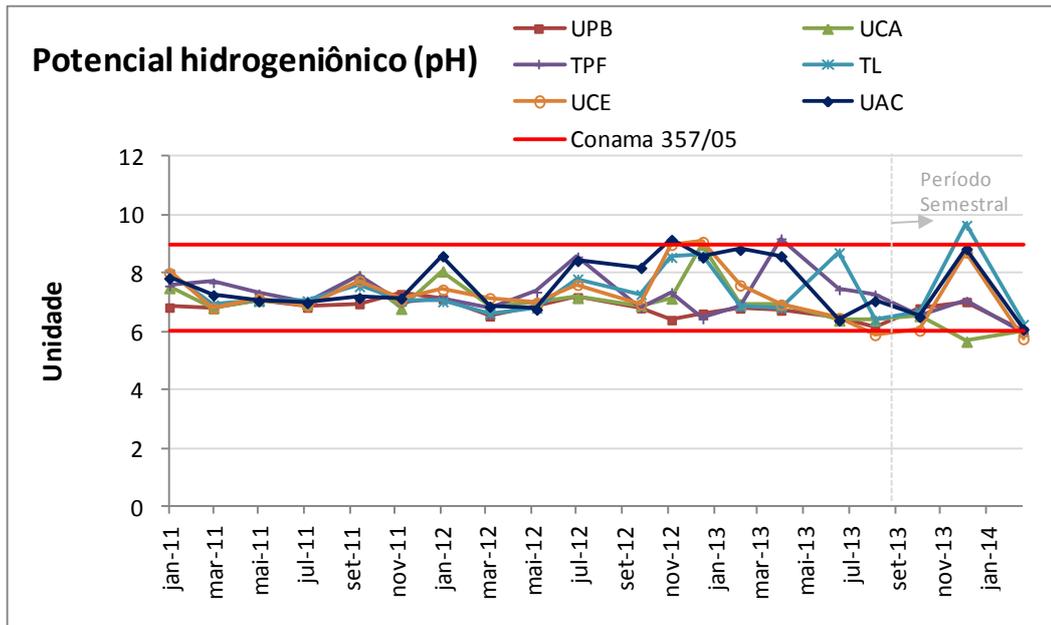


Figura 5: pH no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e quando em elevadas concentrações em lagos e represas pode conduzir a eutrofização. De acordo com Resolução Conama 357/05 o valor limite para ambientes lênticos é de 0,03 mg/L P.

Durante as três campanhas (Figura 6) os pontos de ambiente lêntico apresentaram em torno de 55,5% dos resultados desconformes com a legislação. Porém, nas análises dos pontos à jusante da usina, todos os resultados apresentaram-se em conformidade.

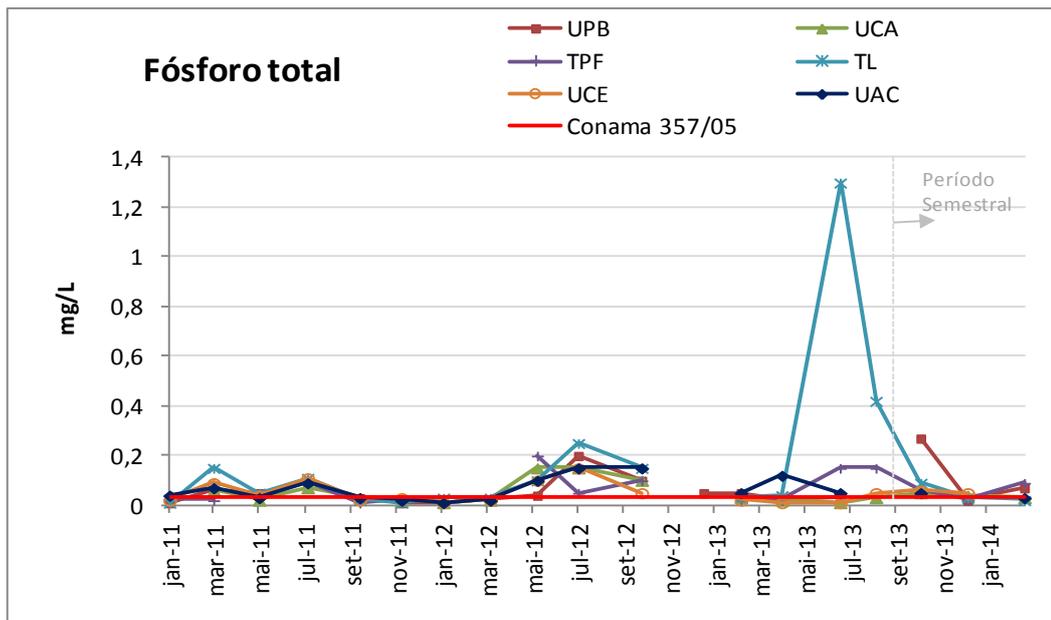


Figura 6: Fósforo total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os valores de nitrato nos pontos monitorados apresentaram resultados inferiores ao limite máximo da legislação (Figura 7). No período em análise o valor mais elevado foi detectado no UCA (cabeceira do reservatório) com 4,6 mg/L, resultado da campanha de fevereiro de 2014.

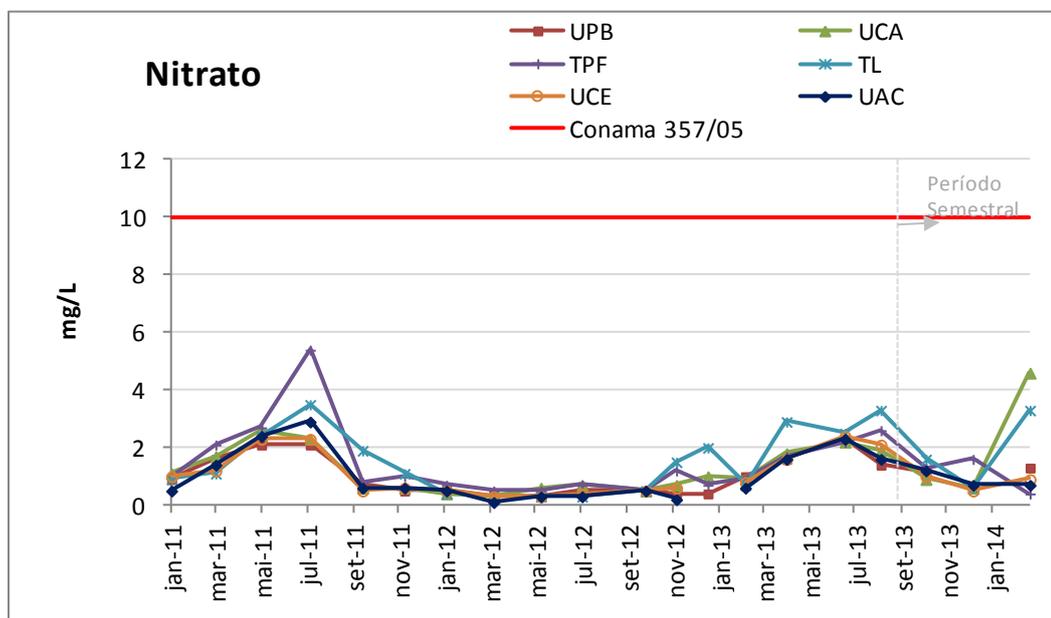


Figura 7: Nitrato no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os Cloretos apresentaram-se dentro dos limites da legislação em todos os pontos (Figura 8), tendo como média 1,63 mg/L nos pontos analisados, com valor máximo no TPF (tributário Passo Fundo) com 2,3 mg/L na campanha de outubro de 2013,

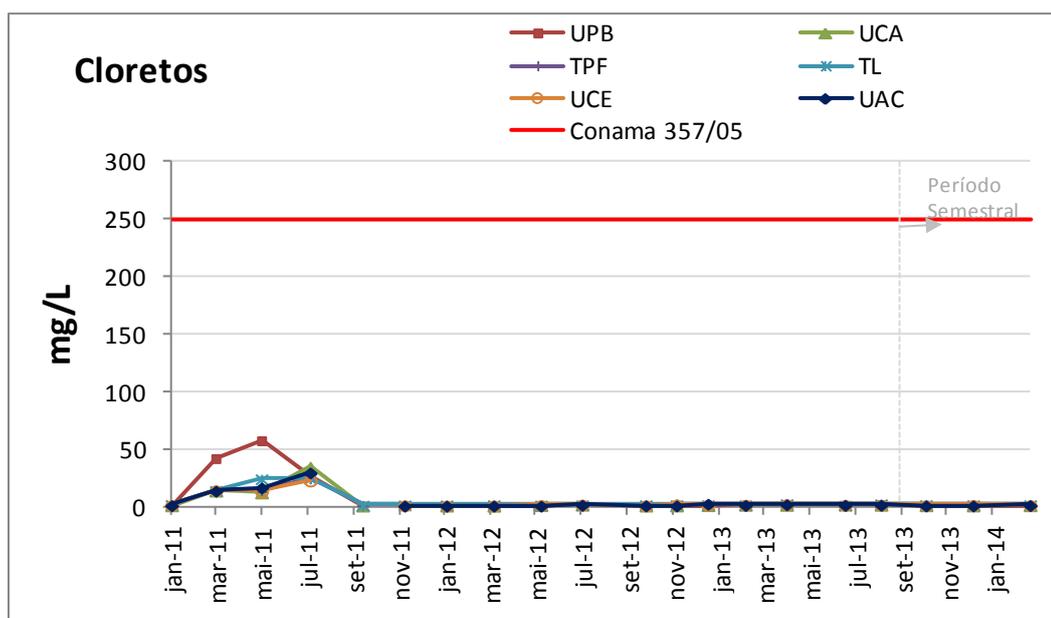


Figura 8: Cloretos no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os coliformes fecais, representados pela bactéria Escherichia Coli, são encontrados em esgotos, efluentes tratados e em águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos e animais.

No período compreendido entre setembro de 2013 e fevereiro de 2014 os valores se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação, a Figura 9 expressa esses resultados tendo como pontos de amostragem o UPb na campanha de outubro de 2013 e o TPF na campanha de dezembro de 2013.

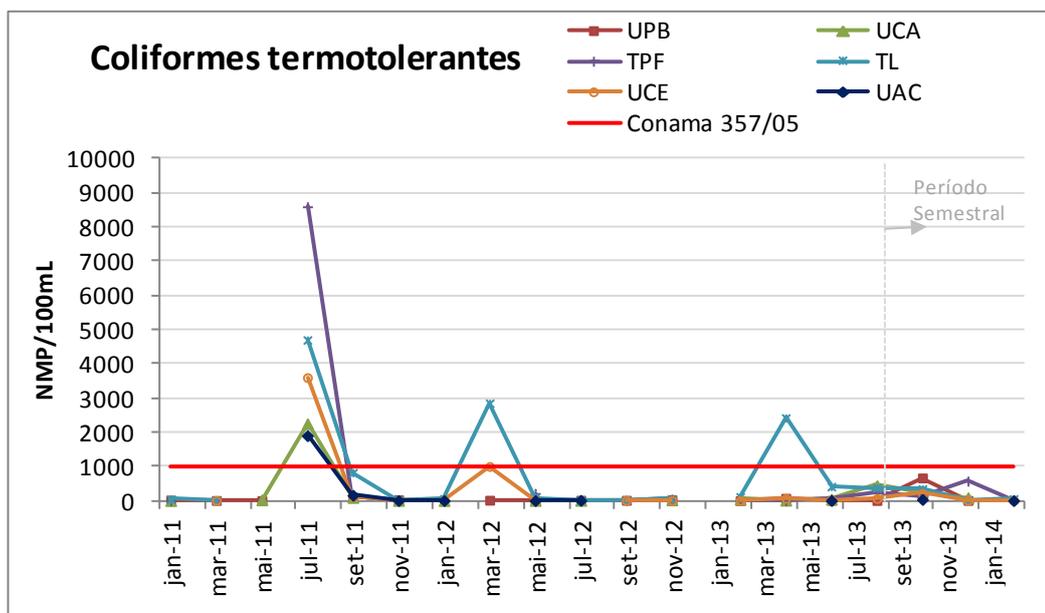


Figura 9: Coliformes termotolerantes no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A exemplo dos coliformes termotolerantes, a turbidez também registrou valores inferiores ao limite preconizado na legislação nas três campanhas. Destaca-se neste período o ponto UAc com a melhor média para este parâmetro com o valor de 7,16 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) (Figura 10).

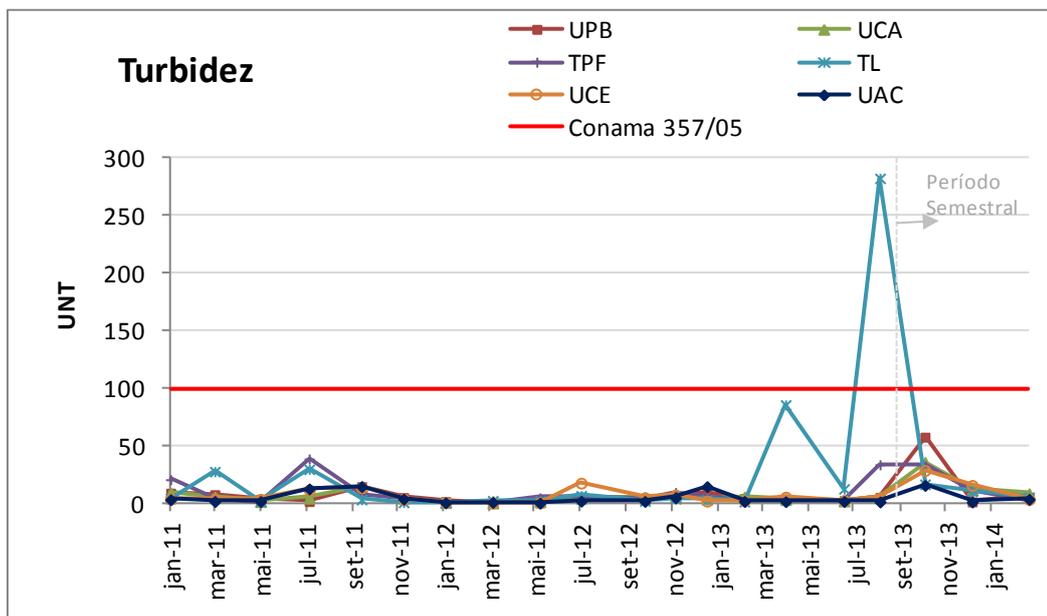


Figura 10: Turbidez no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Todos os resultados dos sólidos totais atenderam ao Conama 357/05 (500 mg/L) em todo o período (Figura 11). O maior valor registrado foi no ponto UPb na campanha de outubro de 2013, coincidentemente mesmo mês com maior valor de turbidez.

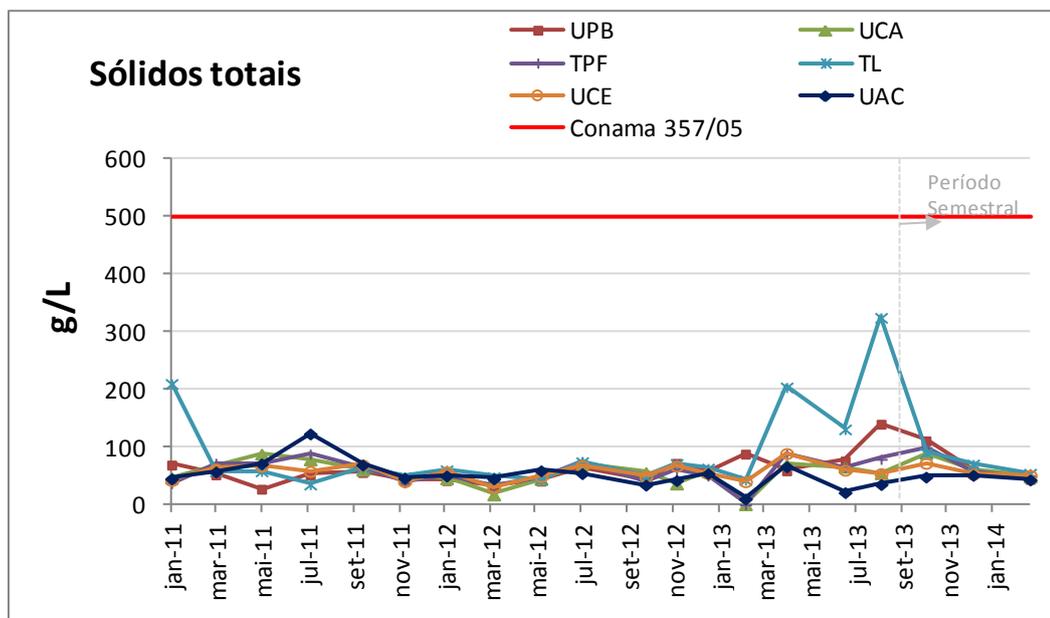


Figura 11: Sólidos Totais no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A DBO<sub>5</sub> de uma água representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Um elevado valor da DBO<sub>5</sub> pode indicar um incremento da microflora presente no ambiente e interferir no equilíbrio da vida aquática.

No período em análise, a concentração da DBO<sub>5</sub> foi passível de detecção apenas em três pontos (Figura 12); ponto UPb e UCa em desconformidade com a legislação em 0,9 mg/L e ponto UCe com valor de 4,6 mg/L, este em conformidade.

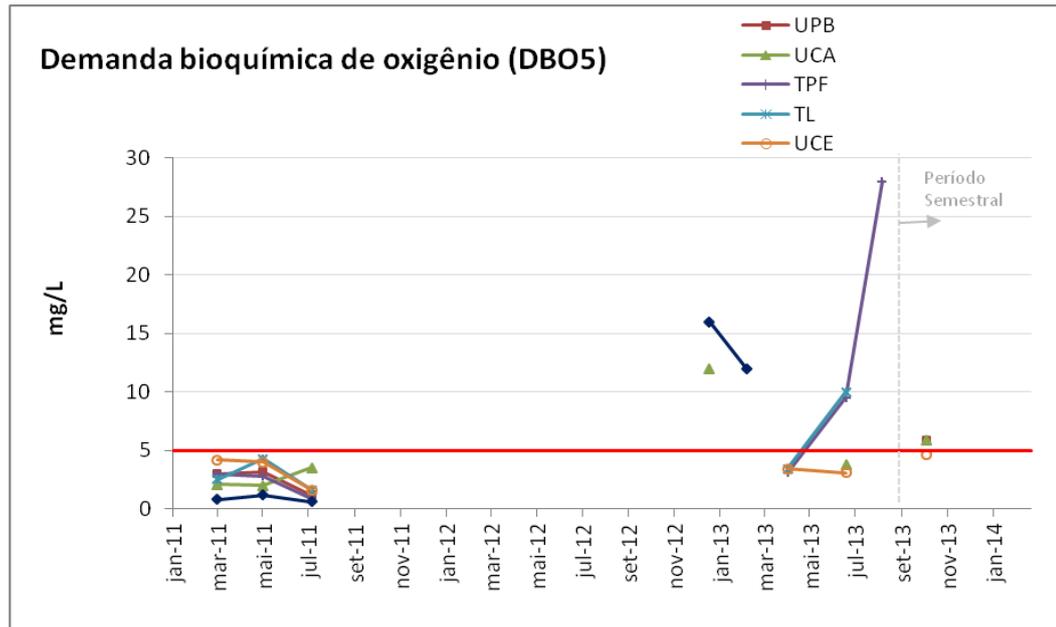


Figura 12: DBO<sub>5</sub> no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os demais parâmetros monitorados, não listados na Resolução Conama 357/05, comentados a seguir, são os seguintes:

- ✓ Oxigênio saturado;
- ✓ Temperatura da água;
- ✓ Nitrogênio total;
- ✓ Fosfato;
- ✓ Dureza;
- ✓ Óleos e graxas;
- ✓ Condutividade;
- ✓ Ferro;
- ✓ Transparência da água;
- ✓ DQO;
- ✓ Alcalinidade;
- ✓ Coliformes totais;
- ✓ Fipronil (Klap).

Os parâmetros óleos e graxas e fipronil (klap), foram detectadas em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando a apresentação gráfica.

O oxigênio de saturação (Figura 13) variou no período deste relatório entre o mínimo de 58% no ponto UCa (cabeceira do reservatório) e 175,4% no ponto TL (tributário Lamedor), sendo que a média de saturação ficou em 103,06%. Essa condição de supersaturação pode estar relacionada à atividade do fitoplâncton, como é verificado também no oxigênio dissolvido para o mesmo TL.

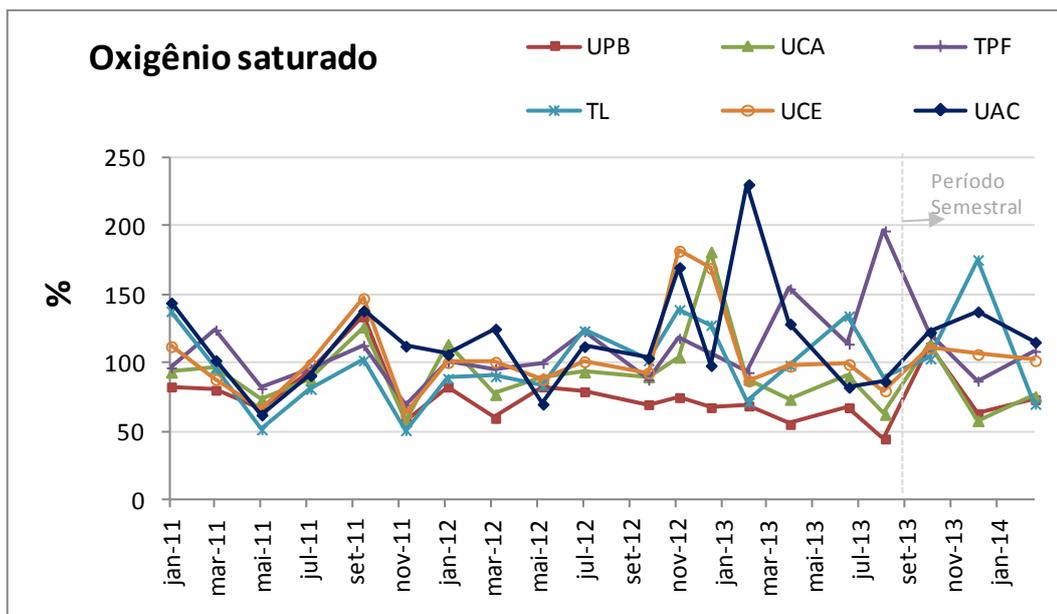


Figura 13: Saturação de oxigênio no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Conforme a Figura 14, a temperatura da água retratou as condições do período de análise, ou seja, aumento da temperatura pela alteração da estação, entre setembro/2013 e fevereiro de 2014. A temperatura mínima registrada neste período foi de 16,5°C no ponto UCa e a máxima 27,8°C nos pontos UAc e TPF. As médias foram de 20,6°C em outubro, 24,8°C em dezembro e 26,9°C em fevereiro.

