



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS  
Coordenação de Energia Hidrelétrica

PAR. 02001.001904/2015-62 COHID/IBAMA

**Assunto:** Parecer para atendimento a Ordem de Serviço nº 01 de 2015  
CGENE/DILIC/IBAMA - Redução de vazão do Rio São Francisco e Floração de *C. furcoides*.

**Origem:** Coordenação de Energia Hidrelétrica

**Ementa:** Redução de vazão do Rio São Francisco e  
Floração de *C. furcoides*.

## 1. Introdução

O Presente Parecer tem por objetivo atender ao inciso I do artigo 1º da Ordem de Serviço 01/2015-CGENE/DILIC/IBAMA emitida pela Coordenação Geral de Energia Elétrica e Infraestrutura da Diretoria de Licenciamento Ambiental do Ibama e proceder análise sobre os relatórios de qualidade de água enviados pela CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco enviados no âmbito do licenciamento das UHEs Xingó e Do Complexo Paulo Afonso. Processos administrativos 40650.002018/88-11 e 02001 02001.001047/2000-14 respectivamente.

O Objetivo deste Parecer Técnico em conjunto com os outros dois produtos solicitados na Ordem de Serviço 01/2015-CGENE/IBAMA é prestar subsídios técnicos para auxiliar na investigação sobre a floração de *Ceratium furcoides* ocorrida no reservatório da UHE Xingó que impactou captações de abastecimento público de 9 cidades nos estados de Alagoas e Sergipe.

## 2. Análise

Devido aos gráficos e tabelas apresentadas neste documento não serem compatíveis com o sistema de documentação eletrônica do Ibama, a seção análise deste parecer será incluída como o Anexo 1.

## 3. Conclusão

Considerando (i) a complexidade envolvida em se correlacionar a redução de vazão praticada pela Chesf e a concentração de nutrientes ocorrida, (ii) a ausência de um monitoramento específico para a situação e (iii) a complexidade e ausência de tratamento estatísticos para a análise, este parecer apontará indícios do comportamento da qualidade das águas do rio São Francisco no local da ocorrência da floração de *C. furcoides*.

De acordo com os resultados apresentados, concluí-se que as águas do rio São Francisco apresentam valores para a concentração de fósforo total maiores que os valores estabelecidos pela Conama 357 de 2005 para águas enquadrada como classe 2 desde o início dos monitoramentos em 2007.

Com a redução de vazão para 1.100 m<sup>3</sup>/s, e posterior redução para 1.000 m<sup>3</sup>/s



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**  
**INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS**  
**Coordenação de Energia Hidrelétrica**

nos períodos de carga level, foram detectados valores de fósforo acima dos patamares obtidos nas campanhas de monitoramento com a vazão acima de 1300 m<sup>3</sup>/s. Entretanto este aumento na concentração de fósforo total detectado foi bem menor do que os valores encontrados pelos resultados do Relatório técnico do IMA que apontou concentração de fósforo em 0,81 mg/l na coluna d'água. Diante disto há um forte indício que somente a redução de vazão para 1100 m<sup>3</sup>/s ou 1000 m<sup>3</sup>/s não seria causa única para a ocorrência da floração de *C. furcoides* ocorrida.

De acordo com a análise de sedimentos realizadas nos monitoramentos limnológicos realizados pela Chesf, existe quantidade considerável de fósforo e nitrogênio nos sedimentos do reservatório Delmiro Gouveia. Vale ressaltar que os sedimentos encontrados no reservatório de Delmiro Gouveia apresentaram concentração maior de fósforo e nitrogênio que os sedimentos nas estações de monitoramento analisadas na proximidades da floração ocorrida na UHE Xingó. Uma análise mais detalhada da dinâmica de sedimentos será feita na entrega do terceiro produto da Ordem de Serviço 01/2015.

Após a elaboração deste Parecer Técnico está previsto a elaboração de mais documentos técnicos que trarão mais informações a respeito da floração de *C. furcoides* ocorrida.

Brasília, 19 de maio de 2015

**Marcelo Duarte da Fonseca**  
Analista Ambiental da COHID/IBAMA

# ANEXO 1

## 2. Análise

No primeiro momento desta análise será feita uma contextualização da mancha através dos resultados de uma análise de qualidade d'água enviada pelo IMA de Alagoas realizada nas proximidades da floração de *C. Furco ides*. No segundo momento serão analisados os resultados dos programas ambientais de monitoramento limnológico executados pela CHESF no âmbito do licenciamento ambiental da UHE Xingó e do Complexo de UHEs Paulo Afonso. Serão confrontados os dados do monitoramento executados pela CHESF em períodos de vazão superior a 1.300 m<sup>3</sup>/s com os resultados obtidos no monitoramento do período de redução de vazão para 1.100 m<sup>3</sup>/s e posteriormente a 1.000 m<sup>3</sup>/s em períodos de carga leve (domingos, feriados e dias úteis nos períodos de 0 a 7 h). O ponto de controle de vazão estabelecido foi a medida desta vazão na deltuência da UHE Xingó.

### 2.1. Floração de *Ceratium furcoides*

A Coordenação de Prevenção e Gestão de Riscos Ambientais informou a Diretoria de Licenciamento ambiental, por meio do memorando 02001.005305/2015-18 CPREV/IBAMA, o aparecimento de uma mancha escura nas águas do reservatório da UHE Xingó. De acordo com relatório de vistoria da equipe de emergências ambientais, a mancha está atingiu extensão aproximada de 35 Km, com início na coordenada geográfica S 09° 26' 33,5" / W 038° 08' 55,4" e término na coordenada geográfica S 09° 32' 38,6" / W 037° 53' 24,1" demonstrando variação de coloração. Esta mancha se dispersou pelo rio no canal principal do reservatório de Xingó e em seus braços. A localização da mancha pode ser visualizada na foto abaixo:



Figura 1 – Localização da floração de microalgas no reservatório da UHE Xingó (linha em vermelho).

Foram feitas análises e foi identificado que a mancha nas águas do rio São Francisco foi causada por uma floração da microalga *C. furcoides*.

A Chesf enviou ao Ibama por meio da Carta CE-DO-12/2015 um laudo de análise que confirmou a dominância do *C. furcoides* em amostras de água da mancha em concentração de 1833 indivíduos/ml.

O *C. furcoides* é um dinoflagelado que normalmente habita ambientes marinhos, sendo encontrados em menor frequência em ecossistemas de água doce. O *C. furcoides* tem sido considerado como espécie invasora em ambientes tropicais e subtropicais (SILVA et al., 2012).

Essa espécie é capaz de formar florações porque é dotada de relativa mobilidade, resistindo à sedimentação. Ela tende a ocupar camadas superficiais da coluna d'água e otimizando a utilização de recursos ambientais como luz e nutrientes (DONAGH et al., 2005). As florações de *C. furcoides* não apresentam produções de toxinas, mas podem causar anóxia ao ambiente, podendo levar a morte de peixes pela falta de oxigênio.