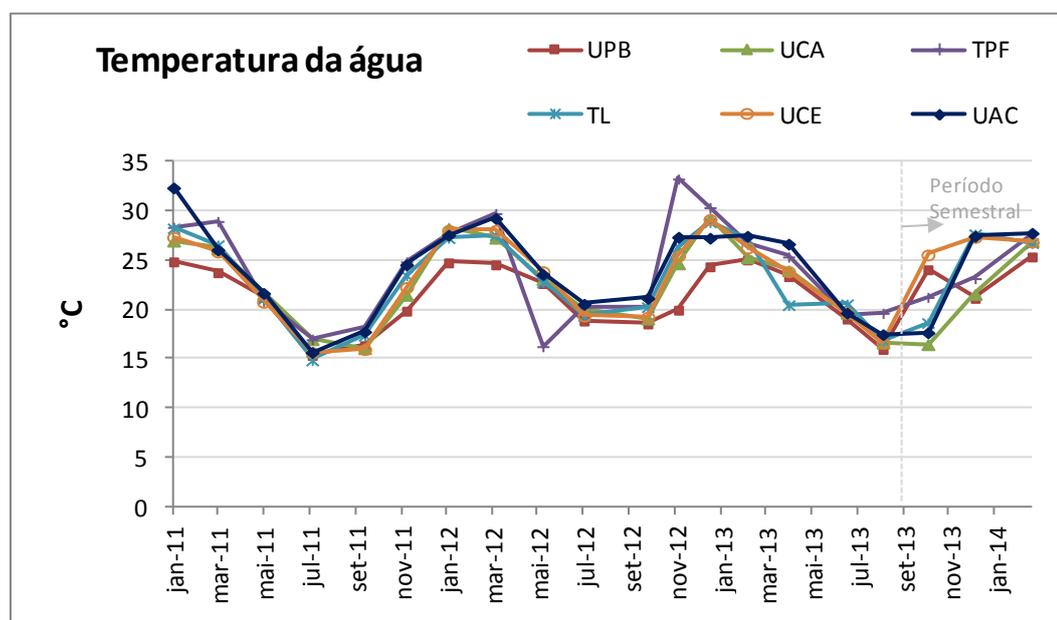


Figura 14: Temperatura da água no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Houve um incremento nos valores de nitrogênio total no mês de fevereiro/2014, os resultados mais elevados foram nos pontos UCa (cabecera do reservatório) com 4,9 mg/L e TL (tributário Lambedor) 3,56 mg/L (Figura 15).

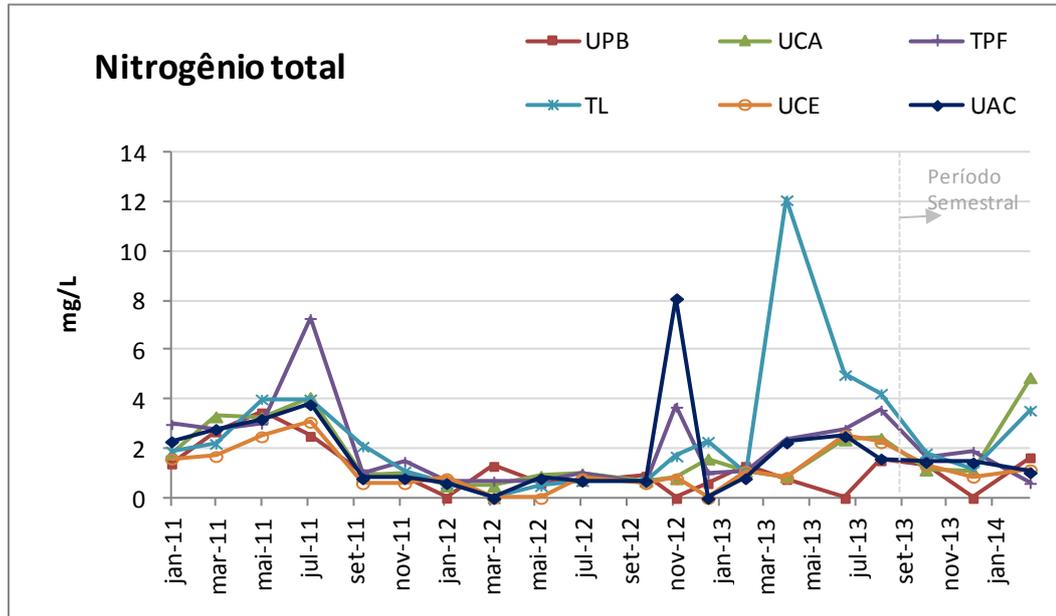


Figura 15: Nitrogênio total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A dureza apresentou uma queda significativa em seus valores em todos os pontos quando comparados ao semestre anterior. Destaques para os pontos TL e UCe, que tiveram as maiores quedas, de 23 e 22 mg/L respectivamente. Mesmo sendo o ponto com maior queda o Tributário Lambedor (TL) apresentou os maiores valores do período (Figura 16), assim como no semestre anterior. Os valores oscilaram entre 26 mg/L em outubro/2013 e 16 mg/L em janeiro/2014.

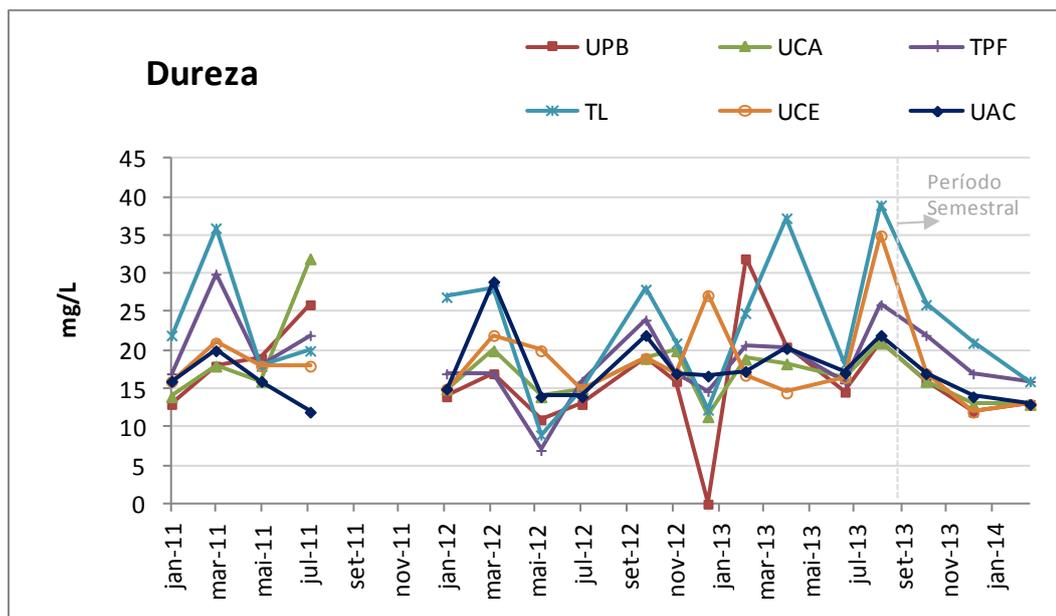


Figura 16: Dureza no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A Figura 17 mostra que na região de abrangência da UHE Foz do Chapecó o Tributário Lambedor (TL) a exemplo da dureza, apresentou os maiores valores nas três campanhas. Este comportamento também foi constatado no semestre anterior. O valor máximo no período foi de 61,41  $\mu\text{s/cm}$ , em dezembro/2013. O limite superior esperado para águas naturais no quesito condutividade é 100,0  $\mu\text{s/cm}$ . Valores superiores a este podem ser associados a águas poluídas em função do aumento do conteúdo mineral.

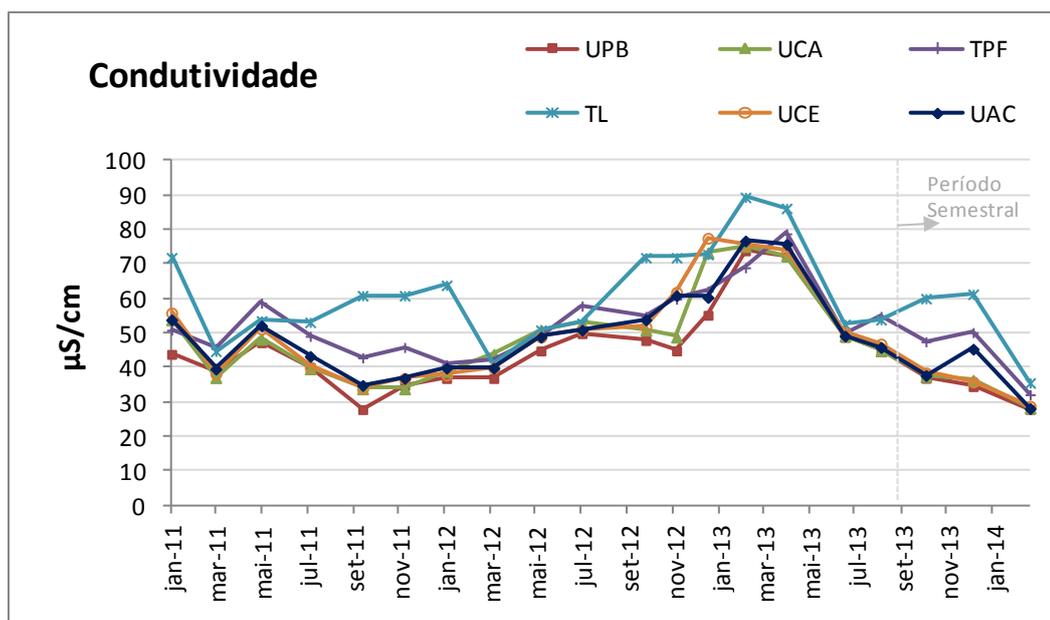


Figura 17: Condutividade elétrica no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, por isso seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo em concentrações reduzidas. No período em questão, apenas o ponto UPb na campanha de outubro/2013 destoou dos demais pontos no período, com valor de 1,6 mg/L, sendo que a amplitude dos demais resultados variaram entre 0,109 e 0,764 mg/L (Figura 18).

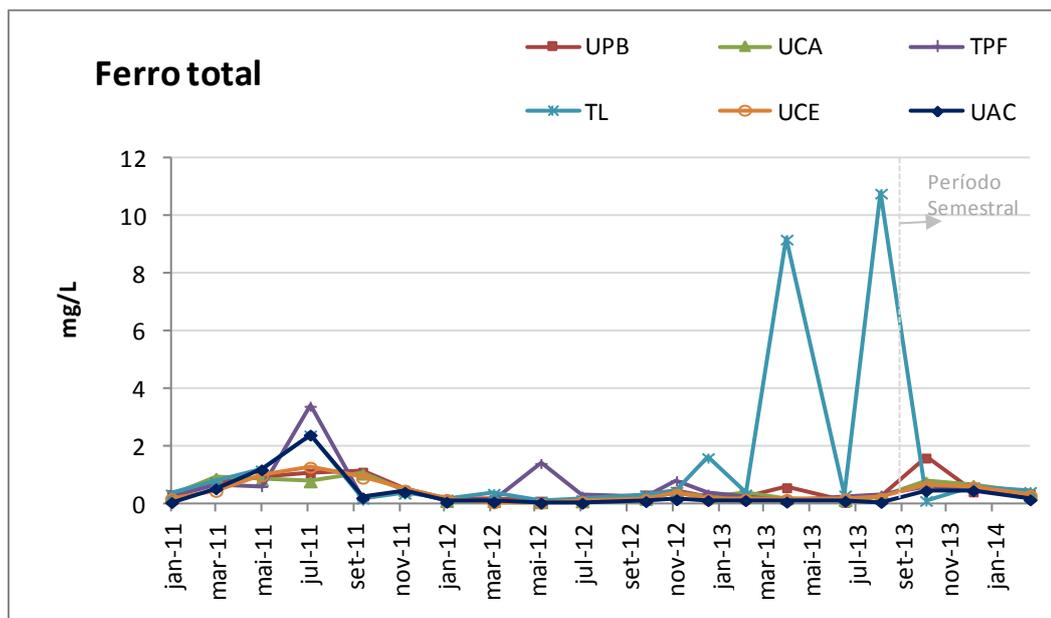


Figura 18: Ferro total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os valores da transparência da água (Figura 19) ao longo dos pontos localizados no reservatório variaram entre 0,35 (ponto UPb em outubro/2013) e 2,4 m (ponto TPF em fevereiro de 2014). O valor médio foi de 1,23 m.

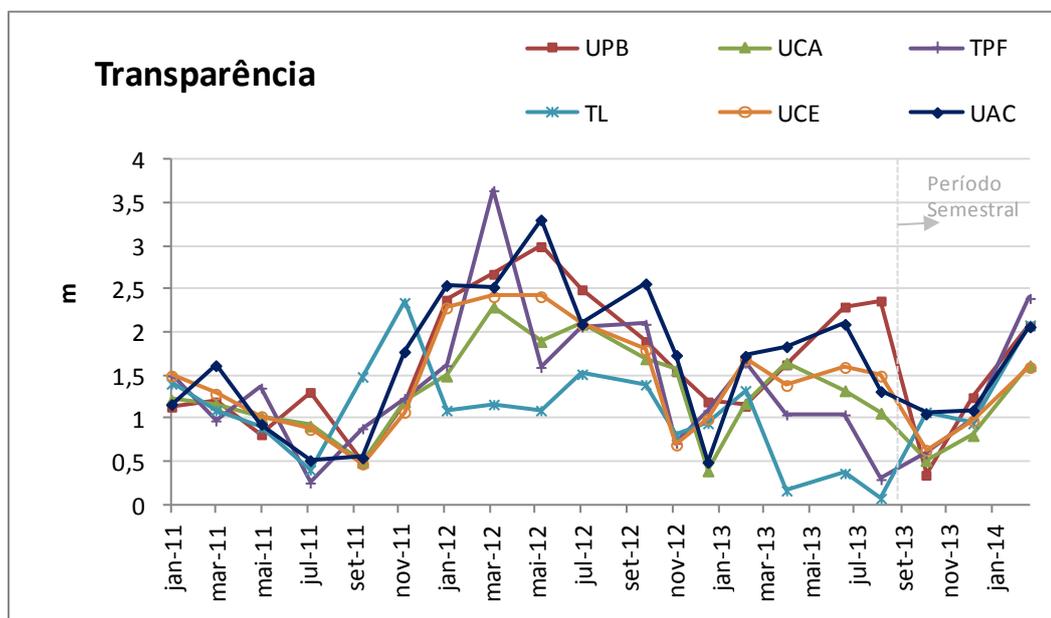


Figura 19: Transparência da no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A DQO consiste na quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico. Assim como a DBO<sub>5</sub>, este parâmetro é importante na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

Durante o período semestral de realização das campanhas, a DQO apresentou-se abaixo dos limites de detecção em vários pontos, porém, os que foram possíveis a detecção, variaram de 6 mg/L até 15 mg/L. O ponto com maior valor de DQO foi o UAc na campanha de dezembro de 2013 (Figura 20).

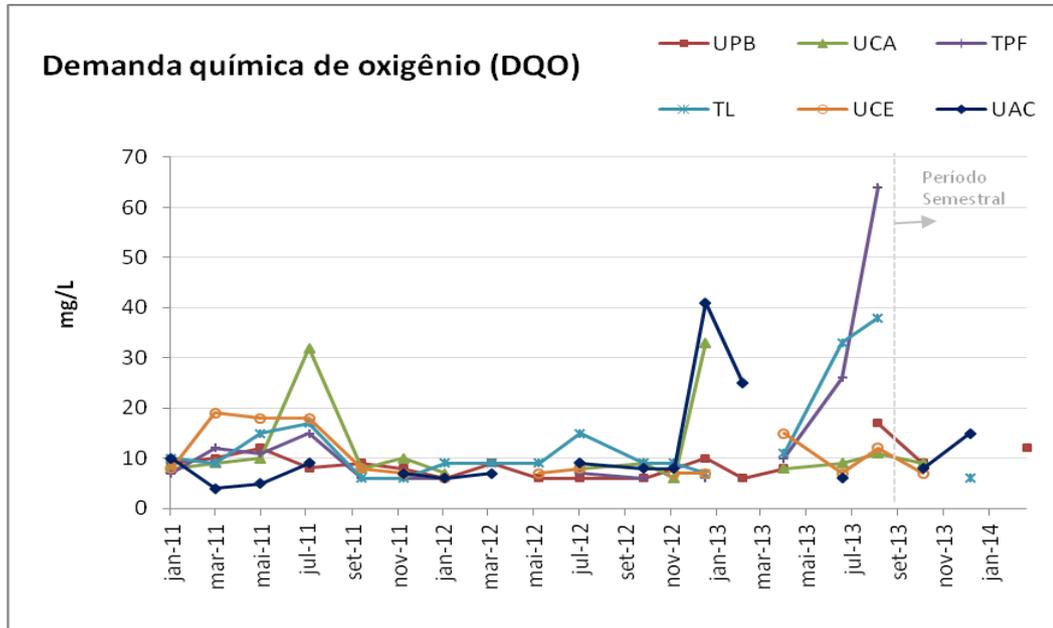


Figura 20: DQO ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A alcalinidade é a medida total das substâncias presentes numa água capazes de neutralizar ácidos. Os resultados da alcalinidade foram baixos quando comparados com a faixa habitualmente utilizada para águas naturais no parâmetro alcalinidade. A média ficou em 24,46 mg/L, sendo o UCe (região central do reservatório) o ponto maior índice, na faixa de 52 mg/L (Figura 21).

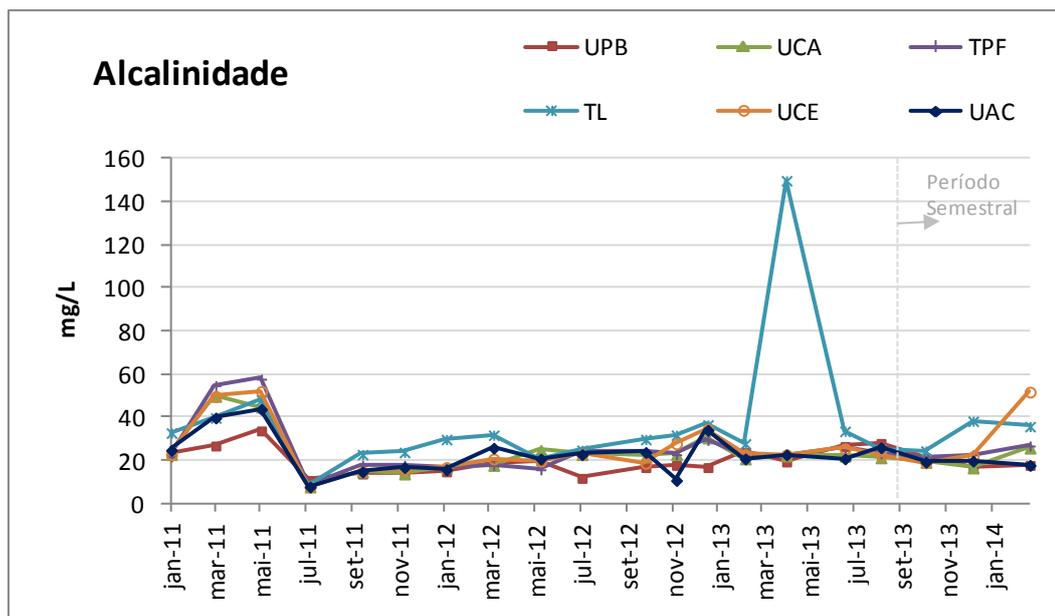


Figura 21: Alcalinidade total ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os coliformes totais podem ser entendidos, de forma simplificada, como coliformes “ambientais”, representando, portanto, organismos de vida livre, e não somente de origem do trato intestinal. Por esta razão, os coliformes totais não são utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais.