Conforme o relatório da equipe de emergências ambientais, não foi detectada a produção de toxinas pela floração, mas mesmo assim foi interrompido o funcionamento de 2 captações de água em decorrência da floração ocorrida impedir o processo convencional para tratamento da água para consumo humano. Uma das captações interrompidas abastece o município de Olho d'água do Casado e uma outra em Delmiro Gouveia (que abastece oito cidades). No momento o abastecimento de água das cidades impactadas já foi reestabelecido.

Diante da floração ocorrida, a Diretoria de Laboratório de Estudos Ambientais – DILAB do Instituto de Meio Ambiente de Alagoas – IMA emite um Relatório Técnico contendo análises de vinte parâmetros analíticos físico-químicas e um parâmetro microbiológico. Destas amostras, duas foram coletadas no reservatório de Xingó e uma em um ponto no reservatório Delmiro Gouveia. Conforme o Relatório Técnico do IMA, os pontos de coletas eram:

- P<sub>1</sub> = Água de superfície da calha principal do Rio São Francisco/Captação CASAL. Coordenadas geográfica (Latitude 09°27'53,3" S e Longitude 038°02'01,5" W);
- P<sub>2</sub> = Água de fundo da calha principal do Rio São Francisco/Captação CASAL. Coordenadas geográfica (Latitude 09°27'53,3" S e Longitude 038°02'01,5" W); e
- P<sub>3</sub> = Água de superfície da Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere) /Captação da CASAL. Coordenadas geográfica (Latitude 09°27'53,3" e Longitude 038°02'01,5" W).

A Tabela 1 foi retirada do Relatório Técnico do IMA e mostra os resultados das análises das amostras de água coletadas.

Tabela 1 – Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas das águas do rio São Francisco e Barragem de Apolônio Sales (Delmiro Gouveia ou Belvedere) /Captação da CASAL

Parâmetros analíticos	Padrões Especificados na Resolução CONAMA 357/2005, Águas Doces de Classe 2.	Resultados / Amostras		
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Coliformes Termotolerantes (Fecais) R	Até 1.000 NMP/100 ml	< 18	*	<b>3.500</b>
Cloretos	Até 250 mg/L Cl <sup>-</sup>	2,40	2,88	3,36
Clorofila-a	30 µg/L	<b>36,0</b>	2,41	1,23
Condutividade elétrica	≅ S/cm (ne)	75	68	65
DBO <sub>5</sub> <sup>20</sup>	Até 5,0 mg/L O <sub>2</sub>	7,0	< 2	3
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	45,60	22,80	30,40
Ferro Total	NE	0,32	0,57	0,29
Fósforo Total	Até 0,030 mg/L <sup>1</sup> Até 0,050 mg/L <sup>2</sup>	<b>0,81</b>	<b>0,03</b>	<b>0,20</b>
Nitrato	Até 10 mg/L N	0,86	0,32	0,11
Nitrito	Até 1,0 mg/L N	0,11	< 0,1	< 0,1
Nitrogênio Total Kjeldhal - TKN	mg/L N (ne)	7,65	2,56	1,26
		7,65	2,56	1,26
Oxigênio Dissolvido (OD)	≥ 5,0 mg/L O <sub>2</sub>	11,69	5,99	6,40
pH	6,0 a 9,0	6,42	7,06	7,71
Sabor/odor	NE	CP	SC	SC
Salinidade	Até 0,5 ‰, águas doces; Entre 0,5 e 30 ‰, águas salobras; Maior 30 ‰, águas salinas.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	Até 500 mg/L	49,0	44,0	42,0
Sólidos Totais Suspensos (STS)	mg/L	21,0	5,0	0,67
Sulfeto (H <sub>2</sub> S)	0,002mg/L S	3,21	0,36	0,21
Temperatura	NE - °C	29,89	29,30	29,86
Transparência – Disco de Secchi	m	*	2,50	*
Turbidez	Até 100 UNT	15,3	6,59	1,68

**LEGENDA:**

CP = Característico de peixe

SC = Sem caracterização

NMP/100 mL = Número Mais provável por cem mililitros

°C = Graus centígrados

NE = Não Especificado

UNT = Unidade nefelométrica de turbidez

mg/L = Miligrama por litro

De acordo com as análises realizadas pela equipe do IMA e exposto no Relatório Técnico

enviado ao Ibama, o ambiente das águas do Rio São Francisco no local da mancha foi considerada como hipereutrófico, indicando degradação ambiental.

Observando os resultados dos parâmetros físico-químicos, constata-se que os níveis de fósforo e nitrogênio no ambiente estão elevados, principalmente na amostra que foi coletada na superfície do ponto próximo a captação da CASAL (P1). O parâmetro clorofila-a também foi elevado, o que já era de se esperar devido à floração das algas.

Diante dos resultados emitidos pelo IMA, foram detectados valores muito altos de fósforo total e consideráveis cargas de nitrogênio na região afetada pela mancha, sendo este excesso de nutrientes dissolvidos na coluna d'água o fator que viabilizou a floração de *C. furcoides*

## **2.2 Monitoramento da Qualidade da Água executados como Subprograma do Programa Inventário dos Ecossistemas Aquáticos do Rio São Francisco (vazão defluente da UHE Xingó em 1300 m<sup>3</sup>/s)**

No âmbito do Licenciamento ambiental do Complexo Paulo Afonso e da UHE Xingó, a Chesf executa o Programa de Inventário dos Ecossistemas Aquáticos. No âmbito deste programa, foram executados, entre os anos de 2008 e 2010, monitoramento da qualidade de água e de comunidades aquáticas na região dos reservatórios citados. Vale ressaltar que nestes anos a vazão mínima praticada no rio São Francisco foi sempre superior a 1300 m<sup>3</sup>/s.

### **2.2.1. Monitoramento Limnológico da UHE Xingó (vazão defluente da UHE Xingó acima de 1300 m<sup>3</sup>/s)**

No escopo do Monitoramento Limnológico desenvolvido para a UHE Xingó e para o trecho livre de rio até a final do baixo São Francisco, o programa de monitoramento limnológico desenvolvido pela Chesf conta com 11 estações de monitoramento no reservatório da UHE Xingó, onde são medidos os parâmetros limnológicos: temperatura, oxigênio dissolvido, DQO, gases totais dissolvidos, pH, alcalinidade e dureza totais, cálcio e magnésio, Condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, cloretos e silicatos, transparência, zona eufótica, coeficiente de extinção vertical e radiação subaquática, turbidez e sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo. Também são feitas análises de parâmetros microbiológicos para monitoramento de: fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos. São realizadas amostras de superfície e de fundo. A metodologia utilizada é descrita com detalhes nos relatórios do programa ambiental em questão.



A localização das estações de monitoramento é mostrada no mapa abaixo:



Figura 2 – Estações do monitoramento de qualidade de água da UHE Xingó

Os resultados do monitoramento de qualidade de água executado pela Chesf foram entregues em formato de box plot e são mostrados abaixo para os parâmetros nitrato e fósforo total. Cada parâmetro analisado foi medido em 4 campanhas anuais para contemplar um ciclo hidrológico completo (seca, enchente, cheia e vazante).