O valor mais elevado ocorreu na campanha de fevereiro de 2014, onde o ponto UPb (ponto à montante do reservatório) apresentou um nível de coliformes totais de 91.390 NMP/100 ml. Nos demais pontos no mesmo período, os valores não ultrapassaram a faixa de 30.000 NMP/100 ml. (Figura 22)

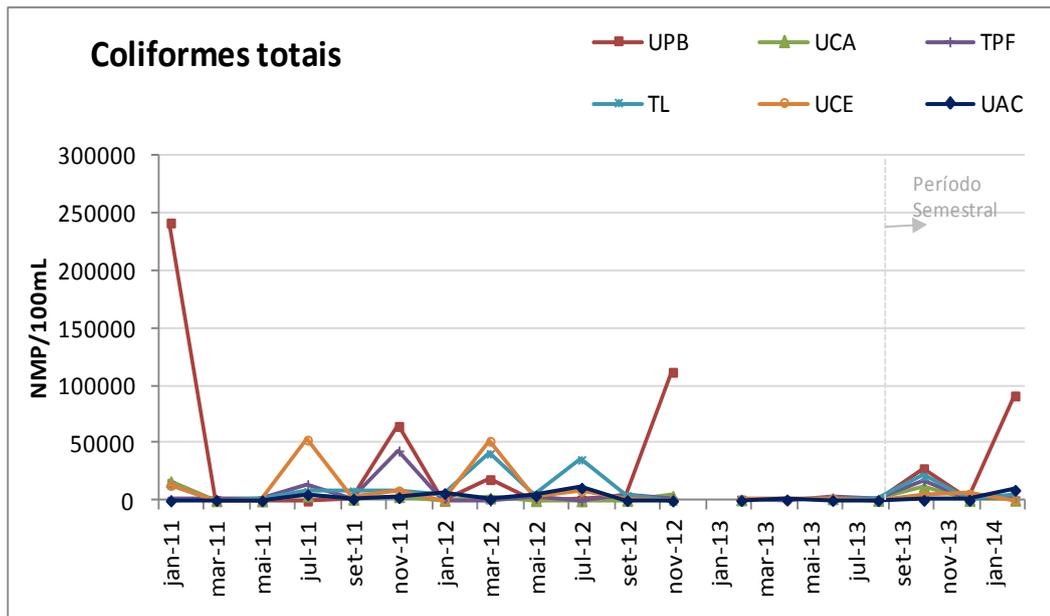


Figura 22: Coliformes totais ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os resultados de fosfato não excederam 0,9 mg/L no período de realização das atividades (meses de setembro/2013 a fevereiro/2014), sendo o ponto TL (tributário Lamedor) o detentor deste valor. A média dos pontos ficou em 0,03 mg/L. (Figura 23)

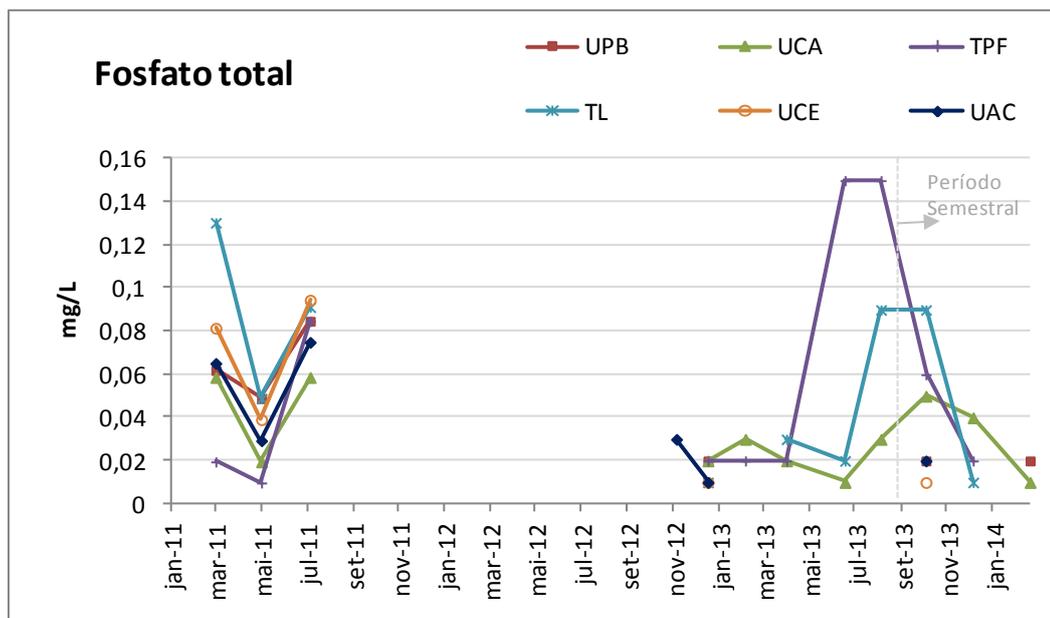


Figura 23: Fósforo ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

#### 4.1.1 Plâncton Mensal

Verifica-se que nos pontos localizados no corpo principal do reservatório (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) há o predomínio da classe Dinophyceae. Conhecidos como dinoflagelados, os organismos pertencentes a essa classe são unicelulares biflagelados, fotossintetizantes e heterotróficos, que ocorrem em ambientes marinhos e nas águas doces. Alguns gêneros de dinoflagelados podem formar as marés vermelhas - águas costeiras ricas em nutrientes: *Prorocentrum*, *Ceratium*, *Cochlodinium*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax*. Algumas espécies podem ser potencialmente tóxicas e causar a morte de peixes, alterando a cadeia trófica.

No reservatório da UHE Foz do Chapecó a classe Dinophyceae está representada principalmente pela espécie *Ceratium*.

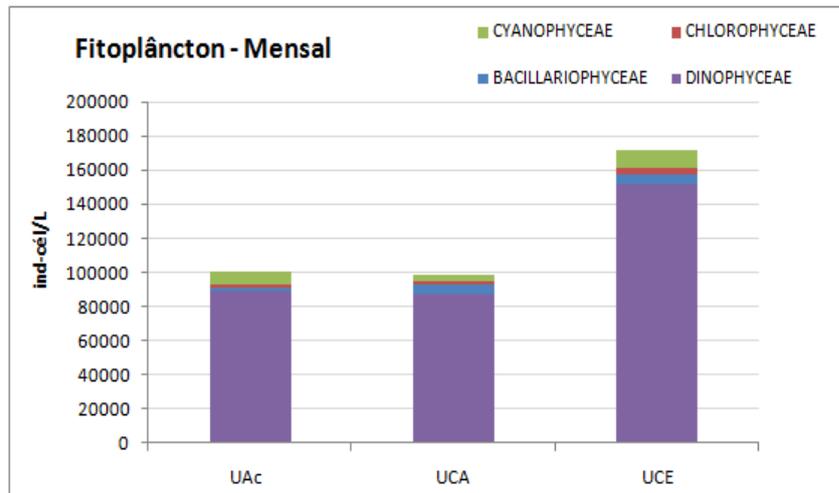


Figura 24: Resultados do Fitoplâncton mensal na Fase Reservatório

O zooplâncton é constituído de muitos tipos de organismos e grande parte destes possui ciclo de vida curto. Apresentam resposta rápida em relação a mudanças ocorridas no ambiente, como por exemplo, mudanças climáticas (temperatura, vento), concentração de nutrientes, pH, entre outros fatores.

O zooplâncton de água doce não é formado por tantos tipos de invertebrados, mas é diverso, sendo que os principais grupos presentes são os protozoários, os rotíferos e os microcrustáceos (Copepoda e Cladocera) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Também representados por larvas de insetos e com menos frequência vermes (turbelários e alguns trematódeos), cnidários e larvas de moluscos.

No corpo principal do reservatório verifica-se a maior presença dos rotíferos. Estes são conhecidos como os menores metazoários, tendo de 40 a 2000 µm. Podem se alimentar de algas, detritos, bactérias, podendo assim ser filtradores, e também predadores (de protozoários entre outros organismos), ou até parasitas. Possuem grande sucesso ecológico graças às suas adaptações reprodutivas.

Os rotíferos possuem grande importância na cadeia trófica como condutores do fluxo de energia, sendo muito importantes na produtividade secundária e ciclagem de nutrientes. Muitas espécies, por sua função detritívora, ajudam na depuração de ambientes com poluição orgânica. São assim também utilizados como indicadores de qualidade da água.

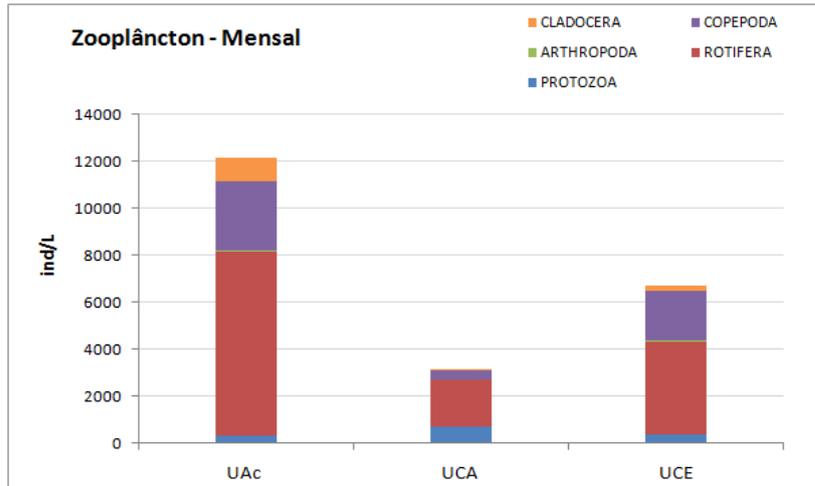


Figura 25: Resultados do Zooplâncton mensal na Fase Reservatório

#### 4.1.2 Plâncton Trimestral

O monitoramento do plâncton nos demais pontos, conforme estabelecido no PBA, mantiveram a periodicidade sazonal, estabelecida desde a Fase Reservatório como trimestral.

Os resultados foram divididos em ambientes lênticos e lóticos, contemplando também os resultados mensais dos três pontos do reservatório.

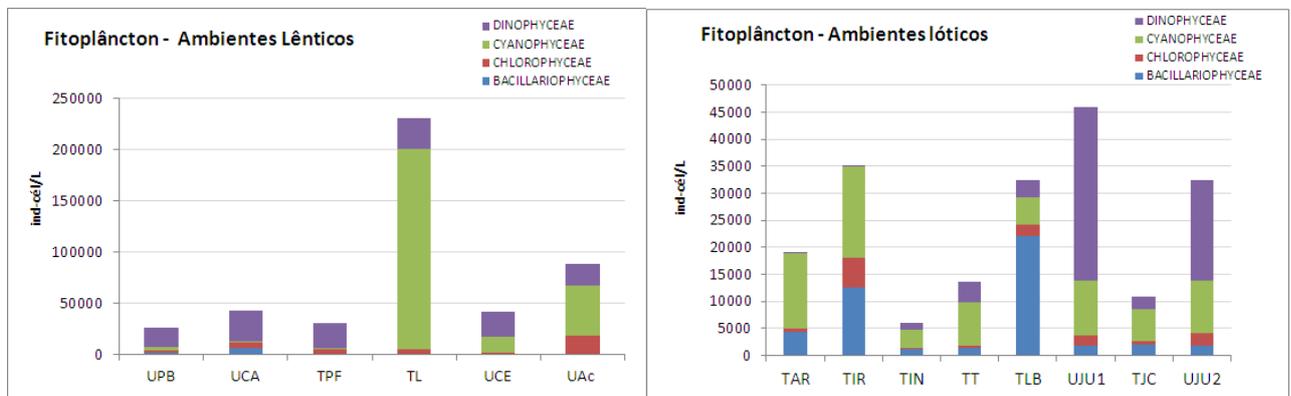


Figura 26: Resultados do Fitoplâncton trimestral na Fase Reservatório

Os ambientes lênticos apresentaram densidade total mais elevada. Com relação aos pontos, o TL se destacou em relação aos demais e apresentou o predomínio da classe Cyanophyceae (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Ao analisar os resultados, verificou-se que as espécies de cianofíceas não predominaram em todas as campanhas, mas naquelas em que apareceram apresentaram densidade total elevada. Também conhecidas como cianobactérias, as cianofíceas são organismos procariontes e morfologicamente podem ser unicelulares, coloniais e filamentosos. A maioria encontra-se em águas

neutroalcalinas (pH de 6,0 a 9,0), em temperaturas entre 15 e 30°C e com elevadas concentrações de nutrientes, particularmente, o nitrogênio e o fósforo. Em função das características fisiológicas, morfológicas e ecológicas, as cianobactérias apresentam grande capacidade adaptativa às condições luminosas, a turbulência e a quantidade de nutrientes. Podem ser encontradas em diversos habitats como: águas doces, oceanos e solos, em grandes amplitudes térmicas. Nos demais pontos léticos se verificam a predominância da classe Dinophyceae.

Nos ambientes lóticos foi observada a presença, de maneira mais significativa, das classes Dinophyceae, Cyanophyceae e Bacillariophyceae.

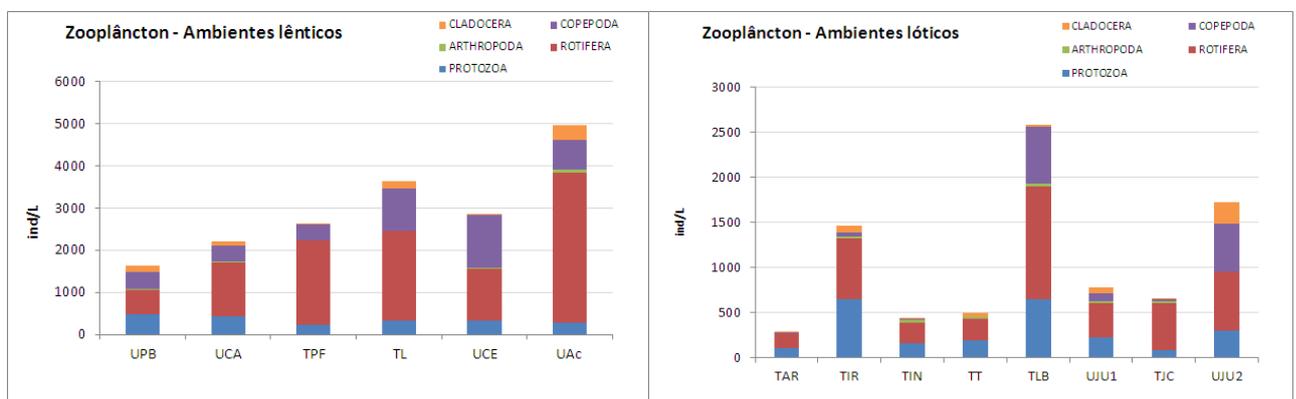


Figura 27: Resultados do Zooplâncton trimestral na Fase Reservatório

Quanto ao zooplâncton (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), tanto nos pontos léticos quanto nos lóticos nota-se o predomínio dos rotíferos.

## 4.2 AMBIENTES LÓTICOS

Os pontos pertencentes aos ambientes lóticos são compostos pelos corpos d'água que mantiveram o mesmo regime hídrico, portanto não sofreram alteração em função da formação do reservatório (TAr, Tlr, TT, Tln, TLB, UJU1, TJC, UJU2).

Os parâmetros serão comentados conforme a sequência do item 4.1, ou seja, primeiro aqueles que possuem limite preconizado na legislação e em seguida os demais.

Os parâmetros comentados a seguir são aqueles que possuem limites preconizados na Resolução Conama 357/05, a saber:

- ✓ Oxigênio dissolvido;
- ✓ pH;
- ✓ Fósforo total;
- ✓ Sólidos totais;
- ✓ Turbidez;
- ✓ DBO<sub>5</sub>;

- ✓ Nitrito;
- ✓ Nitrato;
- ✓ Cloretos;
- ✓ Fenóis;
- ✓ Clorofila a;
- ✓ Coliformes termotolerantes;
- ✓ Densidade de cianobactérias;
- ✓ Glifosato.

Destaca-se que as concentrações de nitrito, cloretos, DBO<sub>5</sub>, fenóis, clorofila e glifosato foram detectadas em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando a apresentação gráfica.

Quanto aos resultados dos parâmetros, o oxigênio dissolvido (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) apresentou valor médio de 9,31 mg/L nos ambientes lóticos. Verificou-se elevada concentração de oxigênio dissolvido no ponto UJu1 (jusante da barragem) na campanha de outubro/2013, com 13,3 mg/L. Todos os pontos atenderam a legislação no período compreendido neste relatório.

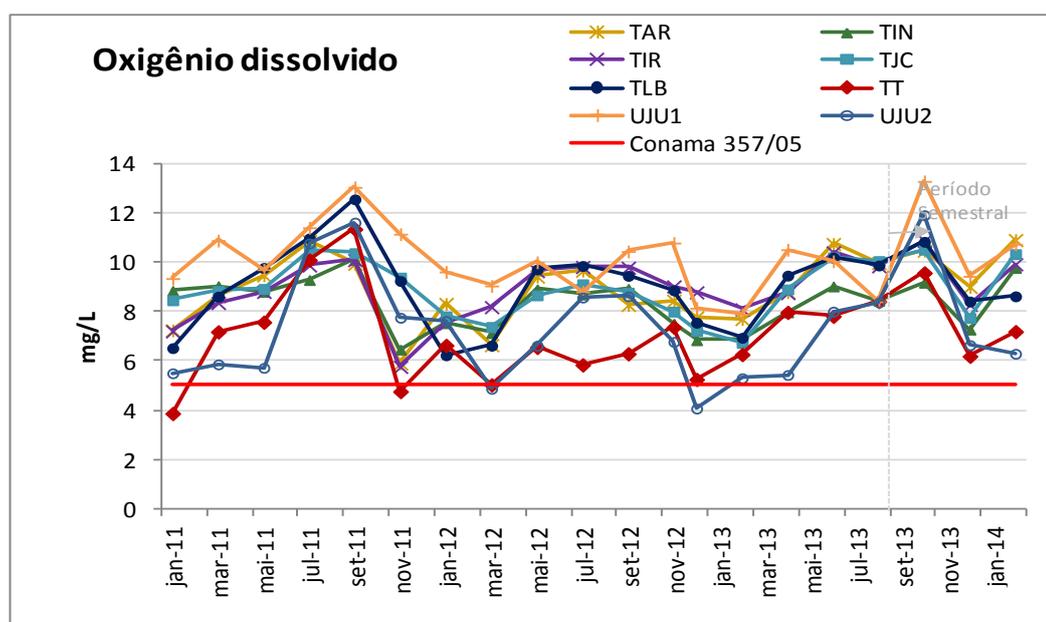


Figura 28: Oxigênio dissolvido no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O potencial hidrogeniônico indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.

O valor médio do pH nos pontos em análise foi de 6,36 unidades, tendo a amplitude entre 5,6 e 7,2 unidades. O tributário Irani (Tir) apresentou os menores valores de pH em todas as campanhas, ficando em desconformidade com os limites da legislação nas campanhas de outubro/2013 e fevereiro/2014 juntamente com o ponto UJu2 que em fevereiro de 2014 também apresentou-se em desconformidade (Figura 29).

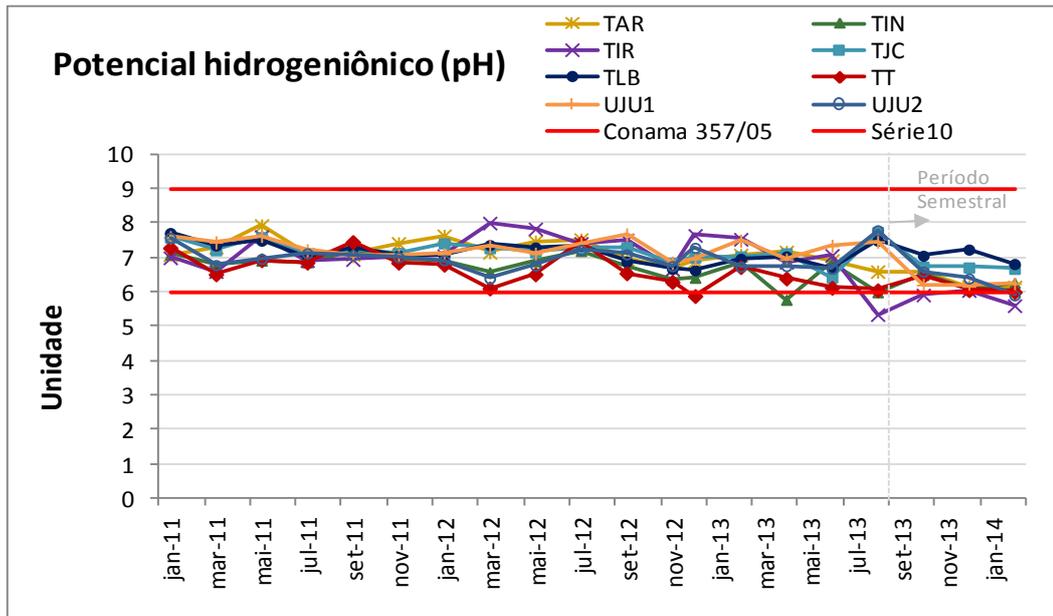


Figura 29: pH no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e quando em elevadas concentrações em lagos e represas pode conduzir a eutrofização. De acordo com Resolução Conama 357/05 o valor limite para ambiente lótico é de 0,1 mg/L P.

Os pontos desconformes com a legislação foram TJC (tributário Chapecó), TAR (tributário Ariranha) e Tlr (tributário Irani) nas campanhas de outubro de 2013 e os mesmos TJC e TAR em dezembro de 2013 (Figura 30). Os demais pontos se apresentaram em conformidade com a legislação nas três campanhas realizadas.

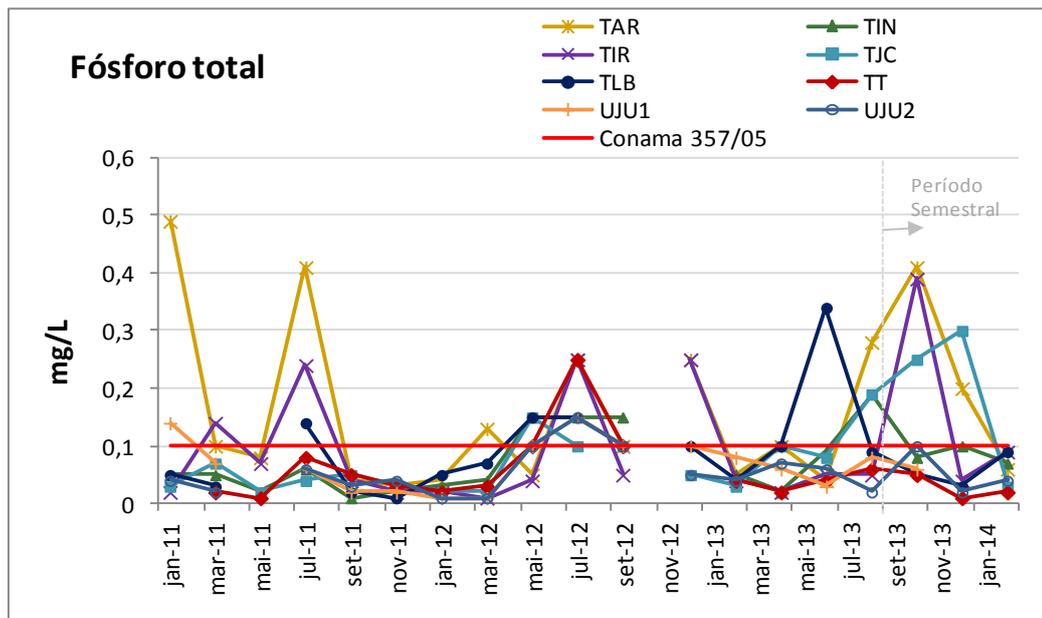


Figura 30: Fósforo total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Na região de abrangência da UHE Foz do Chapecó os pontos monitorados (ambientes lóticos) apresentaram resultados de nitrato inferiores ao limite máximo da legislação. No período em análise os resultados atingiram o valor máximo de 6 mg/L N (Figura 31). O valor mais elevado foi detectado no UJU2 (jusante da casa de força).

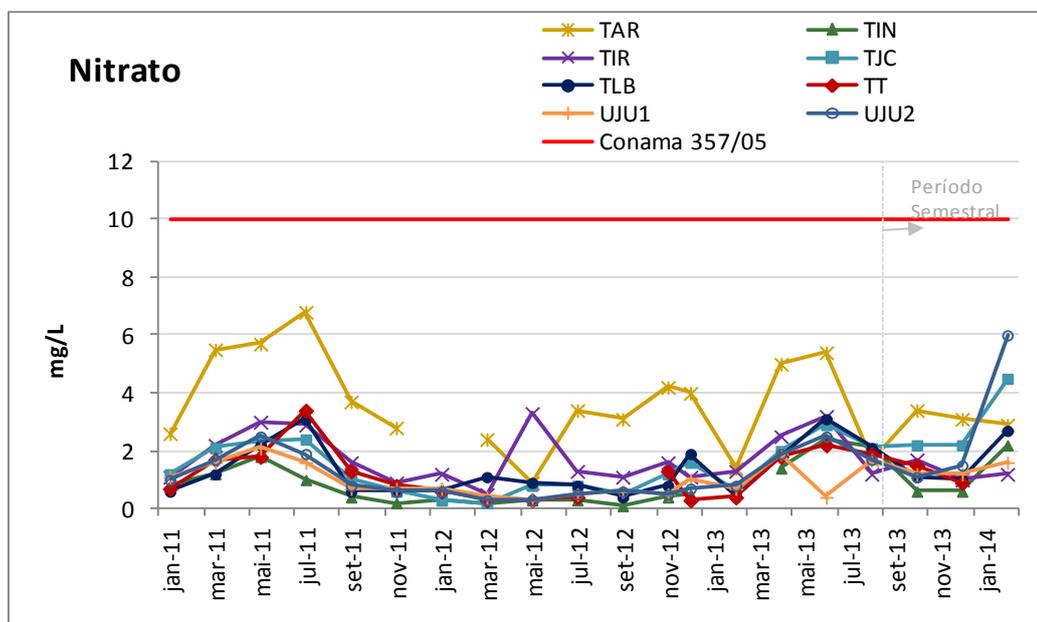


Figura 31: Nitrato no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Coliformes fecais são indicadores de despejos orgânicos, representados pela bactéria Escherichia Coli, são encontrados em esgotos, efluentes tratados e em águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos e animais.

Na Figura 9 verifica-se que os resultados desconformes, ocorreram no TAr (rio Ariranha), Tlr (rio Irani) e TJC (rio Chapecó) na campanha de outubro de 2013, todos na casa de 11.500 NMP/100 ml. No restante dos pontos os níveis se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pela resolução.

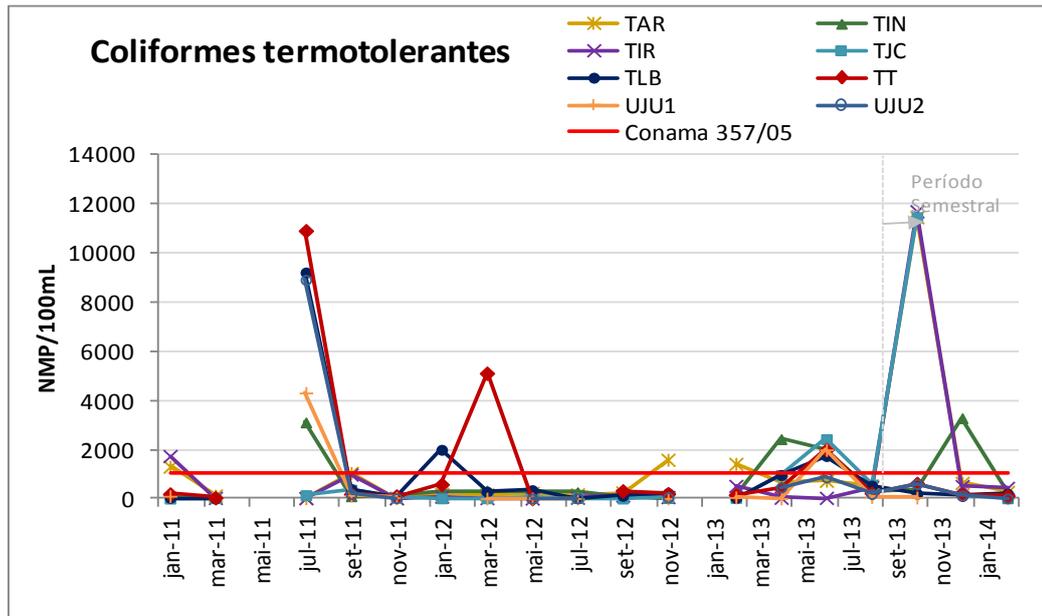


Figura 32: Coliformes termotolerantes no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Aproximadamente 79,1% dos pontos tiveram resultados de acordo com a legislação, com exceção dos pontos TAR, TIR, TJC e UJU2 na campanha de outubro/2013 e em dezembro/2013 o ponto TAR também se apresentou em desconformidade (Figura 33). Percebe-se uma grande elevação nos valores de turbidez no semestre deste relatório, possivelmente associado a regime de chuvas mais intensas neste período.

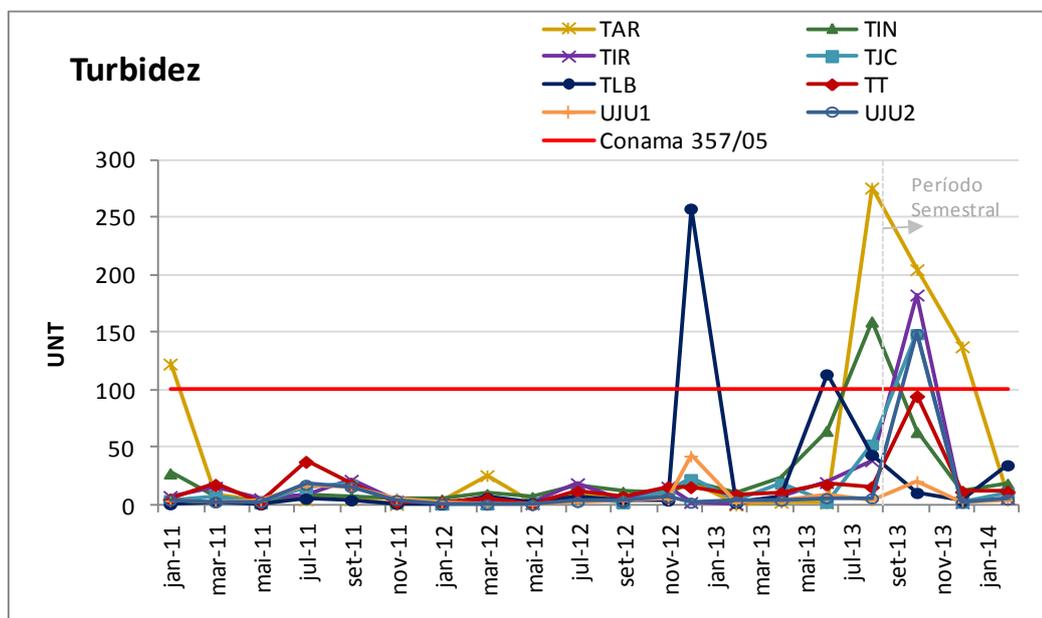


Figura 33: Turbidez no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os resultados dos sólidos totais atenderam ao Conama 357/05 (500 mg/L) em todo o período (Figura 34). Destaque para o ponto TT (tributário Tigre) com o menor valor detectado de 39 mg/L e ponto TAR (tributário Ariranha) com 320 mg/L.

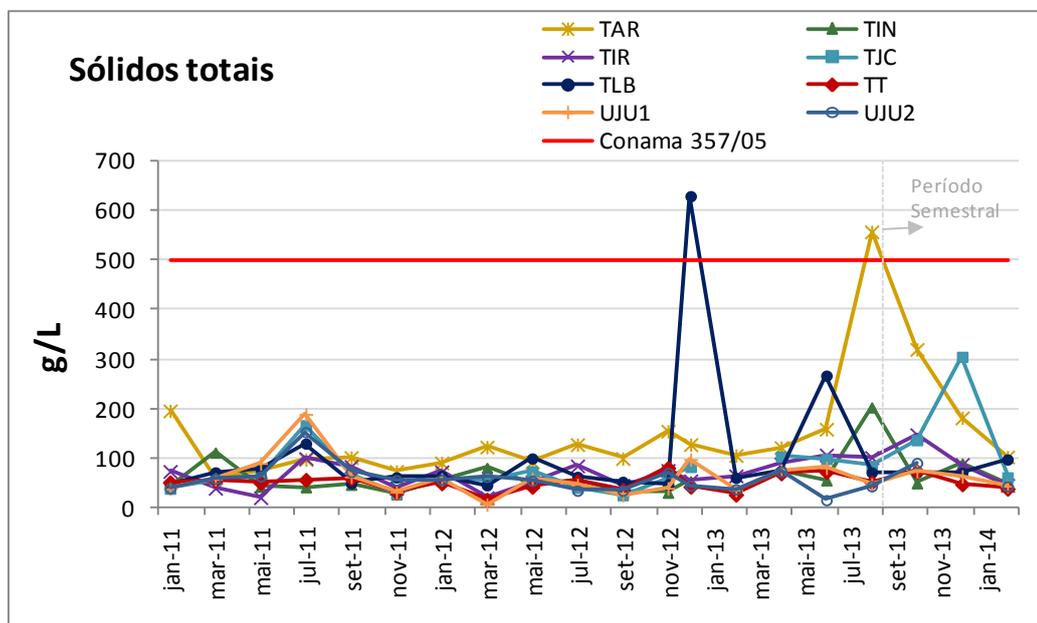


Figura 34: Sólidos Totais no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os demais parâmetros monitorados, não listados na Resolução Conama 357/05, comentados a seguir, são os seguintes:

- ✓ Oxigênio saturado;
- ✓ Temperatura da água;
- ✓ Nitrogênio total;
- ✓ Fosfato;
- ✓ Dureza;
- ✓ Óleos e graxas;
- ✓ Condutividade;
- ✓ Ferro;
- ✓ Transparência da água;
- ✓ DQO;
- ✓ Alcalinidade;
- ✓ Coliformes totais;
- ✓ Fipronil (Klap).

Os parâmetros óleos e graxas e fipronil (klap), foram detectadas em concentrações muito reduzidas ou inferiores ao método de detecção, conforme laudos apresentados nas campanhas ao longo do semestre, portanto não constando a apresentação gráfica.

O oxigênio de saturação (Figura 35) variou entre 74,6 e 141,2%. O comportamento dos valores de oxigênio foi bastante parecido no período analisado, seguindo uma curva próxima entre os pontos. O maior nível de saturação foi do ponto UJU1 e o limite inferior foi do TT.

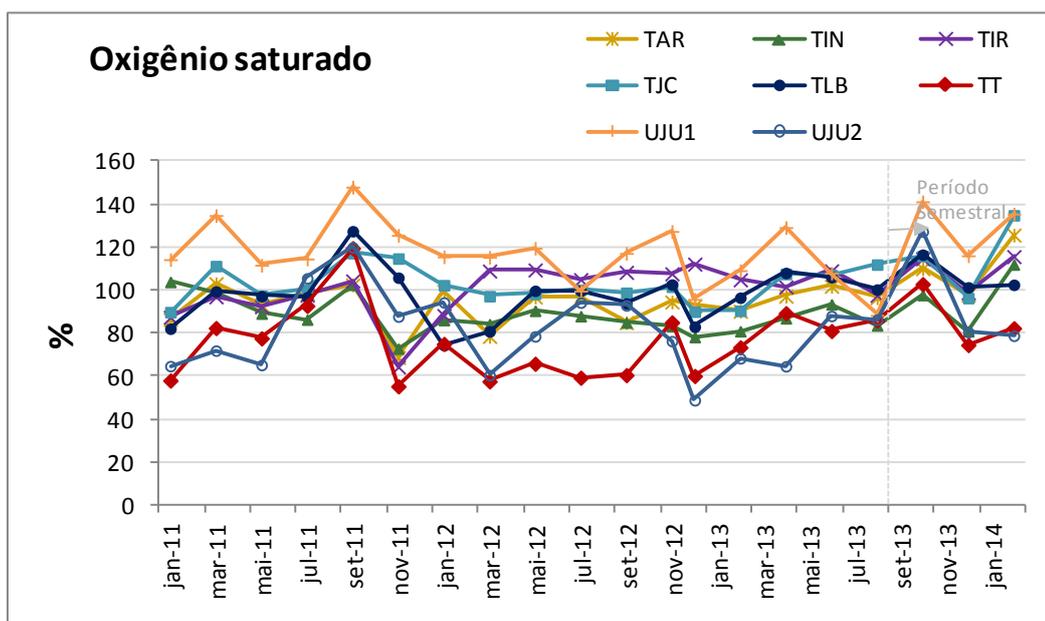


Figura 35: Saturação de oxigênio no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Conforme a Figura 36, a temperatura da água retratou as condições do período em análise, ou seja, com a alteração da estação os valores de temperaturas tiveram aumento entre setembro/2013 e fevereiro/2014. As temperaturas médias foram de 18°C em outubro/2013, 23,4°C em dezembro e 25,4°C em fevereiro/2014.

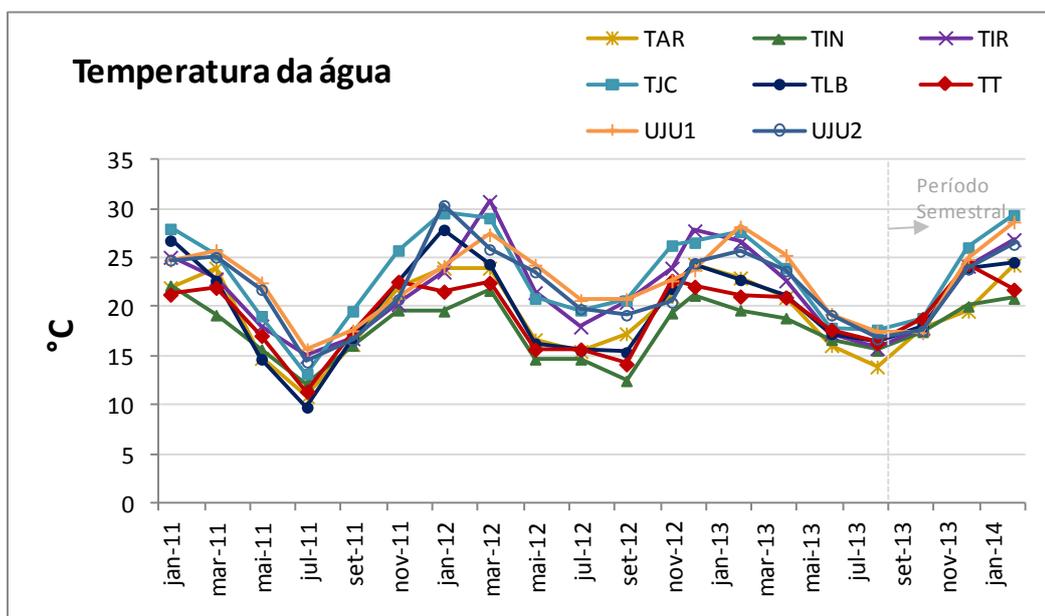


Figura 36: Temperatura da água no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O nitrogênio total apresentou resultados mais elevados na campanha de fevereiro /2014 para os pontos UJu2, TJC, TLB e TIn. Destaque para o ponto UJu2 (jusante da casa de força) que apresentou o maior valor do período com 6,28 mg/L (Figura 37).

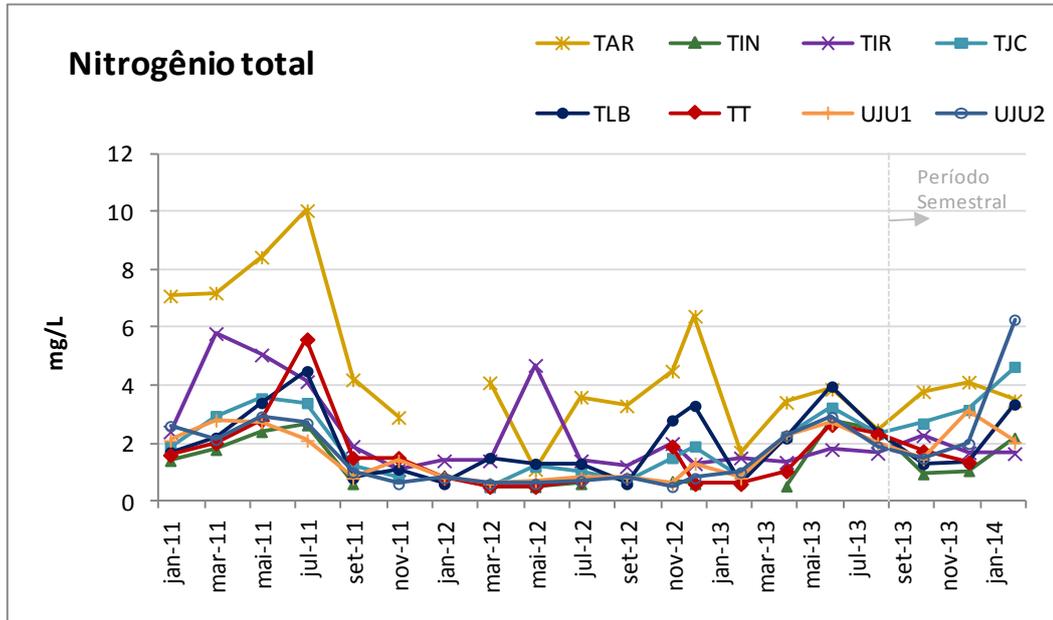


Figura 37: Nitrogênio total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Quanto à dureza, verificou-se que o ponto TAR apresentou os maiores valores do período (Figura 38), assim como no semestre anterior. Os valores deste ponto partiram de 30 mg/L em outubro/2013 para 42 mg/L em fevereiro/2014. Os demais pontos, partiram de 9,6 mg/L até 30 mg/L. Com esses resultados, podemos classificar a água como “água mole”, o que é positivo pois águas classificadas como “dura”, ou seja, valores de carbonato de cálcio superiores a 150 mg/L, estão associadas a incrustações em tubulações.

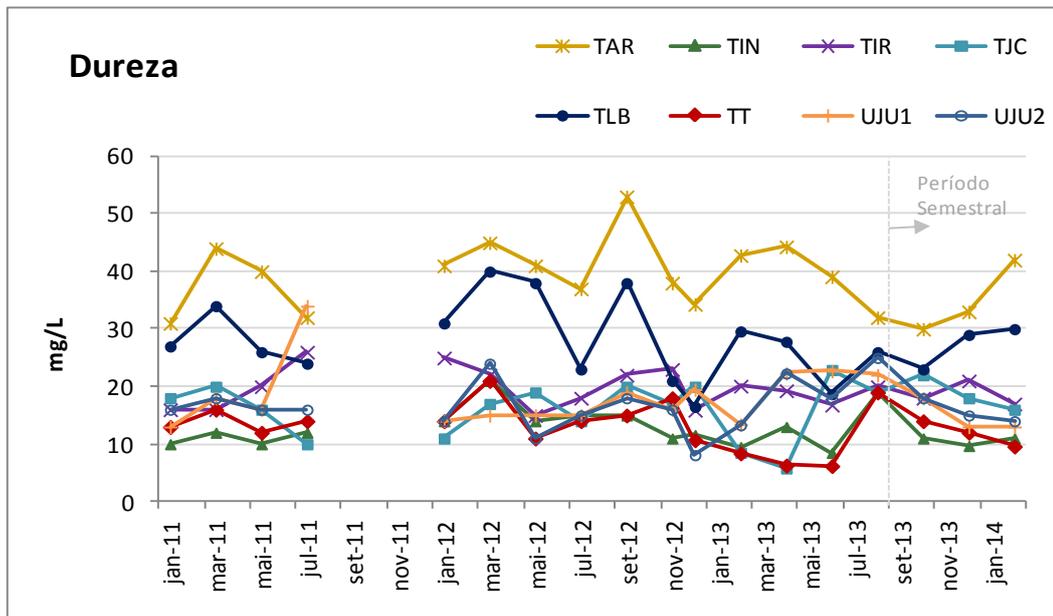


Figura 38: Dureza no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os valores de condutividade elétrica da água esperado para águas naturais é 100,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Valores superiores a este podem ser associados a águas poluídas em função do aumento do conteúdo mineral. A Figura 39 mostra que na região de abrangência da UHE Foz do Chapecó apenas o Tributário Ariranha (TAr) ultrapassou esse valor de referência nas três campanhas. Este comportamento se mantém desde janeiro de 2011. O mesmo acontece com o ponto TLB (tributário Lajeado Bonito) que vem na sequência, também se mantendo desde 2011. No período de análise a média de condutividade foi 44,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

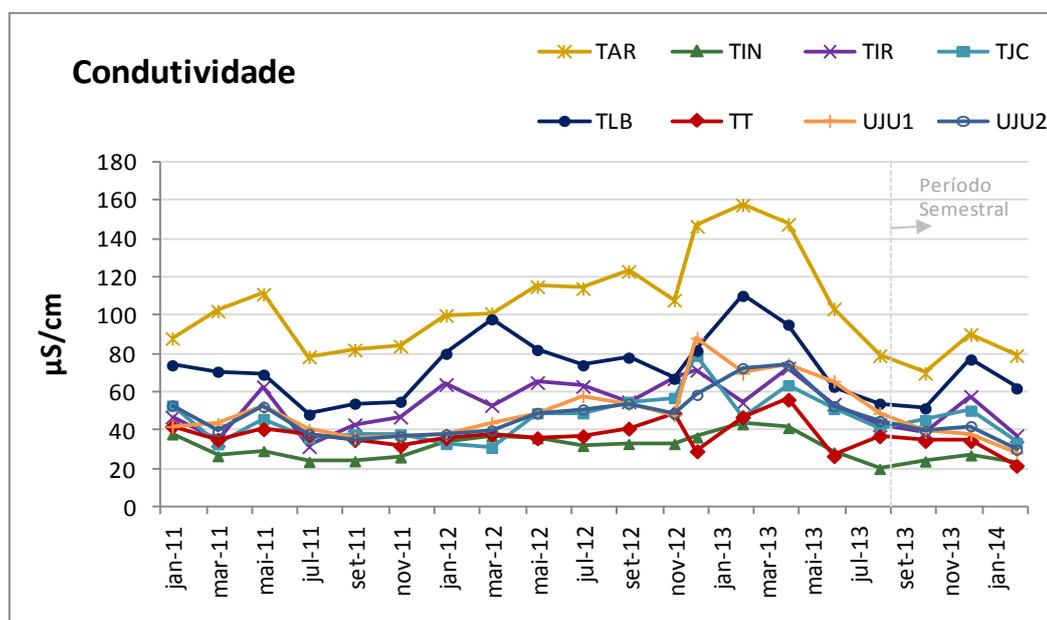


Figura 39: Condutividade elétrica no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

O parâmetro Ferro total no período semestral deste relatório, apresentou resultados variando de 0,25 a 6,1 mg/L (Figura 40), com exceção apenas do TJC que na campanha de dezembro/2013 apresentou o resultado de 12,8 mg/L Fe.