Resultados para as campanhas de monitoramento do ano de 2008

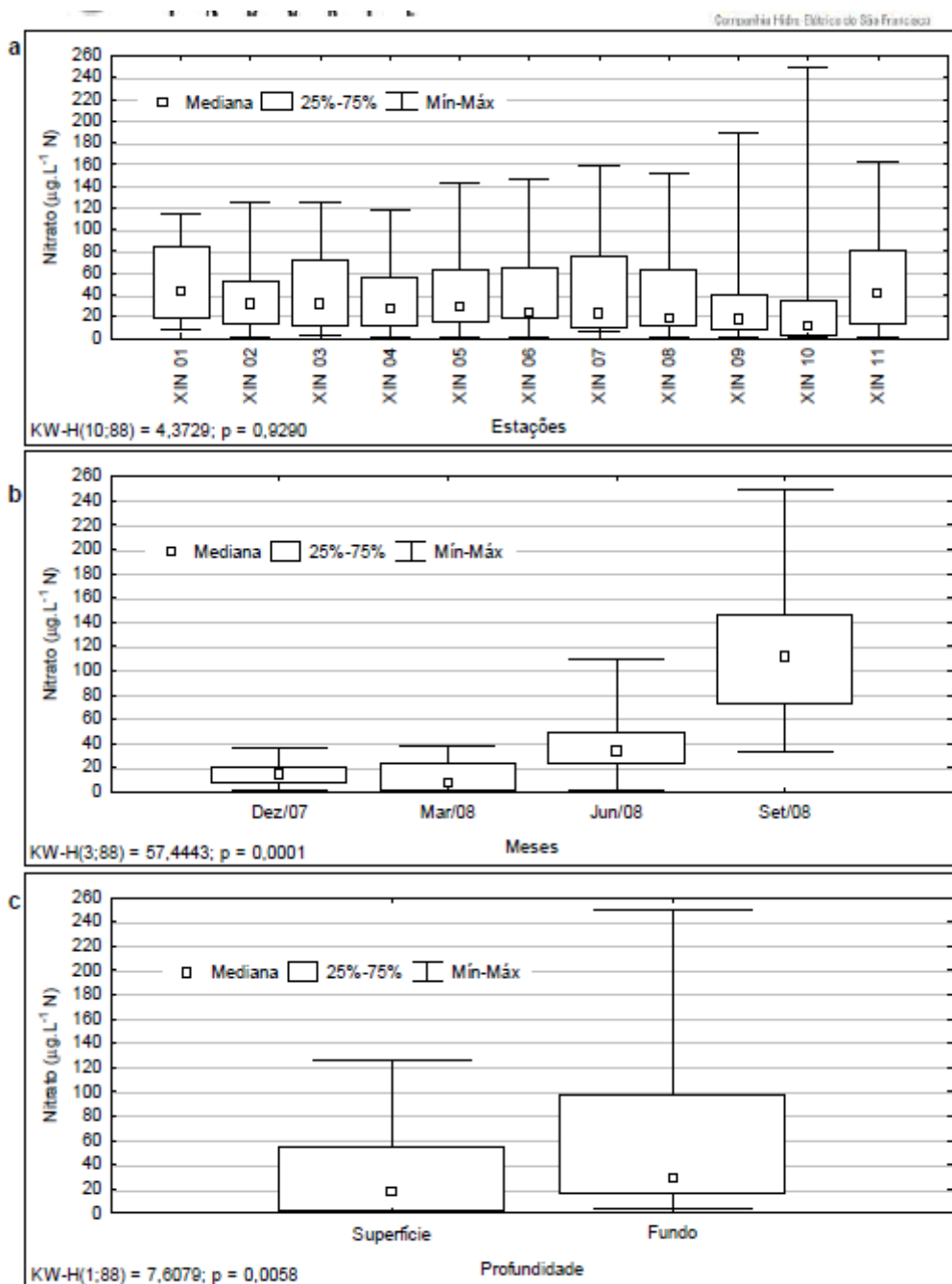


Figura 3 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para nitrato



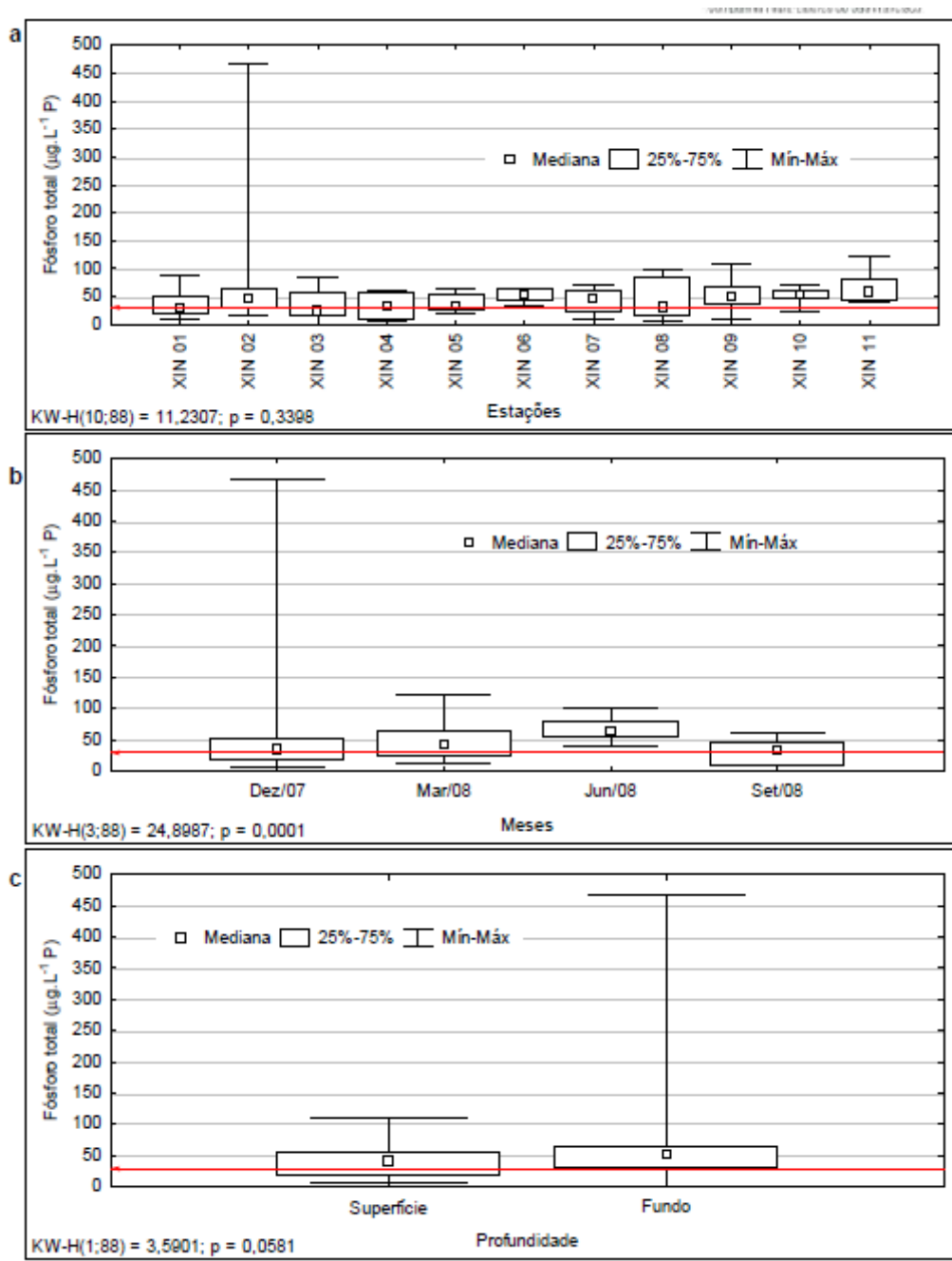


Figura 4 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para fósforo total

Resultados para as campanhas de monitoramento do ano de 2009

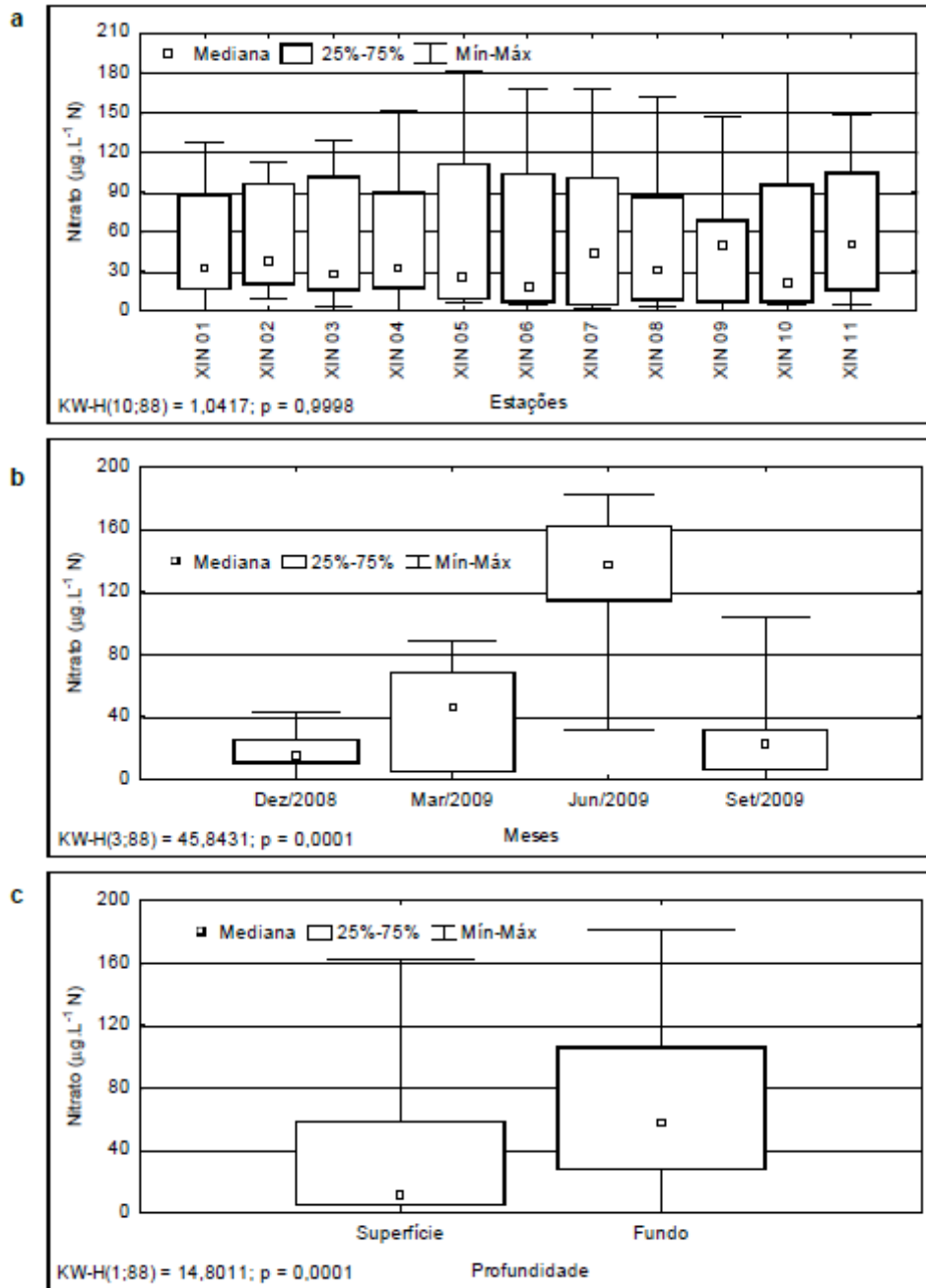