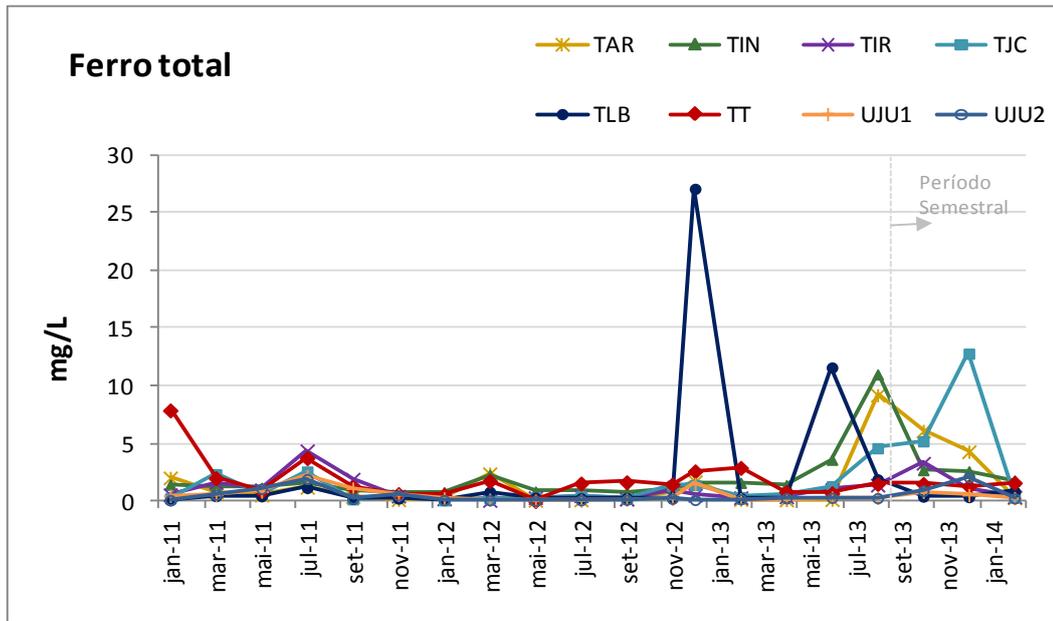


Figura 40: Ferro total no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A transparência da água (Figura 41) ao longo dos pontos de coleta variou de 0,10 a 2,38 m. O valor médio entre os pontos analisados foi de 0,48 m na campanha de outubro/2013, 0,67 m em dezembro/2013 e 0,89 m em fevereiro/2014.

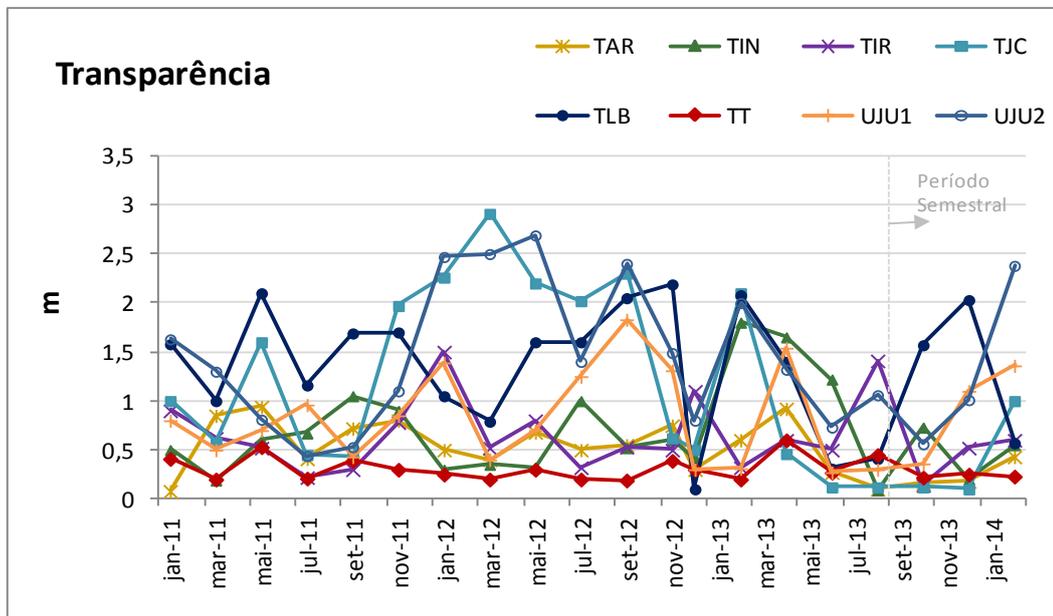


Figura 41: Transparência da no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

A medida da DQO considera a estabilidade da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim como a DBO<sub>5</sub>, este parâmetro é importante na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

Na região em estudo, conforme a Figura 42, o valor mais elevado de DQO foi detectado no TAR (rio Ariranha) com 13,0 mg/L. O limite inferior foram valores abaixo do limite de detecção da metodologia de análise.

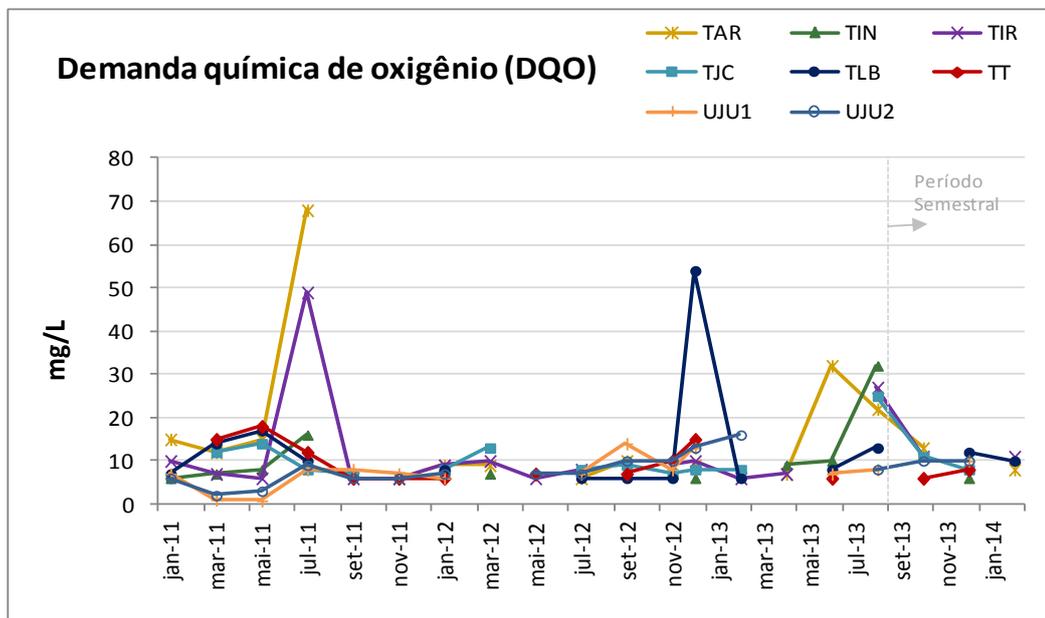


Figura 42: DQO ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

No que se refere à alcalinidade total, os resultados foram análogos, de maneira geral, variando entre 16,4 e 42mg/L (Figura 43). A média entre as três campanhas realizadas no período ficou em 25,57 mg/L.

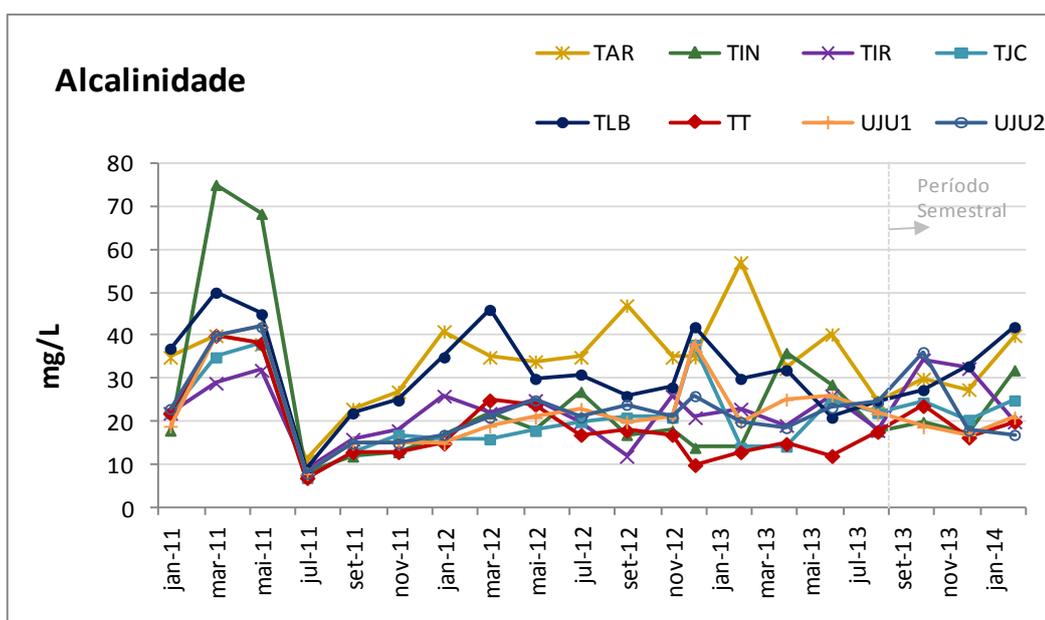


Figura 43: Alcalinidade total ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Conforme a Figura 44 o valor máximo detectado para coliformes totais, ocorreu no mês de fevereiro de 2014 no TAr (rio Ariranha) com 72.150 NMP/100 ml. A média geral no período semestral deste relatório ficou em aproximadamente 29.845 NMP/100 ml.

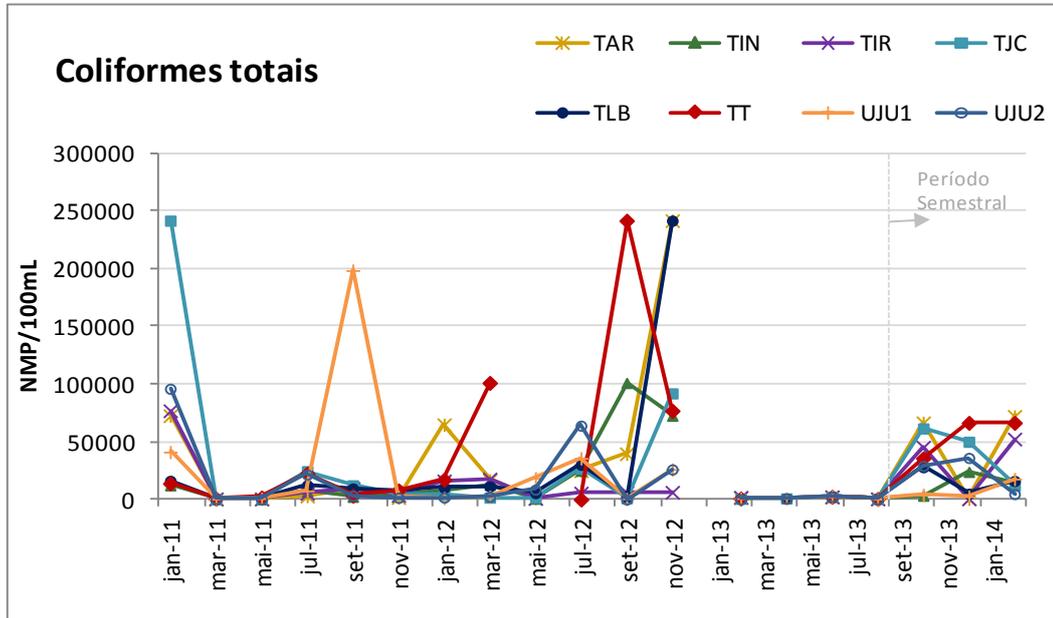


Figura 44: Coliformes totais ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Os valores de fosfato passíveis de detecção oscilaram entre 0,01 mg/L no ponto Tlr em fevereiro/2014 e 0,05 mg/L no TAr em outubro/2013 (Figura 45). Os demais valores apresentaram-se na faixa entre 0,02 e 0,04 mg/L.

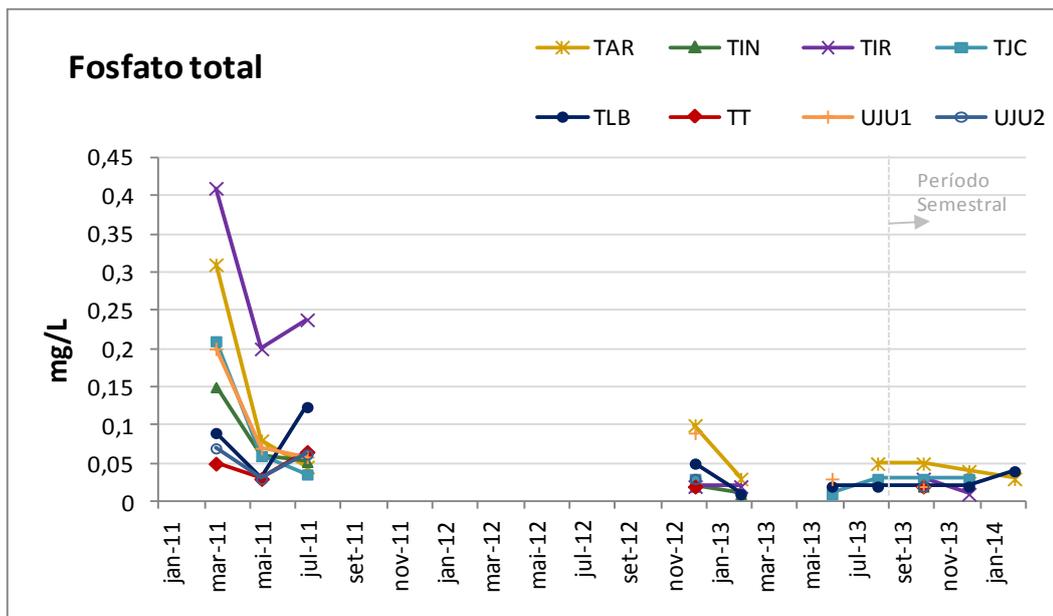


Figura 45: Fosfato ao longo dos pontos de coleta no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

### 4.3 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

#### 4.3.1 IET – Índice de estado trófico

O IET avalia o grau de trofia do ambiente aquático em termos de fósforo total e clorofila - a. A Figura 46 apresenta a evolução do IET nas campanhas realizadas no período de setembro de 2013 a abril de 2014.

Aproximadamente 55% dos pontos da rede de monitoramento enquadraram-se na categoria mesotrófica, considerados corpos d’água com produtividade intermediária, com possíveis implicações, mas em níveis aceitáveis. Na sequência vêm os classificados como oligotróficos (baixa produtividade) com 19% e eutróficos (alta produtividade) com 12%. Em destaque os pontos UJu1 e TT classificados como ultraoligotróficos considerados corpos d’água limpos e com produção muito baixas, e o ponto UPb que na campanha de outubro de 2013 foi classificado como hipereutrótico (elevados valores de matéria orgânica e nutrientes) podendo estar associado a episódios de florações de algas.

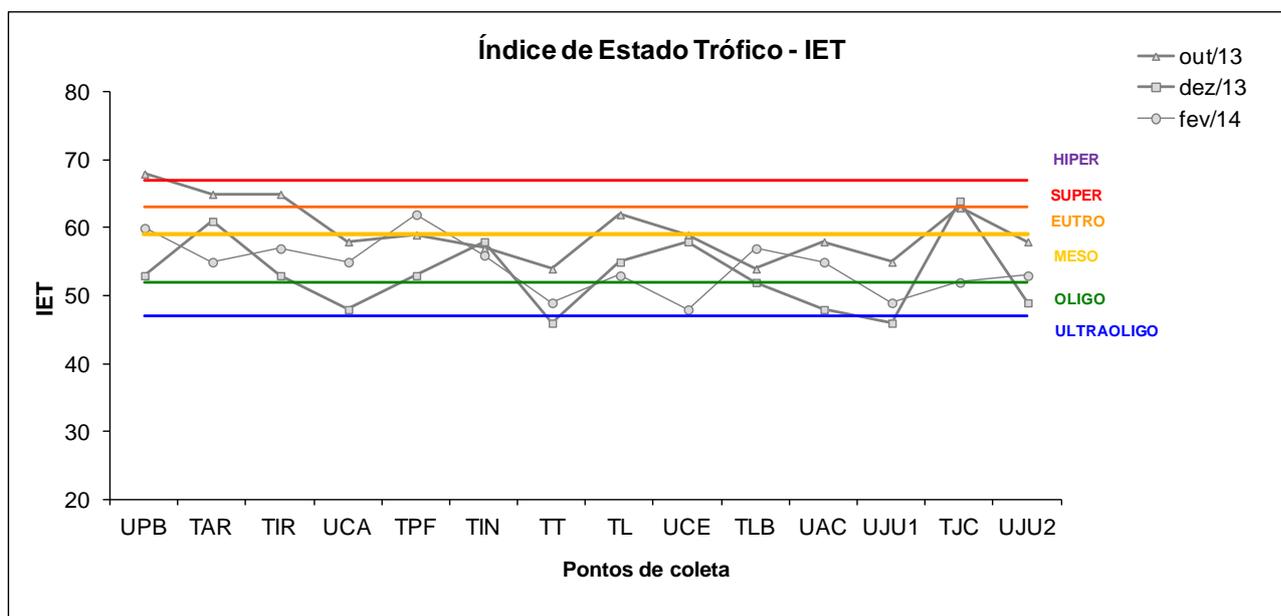


Figura 46: Resultados do IET

#### 4.3.2 IQA - Índice de qualidade da água

Conforme detalhado no item 2.3.2 deste documento, o índice de qualidade da água (IQA) congrega nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, fornecendo uma visão geral do lançamento de efluentes sanitários em corpos d’água.

A Figura 47 apresenta a evolução do IQA nos pontos de coleta no período setembro de 2013 a abril de 2014.

Em torno de 93% dos resultados enquadraram as águas entre as categorias boa (74%) e ótima (19%). Exceção para os pontos TAR, TIR e TJC que na campanha de outubro/2013 foram classificados na categoria regular. Os pontos UPb e UCe nas campanhas de dezembro/2013 e fevereiro/2014 se destacaram dos demais pontos, sendo enquadrados na categoria “Ótima” nas duas campanhas.

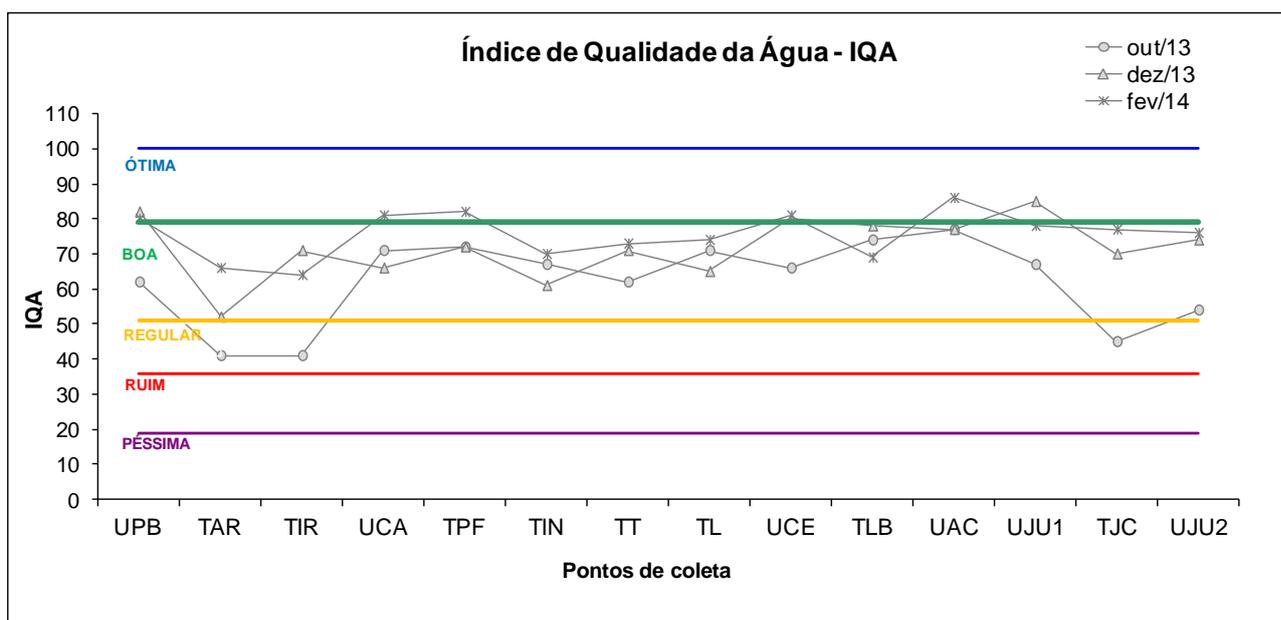


Figura 47: Resultados do IQA

### 4.3.3 IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios

Conforme descrito na Tabela 3, o índice de qualidade da água de reservatórios é calculado em três pontos no corpo principal do reservatório.

No período compreendido entre setembro de 2013 a abril de 2014, os resultados se enquadraram entre as categorias II e III, indicando um ambiente pouco degradado à moderadamente degradado, respectivamente (Figura 48). Durante as campanhas o comportamento dos pontos foi basicamente o seguinte: ponto UCa 100% dos resultados enquadrados na classe III (moderadamente degradado); ponto UCe 67% na classe III; ponto UAc 67% na classe II (pouco degradado).