Figura 5 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para nitrato

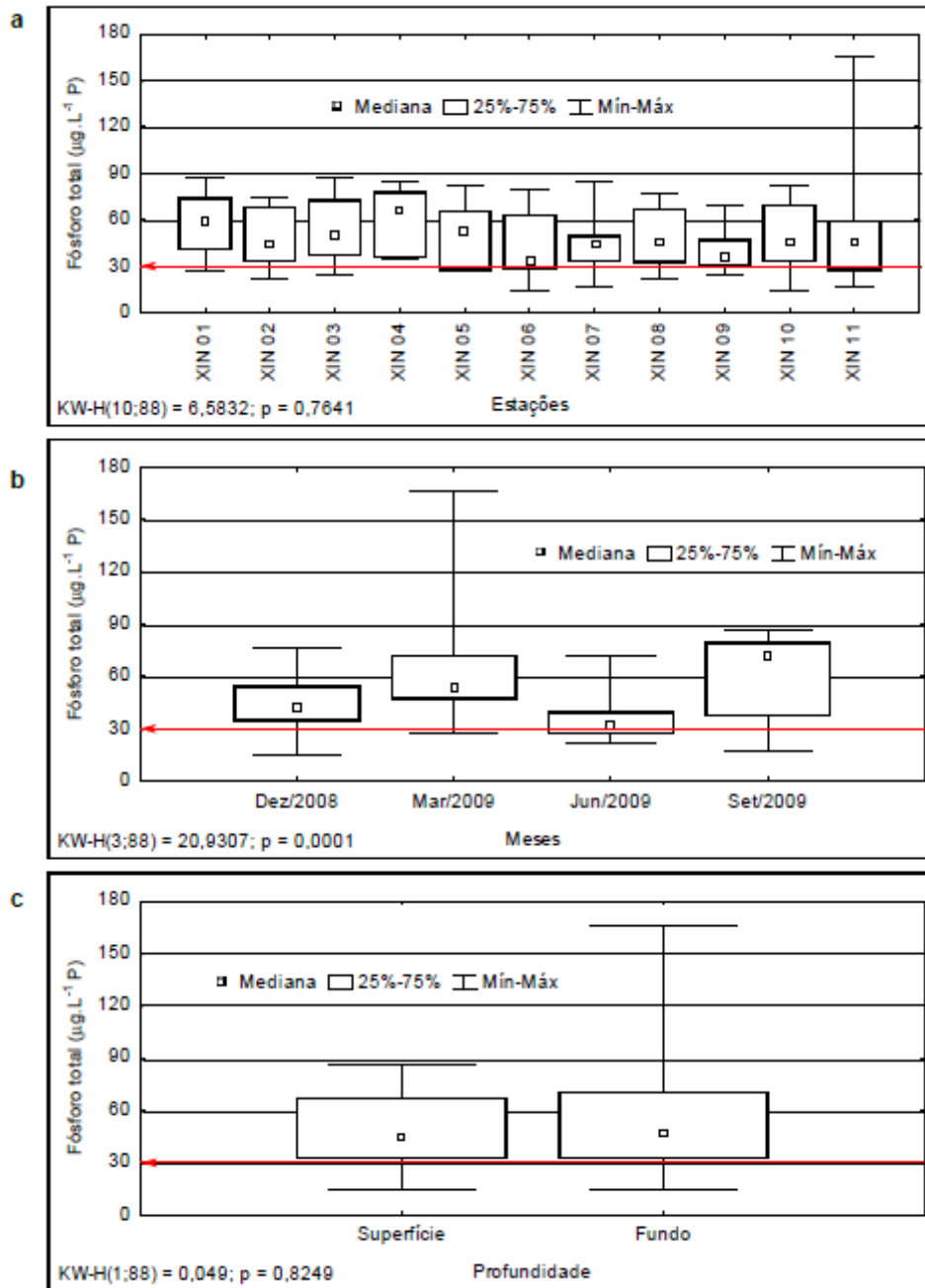


Figura 6 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para fósforo total

Resultados para as campanhas de monitoramento do ano de 2010

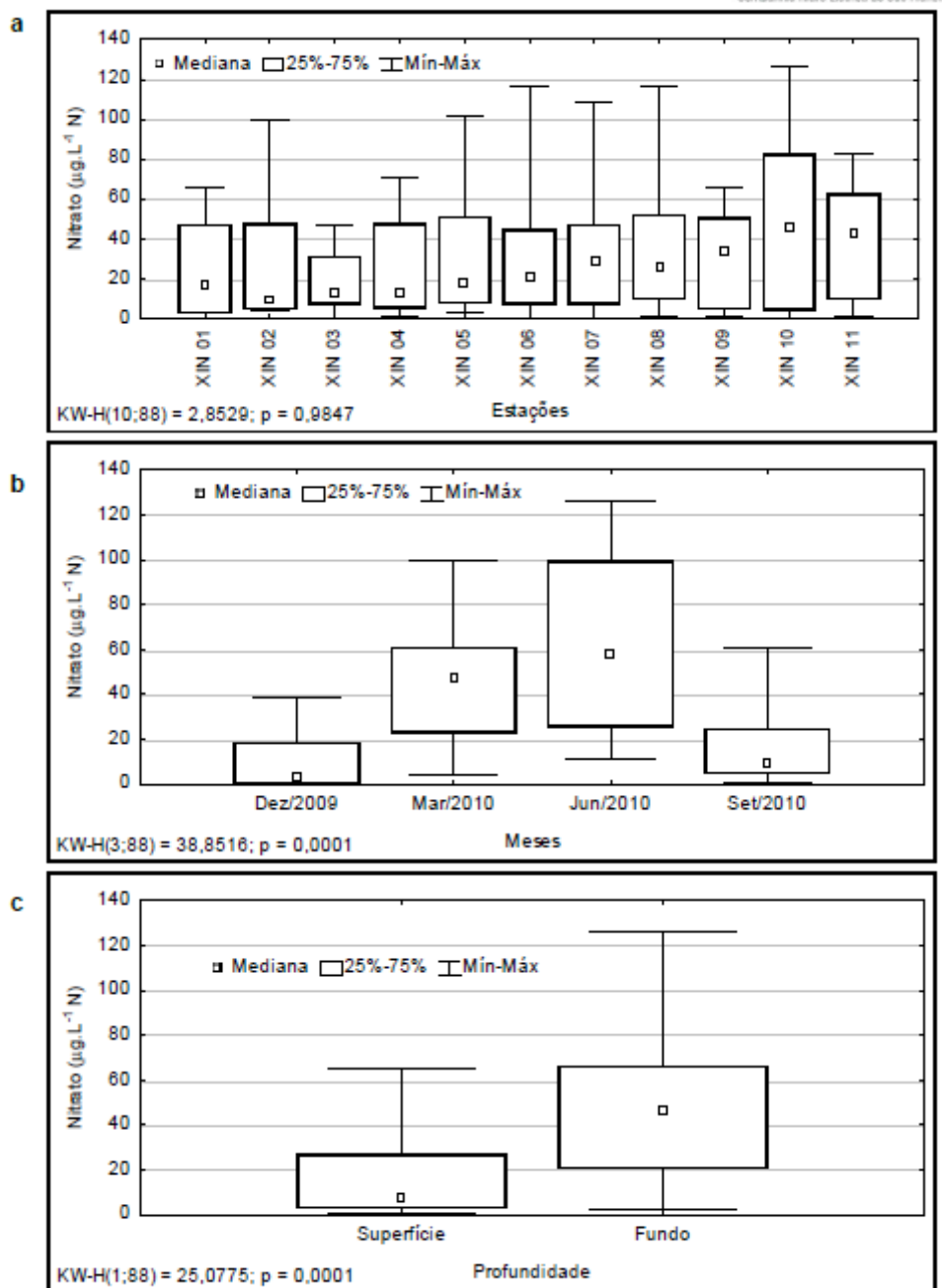


Figura 7 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para nitrato

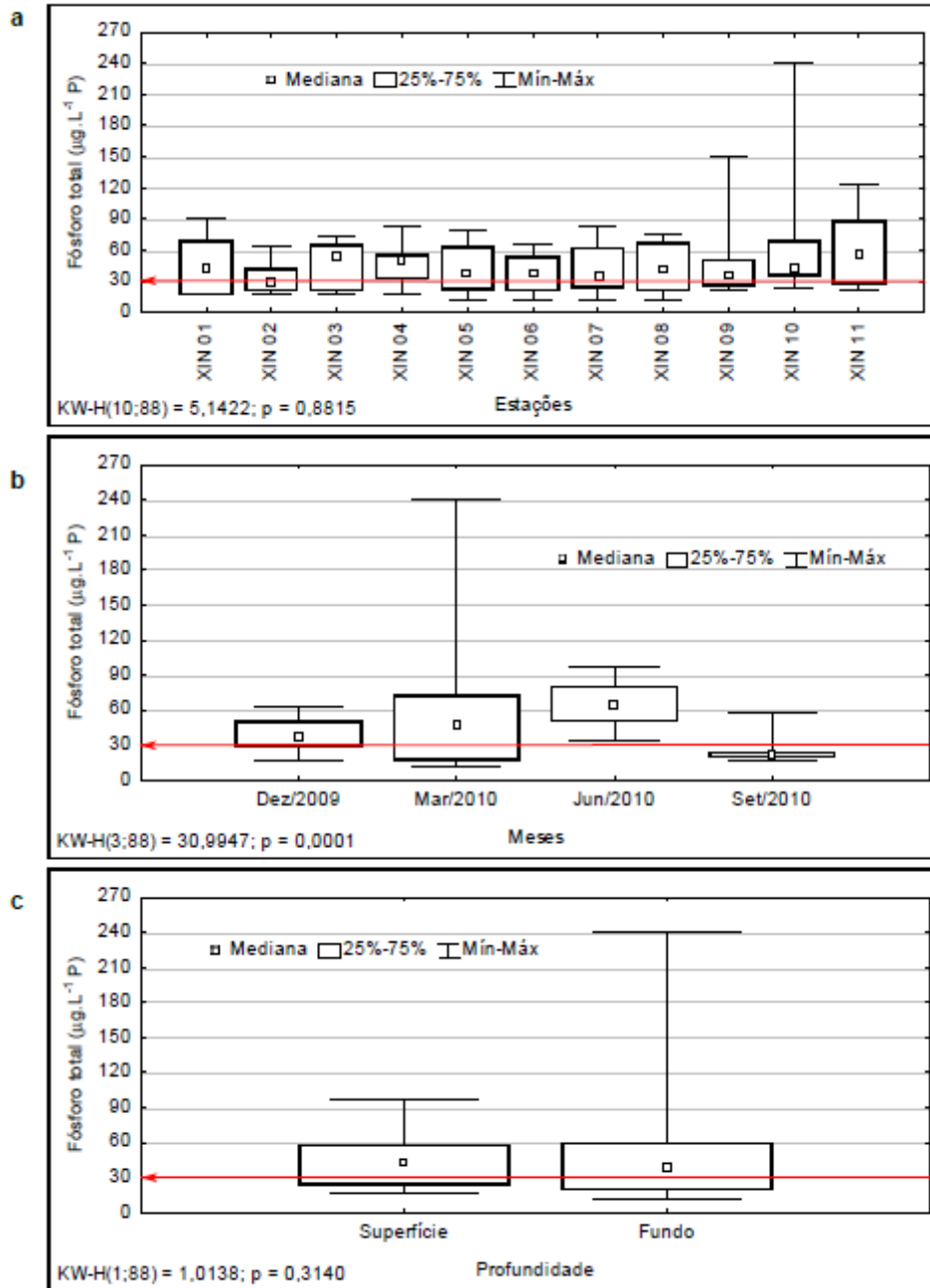


Figura 8 – Monitoramento limnológico da UHE Xingó, resultados para fósforo total