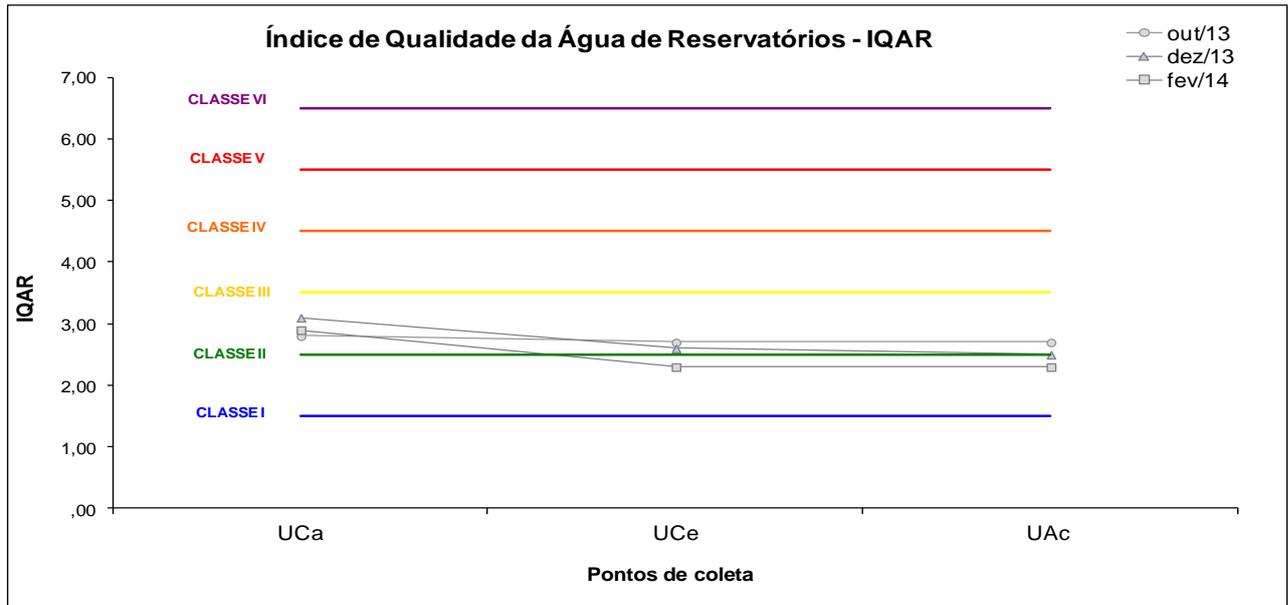


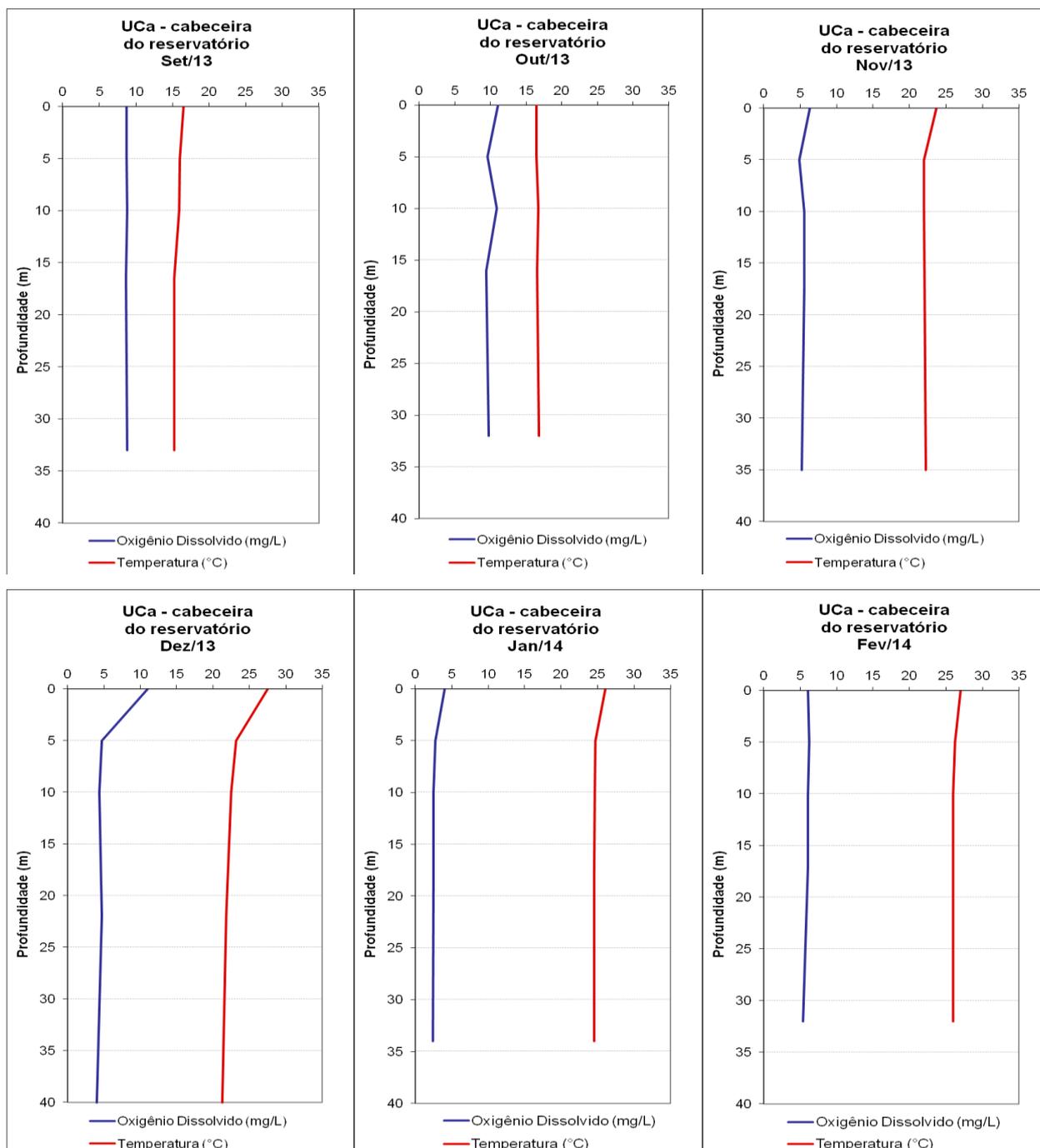
Figura 48: Resultados do IQAR

#### 4.4 PERFIL DA COLUNA D'ÁGUA

O perfil da coluna d'água é monitorado em três pontos no corpo principal do reservatório. Estes pontos estão localizados na região de cabeceira (UCa), região central do reservatório (UCe) e próximo ao barramento (UAç).

O ponto UCa apresenta um perfil de coluna d'água desestratificado em praticamente todo o período de análise, com exceção do mês de dezembro de 2013, onde verifica-se que a depleção de OD se deu juntamente com a termoclina, evidenciada na profundidade de 5 metros. Houve uma pequena variação neste sentido também no mês de novembro/2013.

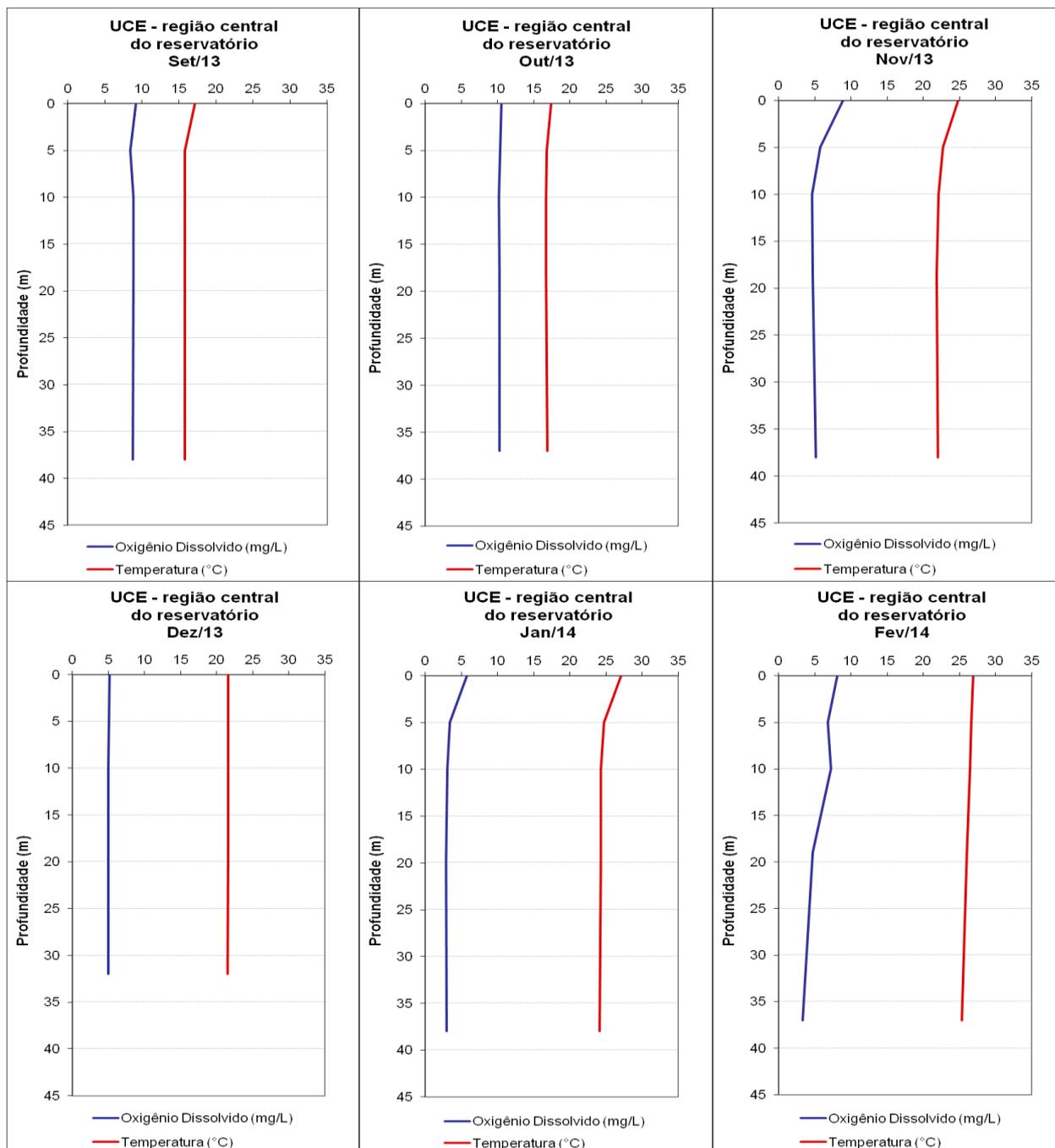
#### 4.4.1 Ponto UCa – cabeceira do reservatório



#### 4.4.2 Ponto UCe – região central do reservatório

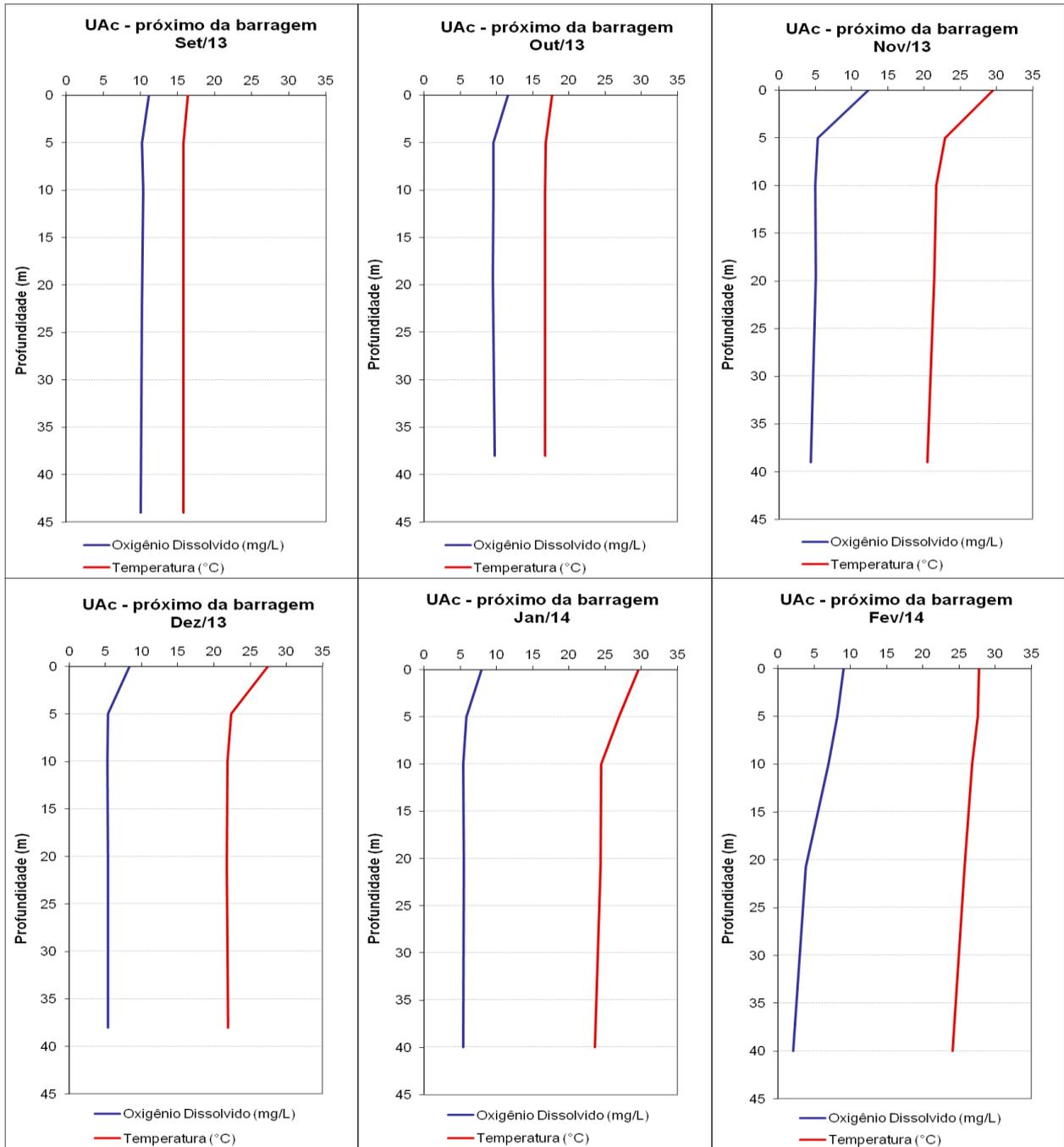
No ponto UCe também verifica-se a redução do oxigênio dissolvido atrelado à redução térmica na faixa eufótica, no mês de janeiro/2014 e uma leve tendência no mês de setembro/2013. Observa-se mistura completa da coluna d'água neste ponto nos meses de outubro e dezembro de 2013, sem gradiente definido

para os perfis de oxigênio e temperatura. O maior declínio ocorreu nos meses de novembro/2013 e fevereiro/2014, este associado também com o aumento da faixa de profundidade.



#### 4.4.3 Ponto UAc – próximo a barragem

O ponto UAc apresentou variação em praticamente todos os meses no período compreendido neste relatório, com as maiores variações ocorrendo a partir de novembro/2013, mês este que apresentou expressiva depleção de OD na zona eufótica, de 12,29 mg/l na superfície para 5,36 mg/l em 5 metros de profundidade. Esta redução geralmente está associada à diminuição da atividade fotossintética e queda da temperatura. Os mesmos cenários são vislumbrados nos meses de dezembro/2013 e janeiro/2014, porém com depleções inferiores ao mês anterior. Verifica-se estratificação da coluna d'água no mês de fevereiro de 2014, subdividindo-se em duas faixas distintas; a primeira com queda acentuada de OD até 20 metros de profundidade; e a segunda com leve queda até o fundo. Verifica-se que a temperatura se mantém em queda constante até o fundo.



#### 4.5 SEDIMENTOS - ASPECTOS LEGAIS RESOLUÇÃO CONAMA 454/12

Esta resolução estabelece diretrizes e procedimentos mínimos para a avaliação de material dragado cuja classificação é de acordo com o grau de contaminação química dos sedimentos com vistas na proteção da vida aquática.

Foram elaborados gráficos para cada parâmetro, onde no eixo X são apresentados os pontos na ordem de montante para jusante, e no eixo Y os limites da legislação e os resultados de cada ponto de amostragem. Os parâmetros comentados a seguir são:

- ✓ Arsênio;
- ✓ Cádmio;
- ✓ Cobre;
- ✓ Cromo;
- ✓ Zinco

Devido às concentrações de arsênio e cádmio abaixo do limite de detecção do laboratório, os resultados não serão apresentados.

No ponto UJu1 (ponto a jusante da barragem), não foi detectado a presença de sedimentos em todo o período deste relatório, portanto os dados gráficos não serão apresentados.

Os resultados de cobre (Figura 49) permaneceram entre os dois níveis estabelecidos pela legislação ao longo do semestre, com exceção apenas dos pontos Uca (cabeceira do reservatório) em dezembro/2013 e UCe (região central) em outubro/2013, com resultados superiores ao Nível 2, este que representa a concentração acima da qual são esperados alguns efeitos adversos para os organismos.

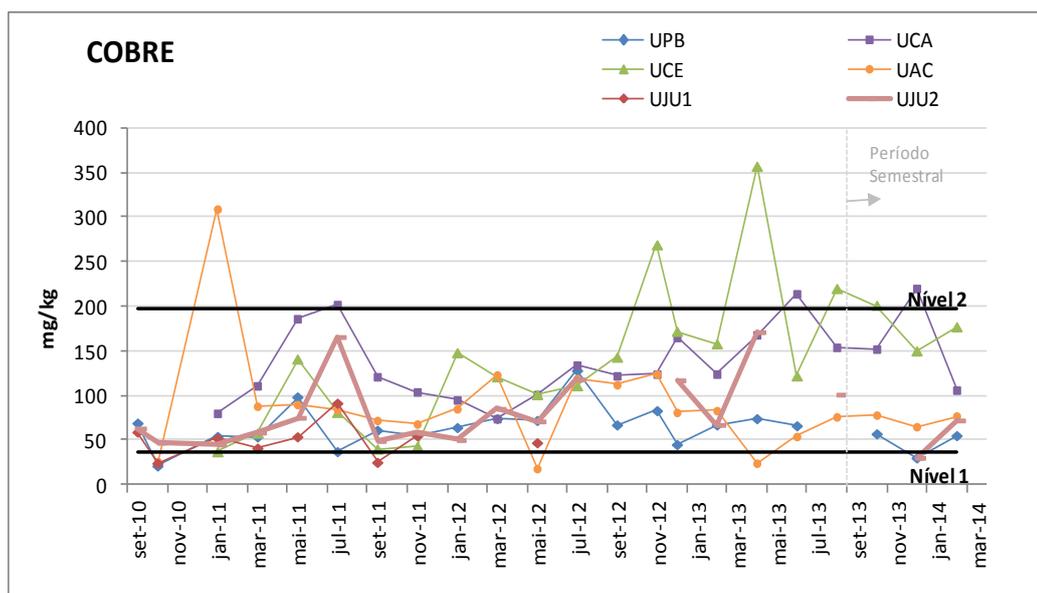


Figura 49: Cobre nos sedimentos de setembro de 2013 a abril de 2014.

A análise do cromo (Figura 50) detectou resultados inferiores ao Nível 2. Os resultados entre os dois níveis indicam que ocasionalmente se espera efeitos adversos aos organismos aquáticos. O ponto UCe teve os maiores índices de cromo, com média de 46 mg/kg.

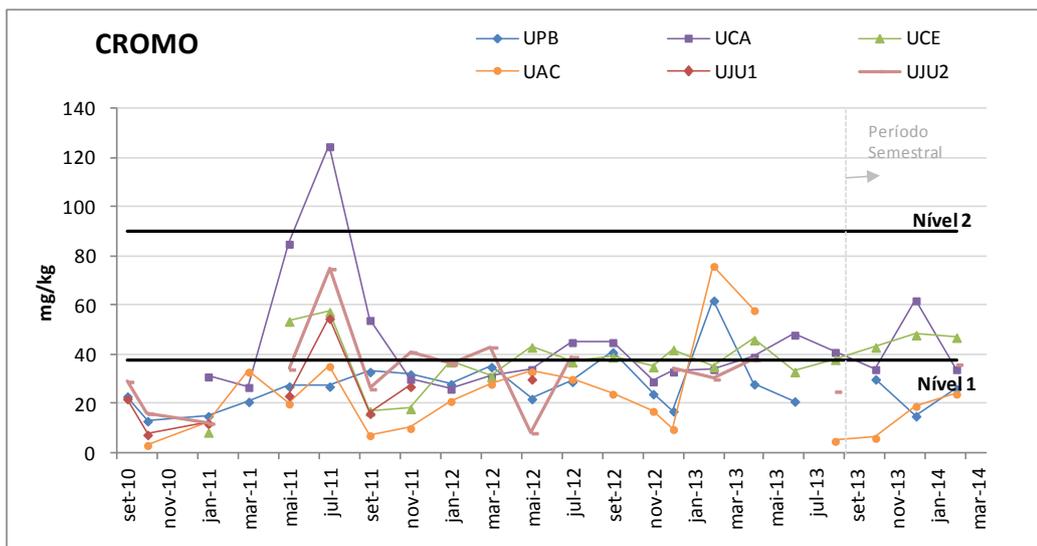


Figura 50: Cromo nos sedimentos de setembro de 2013 a abril de 2014.

Com relação às concentrações de zinco, a amplitude variou de 31 mg/kg no ponto UPb em dezembro/2013 a 145 mg/kg no ponto UCe em fevereiro/2014 (Figura 51). Destaque para o ponto UCa onde 100% dos resultados se apresentaram acima do Nível 2 neste período, expondo a biota aquática à possíveis efeitos adversos.

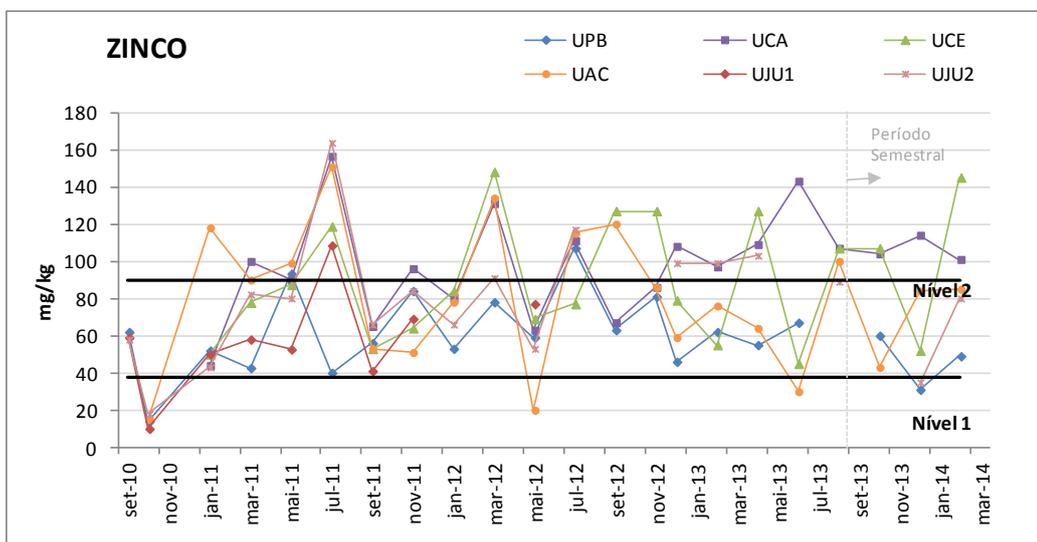


Figura 51: Zinco nos sedimentos de setembro de 2013 a abril de 2014.

#### 4.6 DEMAIS PARÂMETROS

Os parâmetros bário e ferro não apresentam valores guias estabelecidos pela Res.Conama 454/12.

Quanto ao bário (Figura 52), os valores oscilaram entre 25 mg/kg e 245 mg/kg. O ponto Uca (cabeceira do reservatório) apresentou a média mais elevada do período com 210 mg/kg, sendo que a média dos demais pontos foi de 98 mg/kg.

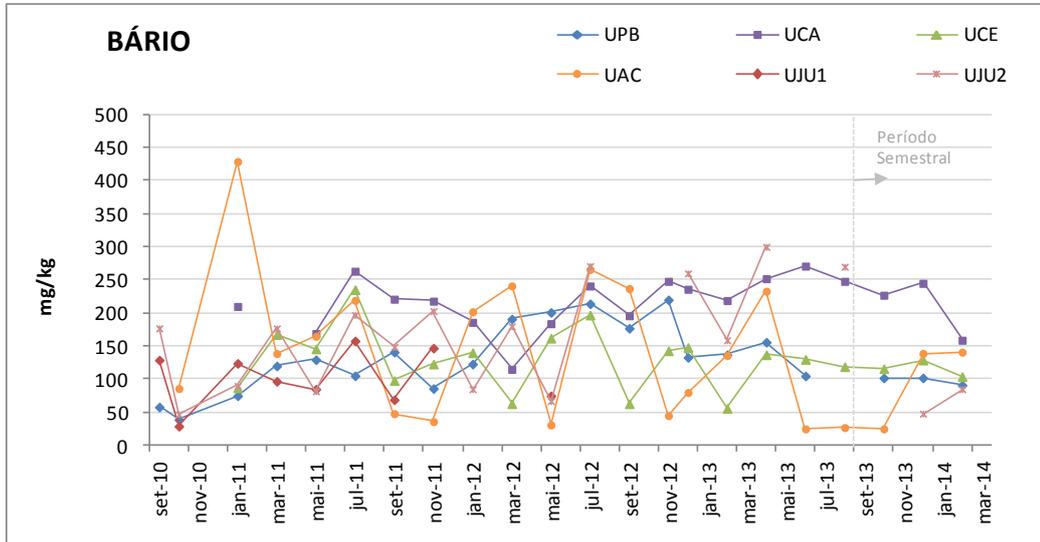


Figura 52: Bário nos sedimentos de setembro de 2013 a abril de 2014.

As concentrações de ferro (Figura 53) foram mais elevadas no ponto UCe (região central), com média de 120.646 mg/kg. Todos os pontos apresentaram elevação nos níveis deste parâmetro em comparação com o semestre anterior. O valor inferior detectado foi no ponto UJu2 com 1.514 mg/kg de sedimento.

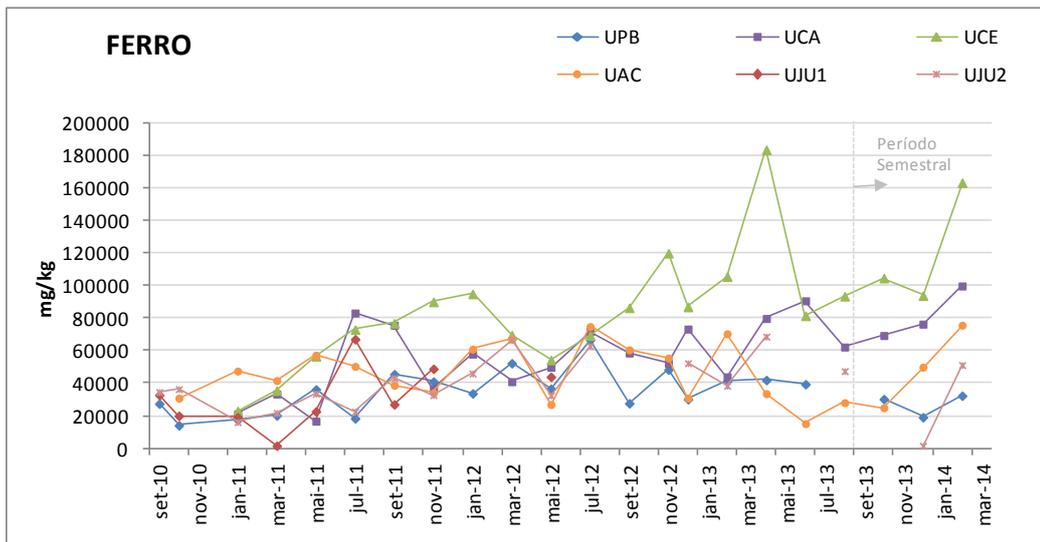


Figura 53: Ferro nos sedimentos de setembro de 2013 a abril de 2014.

#### 4.7 RESULTADOS DO MONITORAMENTO COMPLEMENTAR

O monitoramento nos pontos complementares iniciou em julho de 2013. No período de abrangência deste relatório foram realizadas 03 campanhas (setembro/2013, janeiro e fevereiro de 2014).

A seguir serão apresentados os gráficos referentes aos parâmetros do Monitoramento Complementar dos meses supracitados, compostos por amostras sub-superficiais e de profundidade nos pontos TLL (tributário Lajeado Leão), TLG (tributário Lajeado Grande) e TLB-R (tributário Lajeado Bonito – Reservatório), com a posterior exibição dos comentários dos parâmetros analisados.

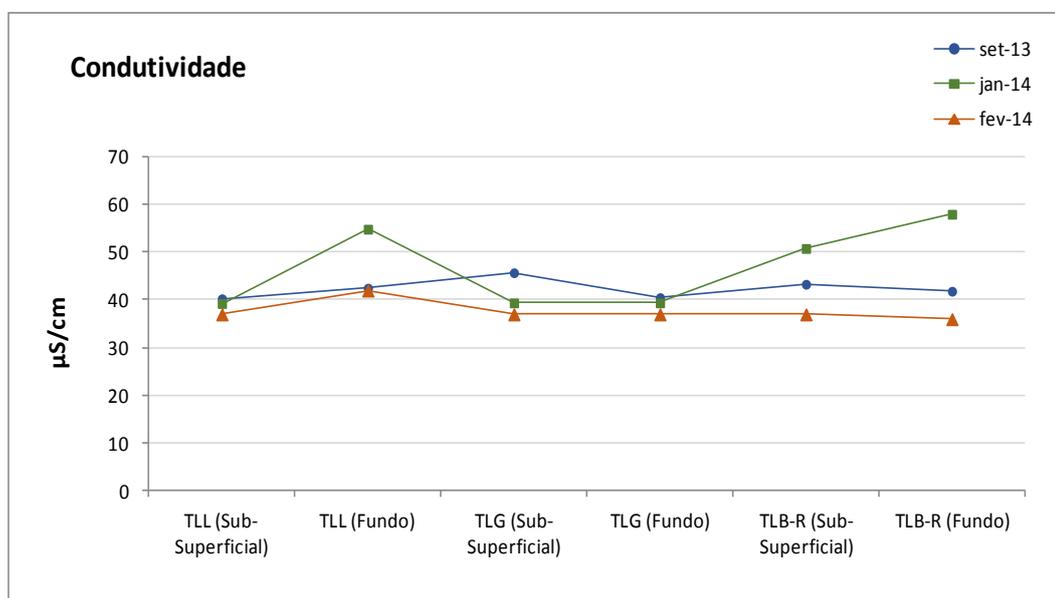


Figura 54: Condutividade no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

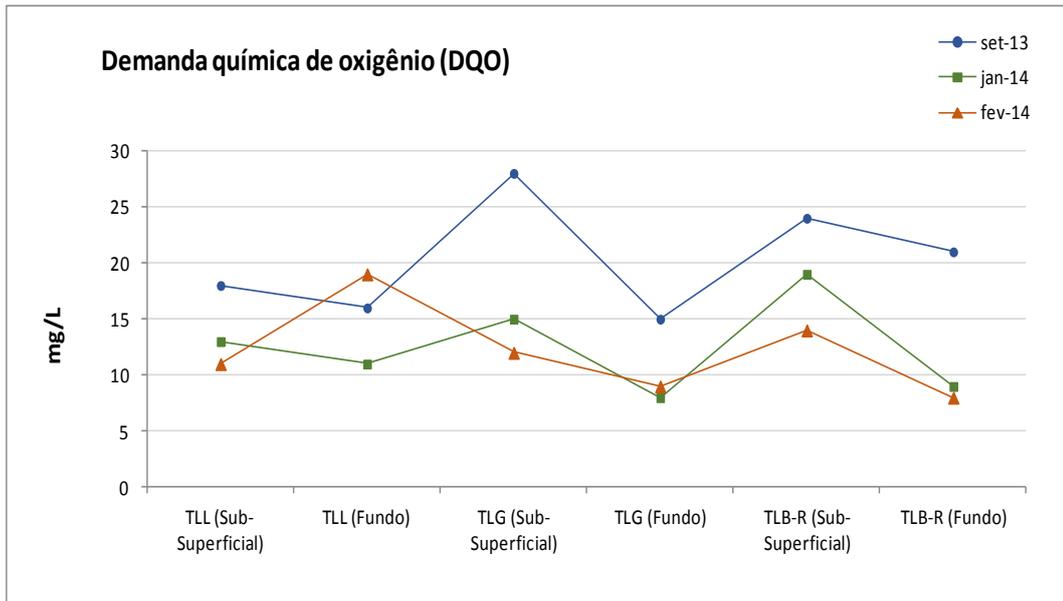


Figura 55: DQO no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

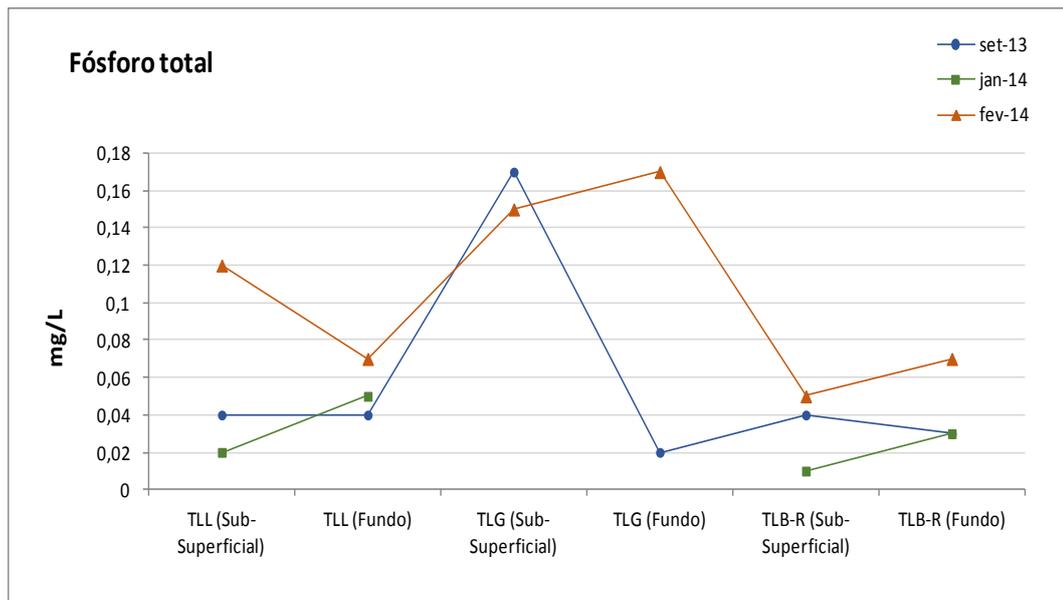


Figura 56: Fósforo total no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

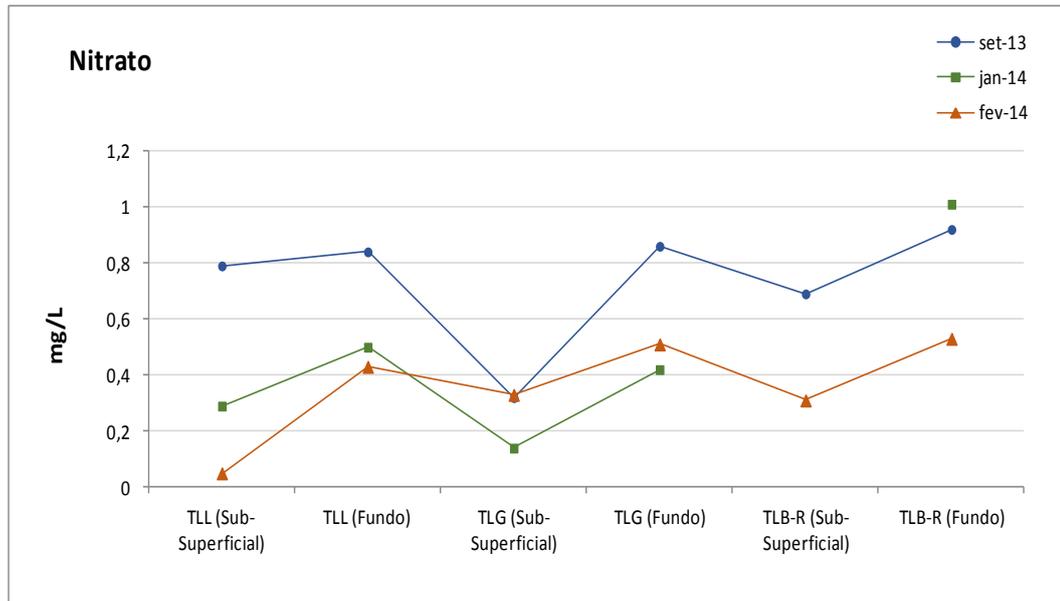


Figura 57: Nitrato no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

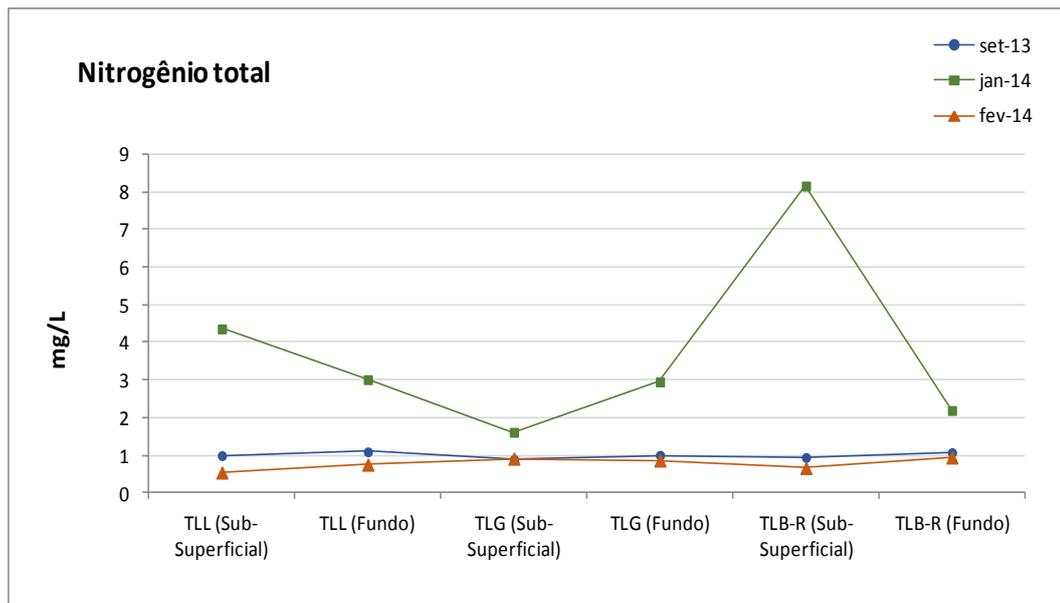


Figura 58: Nitrogênio total no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

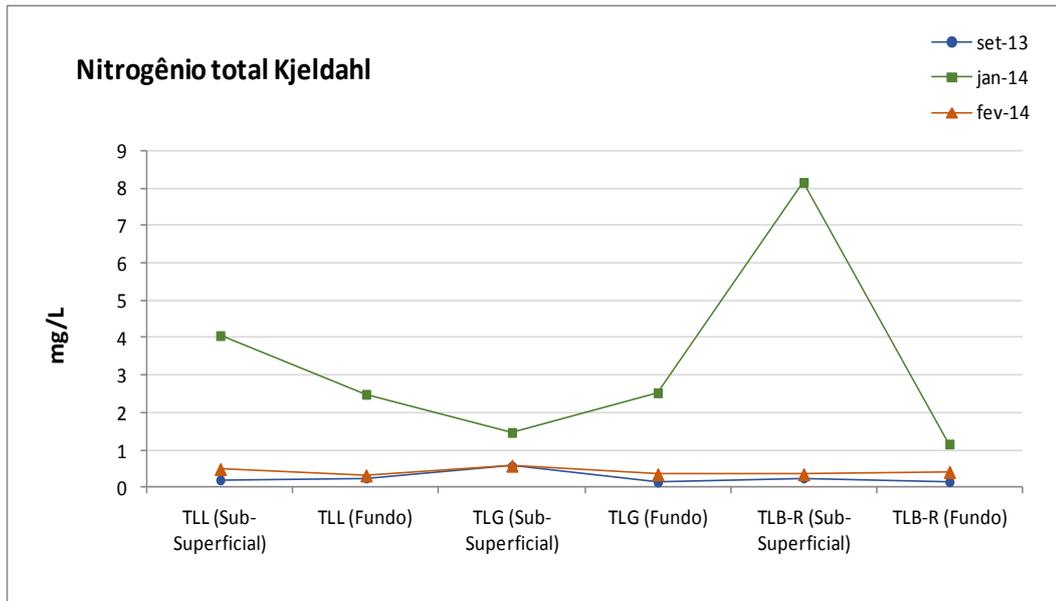


Figura 59: Nitrogênio total Kjeldahl no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

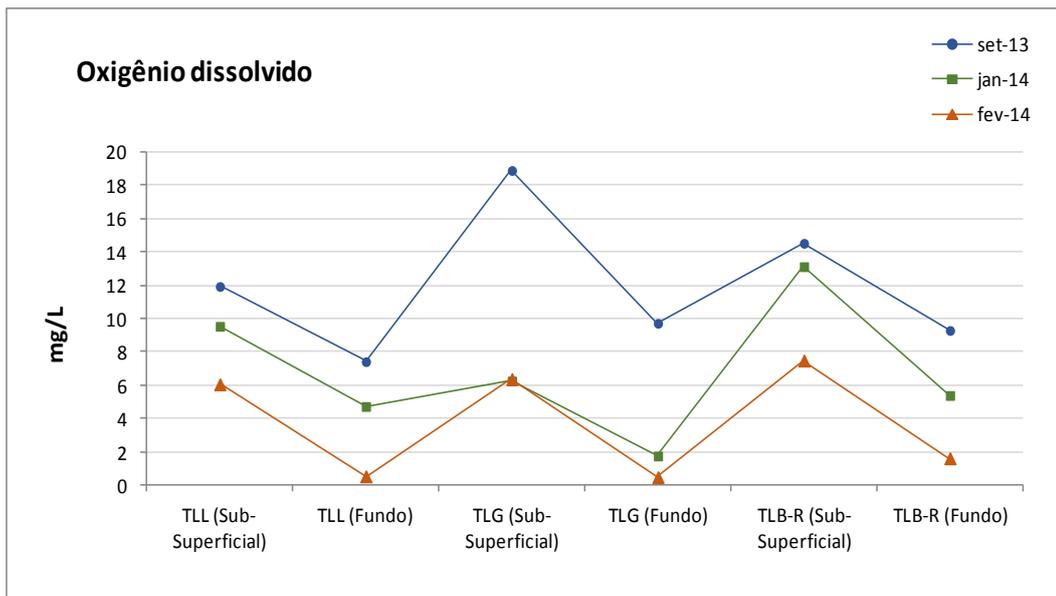


Figura 60: Oxigênio dissolvido no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

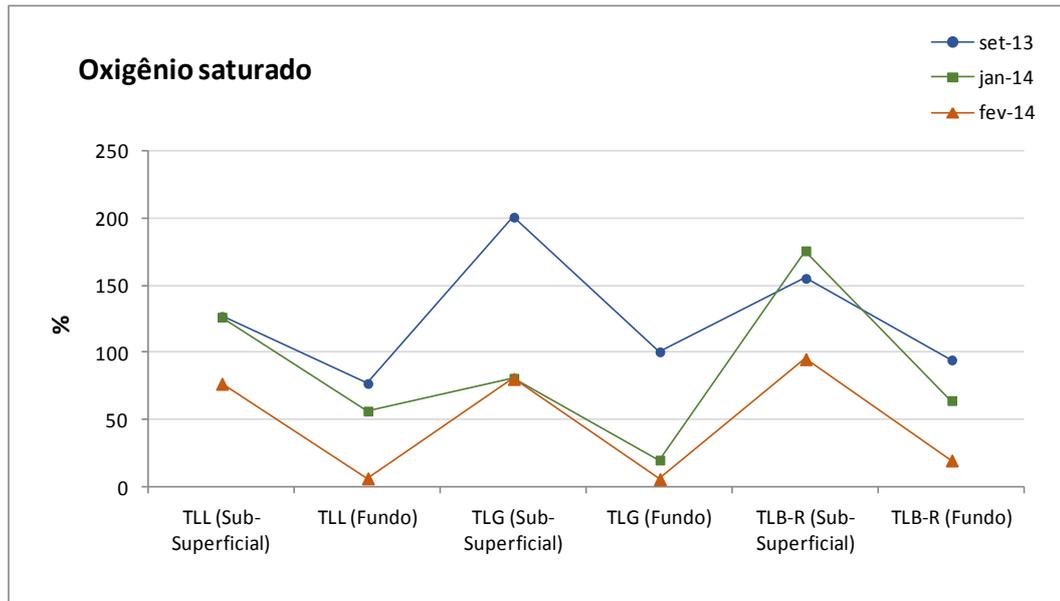


Figura 61: Oxigênio saturado no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