## 2.2.2. Monitoramento Limnológico do Complexo Paulo Afonso

De maneira semelhante ao monitoramento limnológico da UHE Xingó, também é desenvolvido um monitoramento da qualidade de água para o Complexo Hidrelétrico Paulo Afonso e seus reservatórios. Com o intuito de avaliar o comprometimento das águas do Rio São Francisco nas proximidades da mancha causada pela floração de *C. furcoides*, também será realizada uma discussão sobre os resultados para o monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso.

Para o complexo Paulo Afonso a Chesf monitora os mesmos parâmetros analisados na UHE Xingó. Neste Monitoramento foram definidas 15 estações para monitoramento de limnológico.

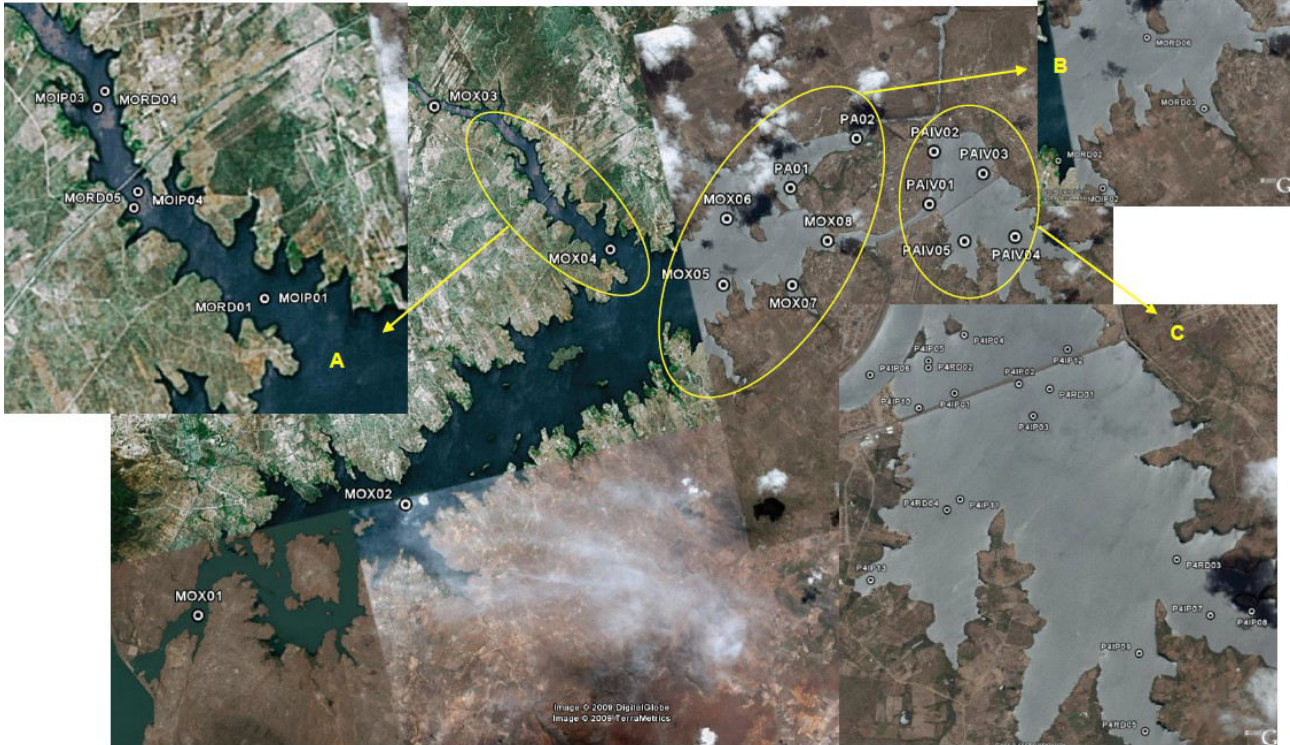


Figura 9 – Localização das estações de monitoramento de qualidade de água do Complexo de UHEs Paulo Afonso

Resultados de análises do ano de 2008

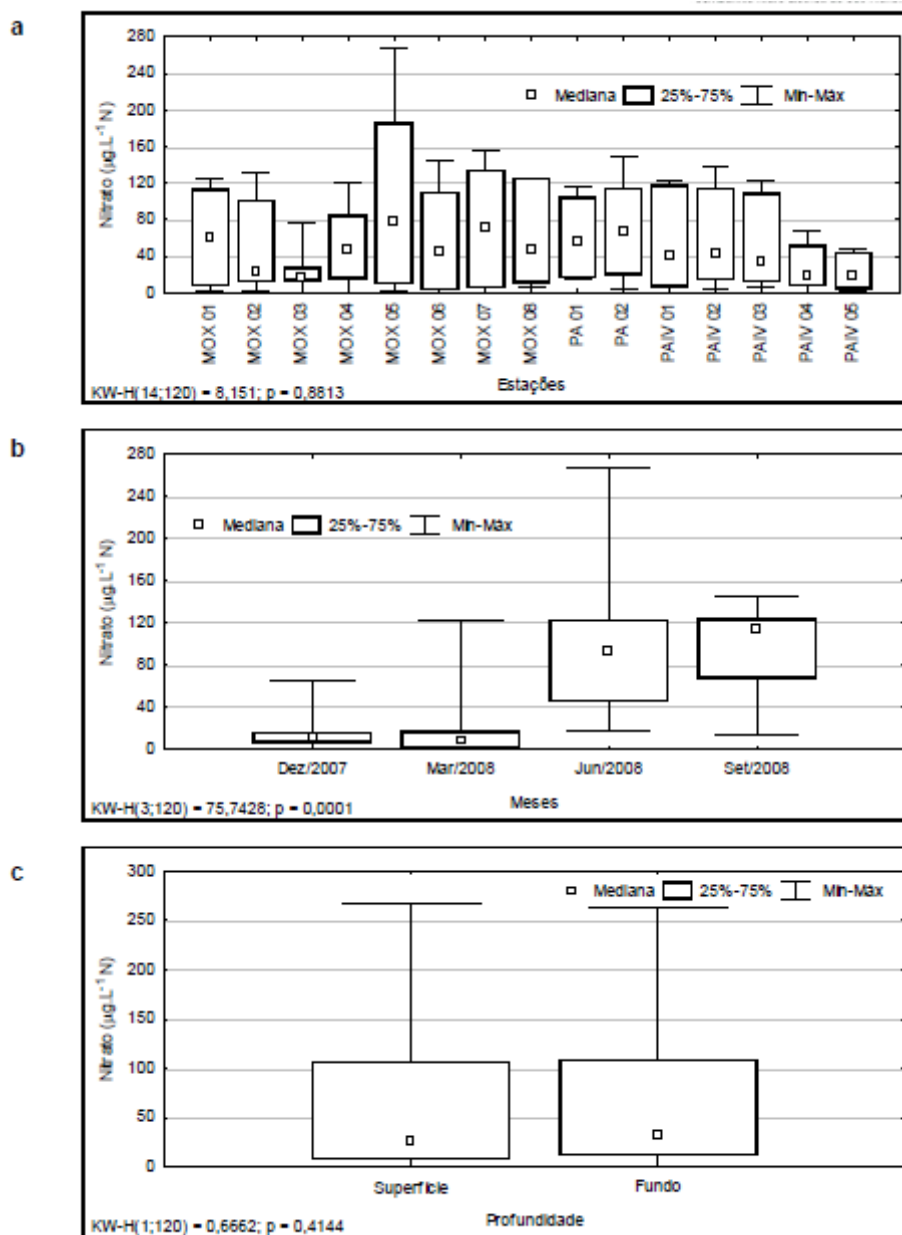


Figura 10 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para nitrato



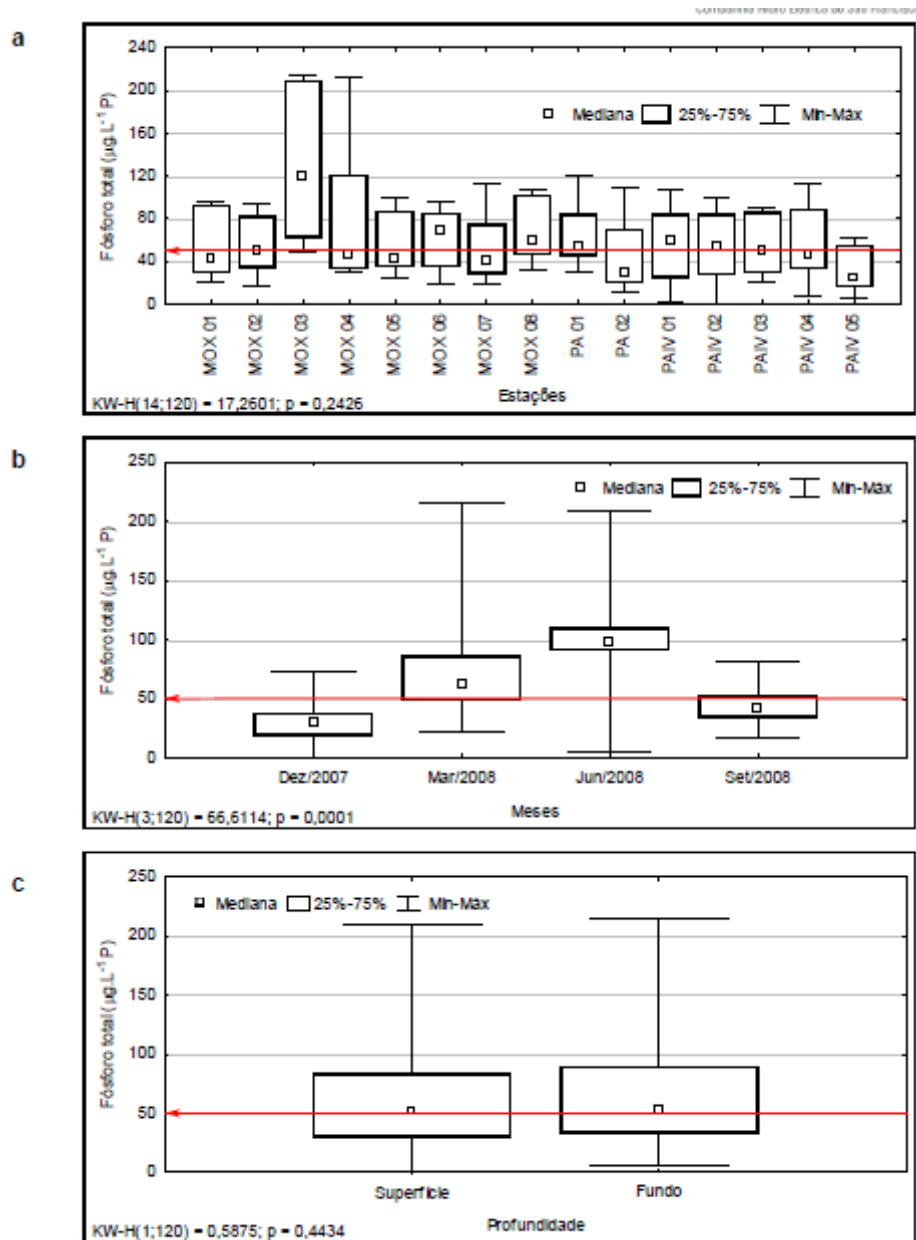


Figura 11 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para fósforo total