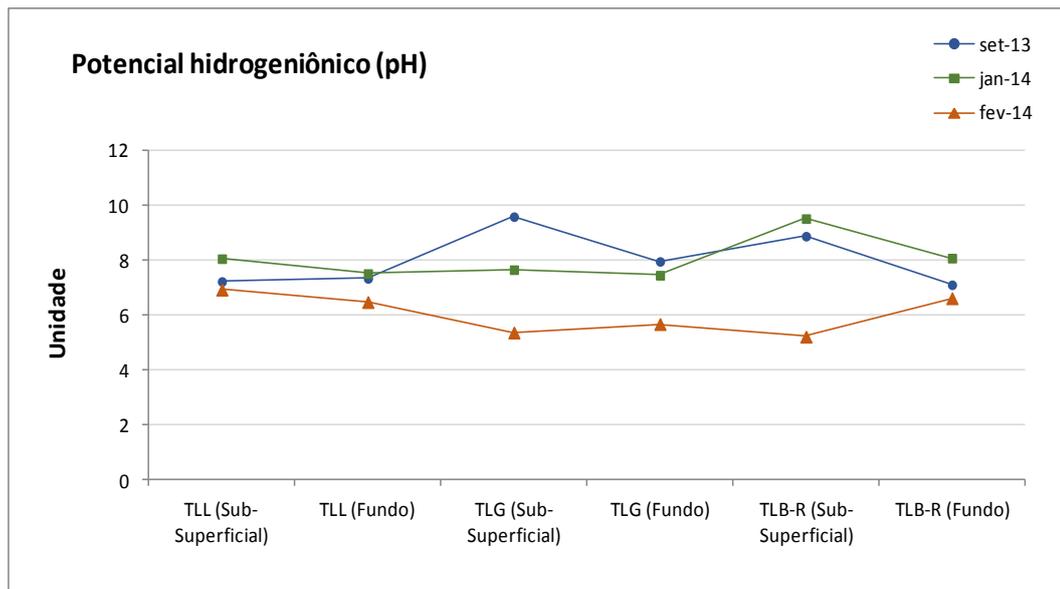


Figura 62: Potencial hidrogeniônico no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

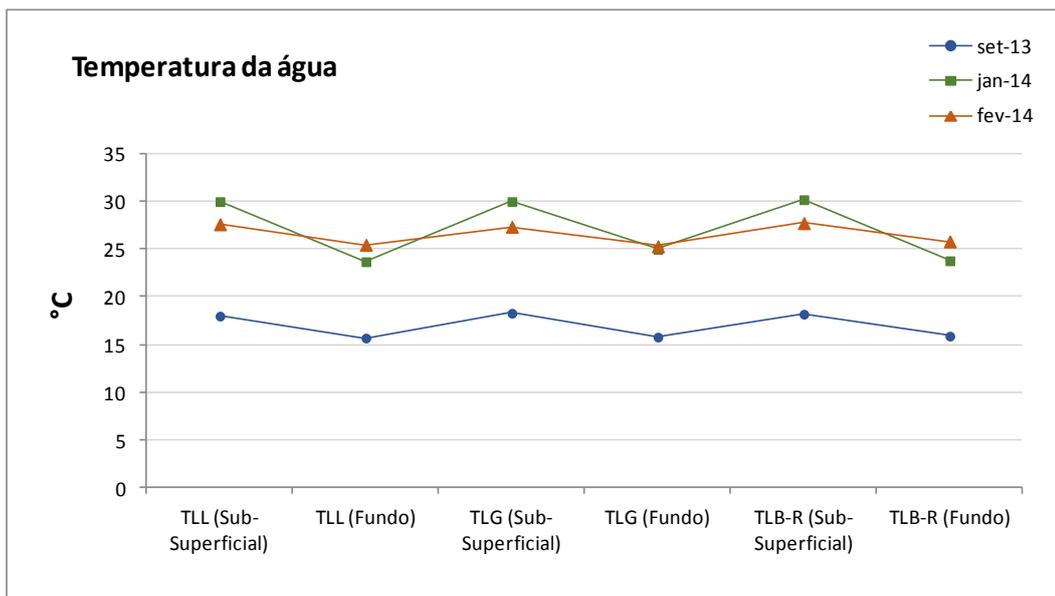


Figura 63: Temperatura da água no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

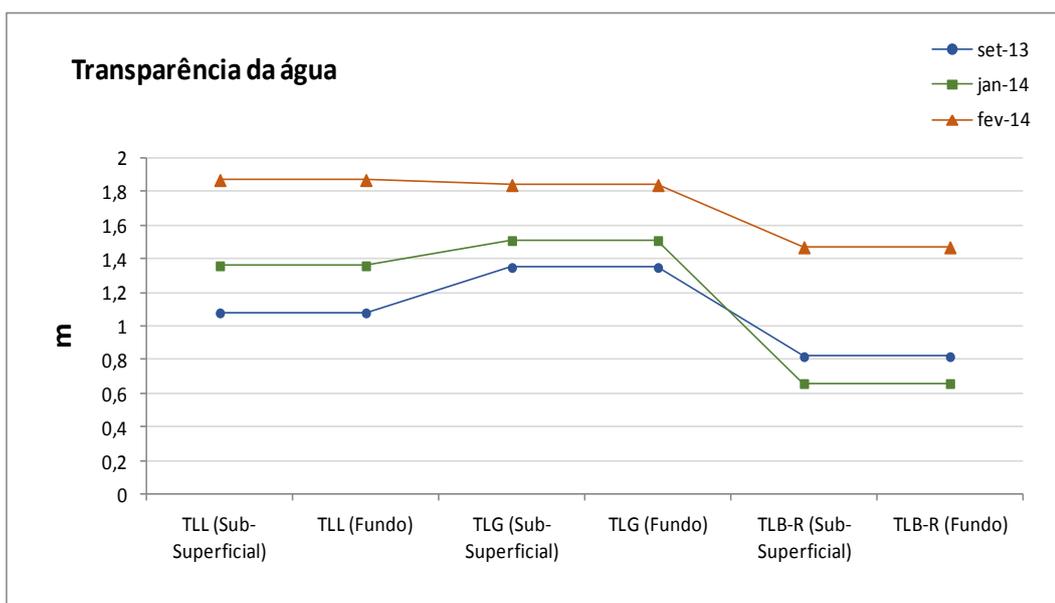


Figura 64: Transparência da água no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

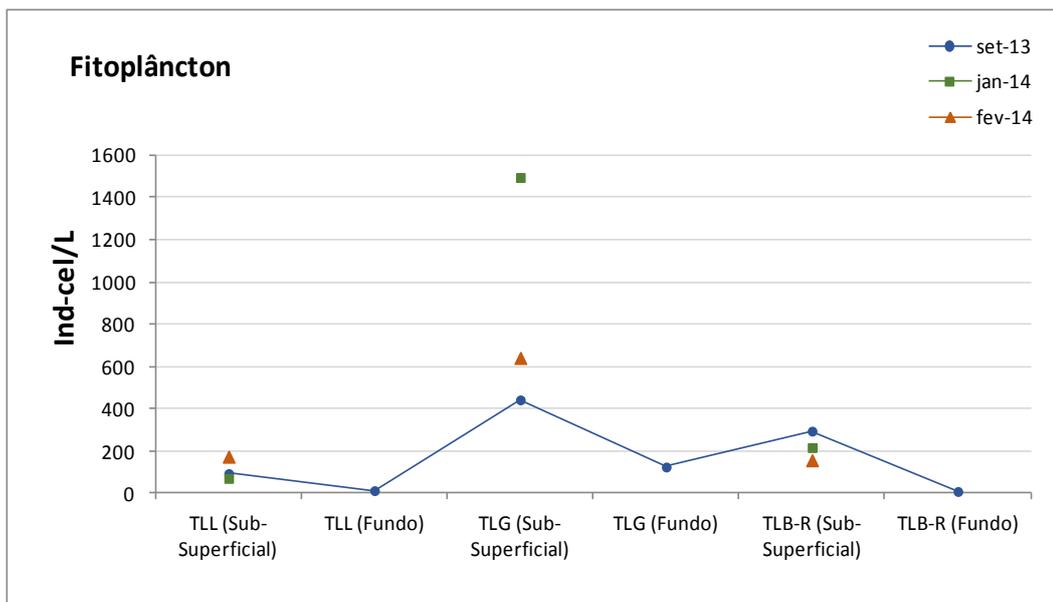


Figura 65: Fitoplâncton no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

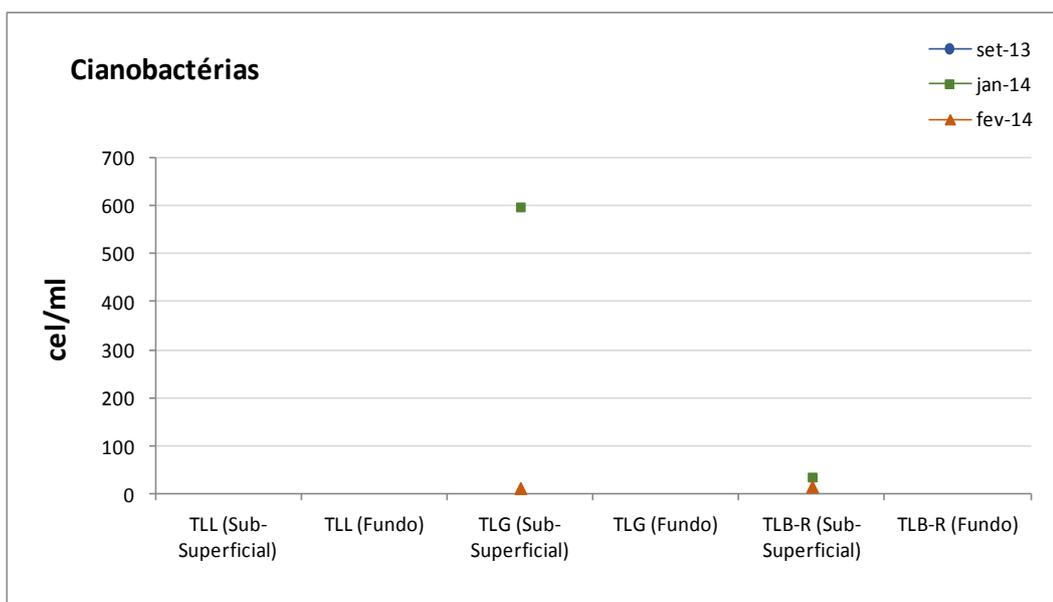


Figura 66: Cianobactérias no monitoramento complementar nas campanhas de set/13, jan/14 e fev/14

Os valores de nitrito, nitrogênio amoniacal e fosfato total apresentaram-se muito reduzidos, alguns abaixo do limite de detecção laboratorial, portando os dados gráficos destes parâmetros não serão apresentados. ()

A condutividade se manteve dentro da faixa aceitável para águas naturais (100  $\mu\text{S/cm}$ ), variando de 36  $\mu\text{S/cm}$  até 58  $\mu\text{S/cm}$ , com uma média de 42,3  $\mu\text{S/cm}$  durante todo o período.

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico. Dentre as campanhas deste período destaca-se setembro/2013, com média de 20,3 mg/l enquanto em janeiro e fevereiro de 2014 esta foi de aproximadamente 12 mg/l.

Valores de DBO<sub>5</sub> foram detectados apenas para o ponto TLB-R tanto nas análises subsuperficiais quanto nas de profundidade, na campanha de setembro de 2013, com índices superiores ao limite da legislação, se comparados à resolução Conama 357/05 que regulamenta águas superficiais. Níveis encontrados, 8,6 mg/l (subsuperficial) e 5,5 mg/l (profundidade) podem estar relacionados a lançamentos de cargas orgânicas, e provocar um incremento da microflora aquática.

Com relação ao fósforo total observou-se que este apresentou resultados elevados, tanto para as amostras subsuperficiais, quanto para de profundidade, com amplitude oscilando entre 0,01 mg/l e 0,17 mg/l, e média no período de 0,07 mg/l.

A análise de nitrato exibiu resultados reduzidos, alguns abaixo do limite de detecção, com ênfase para o TLB-R de profundidade com 1,01 mg/l, este o maior valor para o período. Verifica-se em todos os pontos analisados, que a concentração de nitrito nas amostragens de fundo mostra-se mais elevada quando comparada à de subsuperfície.

Os compostos nitrogenados, nitrogênio total e nitrogênio total Kjeldahl apresentaram comportamentos similares, com o nitrogênio total apresentando valores ou pouco superiores ao Kjeldahl devido à soma de outras fontes nitrogenadas a seu resultado. Destaque para o ponto TLB-R subsuperficial na campanha de janeiro/2014 com 8,16 mg/l para nitrogênio total e Kjeldahl.

Oxigênio saturado e dissolvido também apresentaram resultados análogos, variando de anóxico nas amostragens de fundo a valores muito elevados nas determinações subsuperficiais, com índices de até 18,9 mg/l (OD) e 200,8 % (oxigênio saturado). Observa-se que a campanha de setembro/2013 expressou os resultados mais elevados neste quesito.

A média do pH no período compreendido neste relatório foi de 7,37, com máxima de 9,59 no ponto TLG subsuperficial no mês de setembro de 2013 e mínima de 5,22 no TLB-R subsuperficial no mês de fevereiro de 2014.

As temperaturas médias oscilaram de 22,9 °C em setembro/2013, 30,5 °C em janeiro/2014 e 26,3 °C em fevereiro/2014 com destaque para o ponto TLB-R subsuperficial que no mês de janeiro/2014 registrou 30,2 °C.

A transparência média no monitoramento dos pontos complementares foi de 1,08 m no mês de setembro/2013, 1,18 m em janeiro/2014 e 1,73 m no mês de fevereiro/2014. A média para o período foi de 1,33 m.

Com relação ao fitoplâncton, evidencia-se que a maior densidade ocorreu no mês de janeiro/2014 nas amostragens na zona subsuperficial, com média de 594 ind-cel/L, sendo que neste mês não houve detecção

de organismos planctônicos nas amostras de profundidade. Destaque para o ponto TLG com 1496 ind-cel/L para o mesmo mês.

As cianobactérias foram detectadas apenas nos meses de janeiro e fevereiro de 2014 nos pontos TLG e TLB-R na faixa subsuperficial, em concentrações com amplitude entre 13 cel/ml e 598 cel/ml. Se comparados com a legislação de águas superficiais, os resultados estariam em conformidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os limites da legislação foram atendidos para a maioria dos parâmetros em águas superficiais, com exceção para o fósforo que se apresentou em desconformidade para ambientes lóticos em 55% dos pontos e para ambientes lênticos em alguns pontos. Os coliformes termotolerantes também tiveram resultados desconformes para ambientes lóticos em alguns pontos especificamente (TAr, TIn e TJC).

A turbidez em ambientes lóticos teve aproximadamente 80% dos pontos em conformidade, e a DBO<sub>5</sub> em ambientes lênticos apresentou 11% dos resultados fora dos padrões da legislação. Verificou-se também índices elevados para condutividade e dureza nos pontos TAr e TLB.

Os valores mais elevados de oxigênio dissolvido e pH observados em alguns pontos podem estar relacionados a atividade do fitoplâncton, pois um corpo d'água com crescimento excessivo de algas pode apresentar, durante o período diurno, concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C.

Quanto aos agrotóxicos fipronil e glifosato não foram detectados no período compreendido neste relatório, tanto pra ambientes lênticos quanto lóticos.

Os resultados do índice de estado trófico (IET) classificaram cerca de 74% dos pontos monitorados na categoria mesotrófica (produtividade intermediária) e oligotrófica (baixa produtividade). Apenas 12% foram classificados na categoria eutrófica (alta produtividade com possibilidade de floração de algas), influenciado pelos valores elevados tanto de fósforo quanto de clorofila.

O índice de qualidade da água (IQA) revelou que 93% da rede de monitoramento possuem qualidade da água Boa (74%) ou Ótima (19%). Exceção para os pontos TAr, TIn e TJC, que na campanha de outubro/2013, foram classificados na categoria Regular.

Os resultados para IQAR - Índice de Qualidade da Água de Reservatórios classificaram os pontos analisados entre as Classes II (pouco degradada) e Classe III (moderadamente degradada), com média geral no período dos três pontos de análise (UCa, UCe e UAc) de 67% na Classe III.

O monitoramento mensal dos perfis de coluna d'água realizado nos três pontos do reservatório (UCa, UCe e UAc), apresentou de maneira geral um cenário similar entre os pontos, apresentando um perfil desestratificado na maioria das campanhas, salvo algumas exceções como ponto UCa (dezembro/2013) e UAc (novembro/2013) com acentuada depleção de oxigênio dissolvido na faixa da zona eufótica (aproximadamente 5 metros de profundidade). Nos demais pontos onde houve uma pequena depleção de OD, a faixa onde é evidenciada é basicamente 5 metros de profundidade. Apenas no mês de fevereiro/2014 no ponto UAc essa redução ocorreu de forma diferenciada, com maior intensidade até 20 metros, e estabilizando termoclinamente na faixa entre 20 metros e fundo.

Em relação aos níveis de metais encontrados nos sedimentos, dentre aqueles que possuem valores preconizados na Resolução Conama 454/12, o cobre ultrapassou o Nível 2 nos pontos UCa (dezembro/2013) e UCe (outubro/2013), e o zinco também apresentou-se acima do limite superior estabelecido nos pontos UCa (todas as campanhas) e UCe (outubro/2013 e fevereiro/2014). Este nível pode estar associado a frequentes efeitos biológicos adversos aos organismos. No ponto UJu1 (jusante da barragem) não foi encontrado sedimento. O cromo apresentou valores entre os Níveis 1 e 2, destaque para o ponto UCe com os maiores índices nas 3 campanhas realizadas.

Com relação à comunidade fitoplanctônica, as maiores densidades foram registradas nos ambientes lênticos. Nos três pontos do corpo principal do reservatório verifica-se o predomínio da classe Dinophyceae, representada com maior frequência pela espécie *Ceratium*. Entre os ambientes lóticos há maior diversidade de classes, sendo as mesmas registradas ao longo do reservatório, porém com maior densidade da classe Cyanophyceae. Destaca-se que as cianobactérias foram detectadas em valores conformes ao limite preconizado na legislação (50.000 cél/mL).

Quanto ao zooplâncton, tanto nos pontos lênticos quanto nos lóticos nota-se maior densidade dos rotíferos.

### Monitoramento Complementar

Os resultados das três campanhas compreendidas apresentam índices satisfatórios para parâmetros como nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fosfato total e outras variáveis como condutividade, pH, temperatura da água e transparência.

Evidencia-se na campanha de setembro de 2013, elevada atividade planctônica devido aos altos níveis de oxigênio dissolvido e saturado, além de pH elevado, detectados nos pontos de amostragem, em toda a coluna d'água, com valores mais elevados na faixa de subsuperfície. Esta condição de supersaturação pode estar associada à fertilização hídrica por descargas orgânicas. Parâmetros indicadores como DBO<sub>5</sub> e DQO exibiram resultados elevados neste período, principalmente no ponto TLB-R.

De maneira geral o ponto TLG (tributário Lajeado Grande) apresenta um cenário distinto dos demais, pois apresentou em todas as campanhas, condições propícias para a atividade plactônica, sendo o ponto com maior densidade total, com predominância da *Dinophyceae Ceratium sp.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Ed.** Washington, DC: APHA, 1998.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 454 de 01 de novembro de 2012.** Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E.L.G. *Limnologia Fluvial: Um Estudo do Rio Mogi-Guaçu.* São Carlos-SP: RiMa, 2003.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2006.** São Paulo: CETESB, 2007. Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103.

\_\_\_\_\_, São Paulo. *Água: rios e reservatórios.* Disponível em: <<http://www.cetesb.com.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2012.

CETESB, São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo - avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo: 2004. Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

MATSUMURA-TUNDISI, T; TUNDISI, JG; LUZIA, AP and DEGANI, RM. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.* [online]. 2010, vol.70, n.3, suppl., pp. 825-829. ISSN 1519-6984.

SANTOS-WISNIEWSKI, MJ, SILVA, LC, LEONE, IC, Laudares-SILVA, R. & ROCHA, O. 2007. **Primeiro registro de ocorrência de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, uma espécie invasora na usina hidrelétrica de Furnas Reservoir, MG, Brasil.** *Braz. J. Biol.* 67 (4) :791-793.

SILVA, Lidiane Cristina da et al. **Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables.** *Biota Neotrop.* [online]. 2012, vol.12, n.2, pp. 93-100. ISSN 1676-0603.

## APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO

A seguir são apresentadas fotografias das campanhas realizadas entre setembro de 2013 a abril de 2014.

### A.1. OUTUBRO 2013 – 18ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-I: Amostragem de água no ponto TAr (Rio Ariranha), em 04/10/2013.



Figura A-II: Determinação dos parâmetros de profundidade no ponto UAç (reservatório, próximo ao barramento), em 02/10/2013.



Figura A-III: Determinação da transparência da água no ponto UCe (reservatório, região central), em 03/10/2013.



Figura A-IV: Determinação dos parâmetros superficiais no ponto TJC (Rio Chapecó), em 02/10/2013.



Figura A-VI: Amostragem de água no ponto UJu2 (Rio Uruguai, jusante da casa de força da UHE Foz do Chapecó), em 02/10/2013.

Figura A-VII: Amostragem de sedimentos no ponto UPb (reservatório, a jusante da UHE Itá), em 04/10/2013.

## A.2. DEZEMBRO 2013 – 19ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-V: Amostragem de plânctons no ponto TLB (Rio Lajeado Bonito), em 04/12/2013.

Figura A-VI: Amostragem de água no ponto TPF (Rio Passo Fundo), em 05/12/2013.



Figura A-VII: Amostragem de água de profundidade no ponto UCa (reservatório, região de cabeceira), em 05/12/2013.

Figura A-VIII: Amostragem de água no ponto UJu1 (após água vertida) em 04/12/2013.



Figura A-IX: Determinação da transparência da água no ponto TL (Rio

Figura A-X: Determinação de parâmetros superficiais no ponto TAr (Rio

Lambedor), em 05/12/2013.

Ariranha), em 06/12/2013.

### A.3. FEVEREIRO 2014 – 20ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM RESERVATÓRIO



Figura A-XI: Determinação de parâmetros superficiais no ponto TIn (Rio dos Índios) em 19/02/14.



Figura A-XII: Amostragem de plânctons de profundidade no ponto UCa (reservatório, região de cabeceira) em 19/02/14.



Figura A-XIII: Amostragem de água no ponto UAc (reservatório, próximo ao barramento) em 18/02/14.



Figura A-XIV: Determinação da transparência no ponto UJu1 (após água vertida) em 18/02/14.



Figura A-XV: Determinação de parâmetros superficiais no ponto TPF



Figura A-XVI: Amostragem de água no ponto Tlr (Rio Irani) em 20/02/14.

(Rio Passo Fundo) em 19/02/14.