Resultados das campanhas de monitoramento do ano de 2009

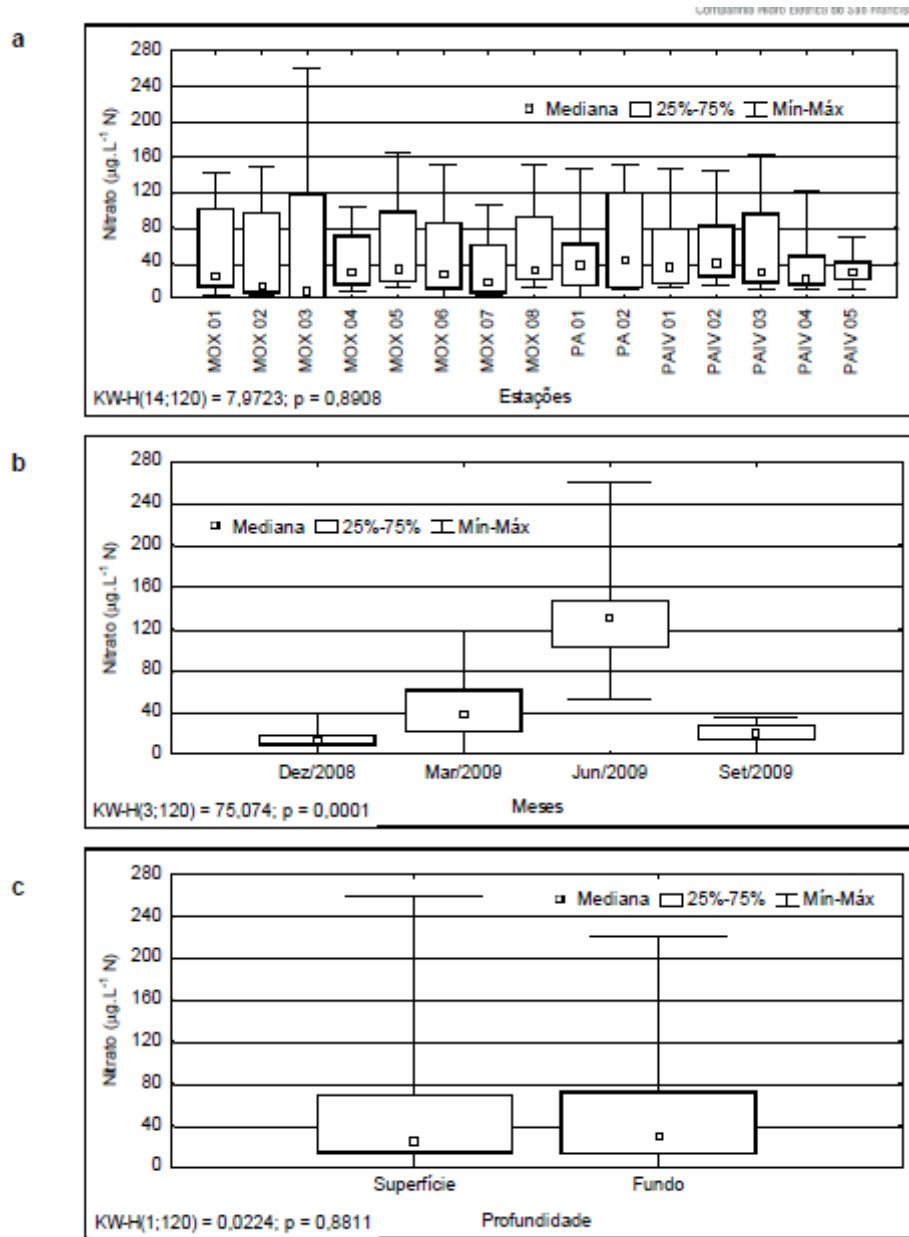


Figura 12 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para nitrato

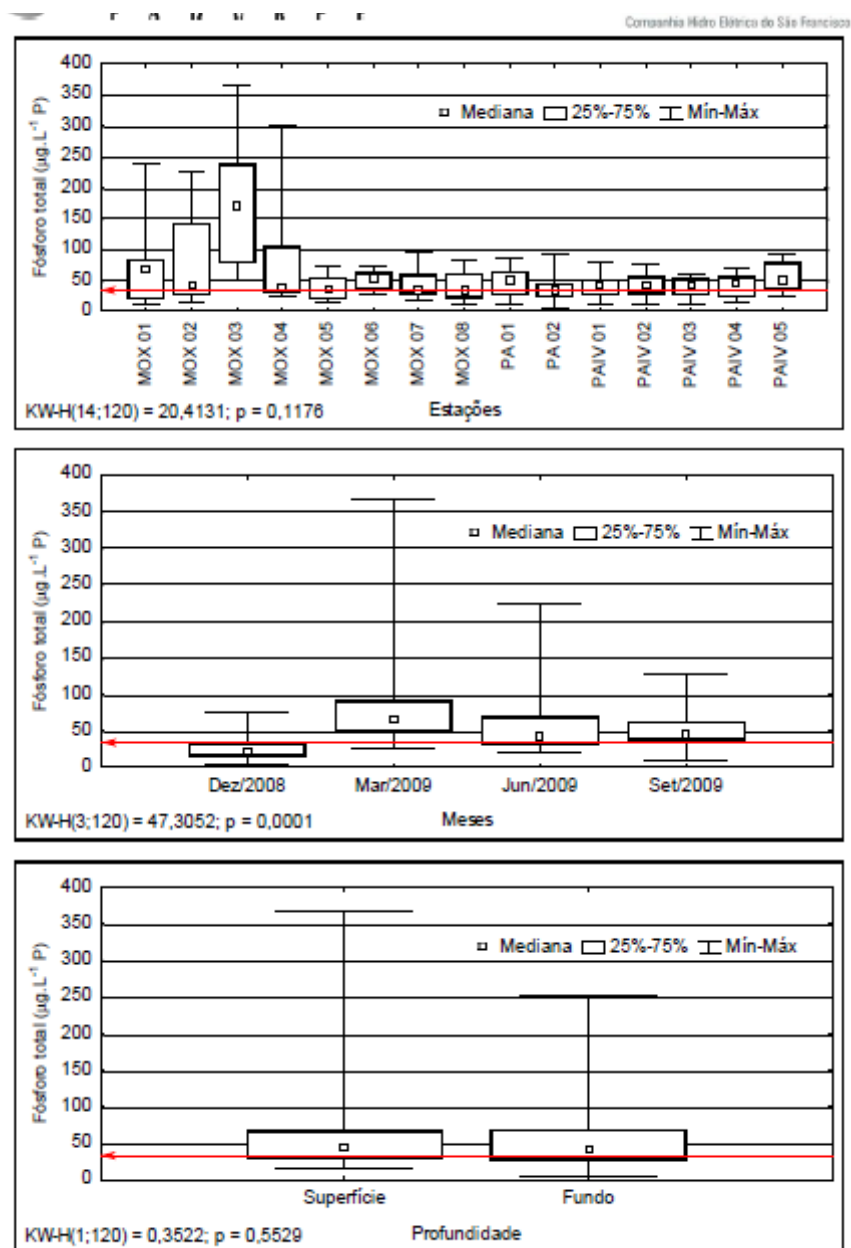


Figura 13 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para fósforo total

Resultados das campanhas do Ano de 2010

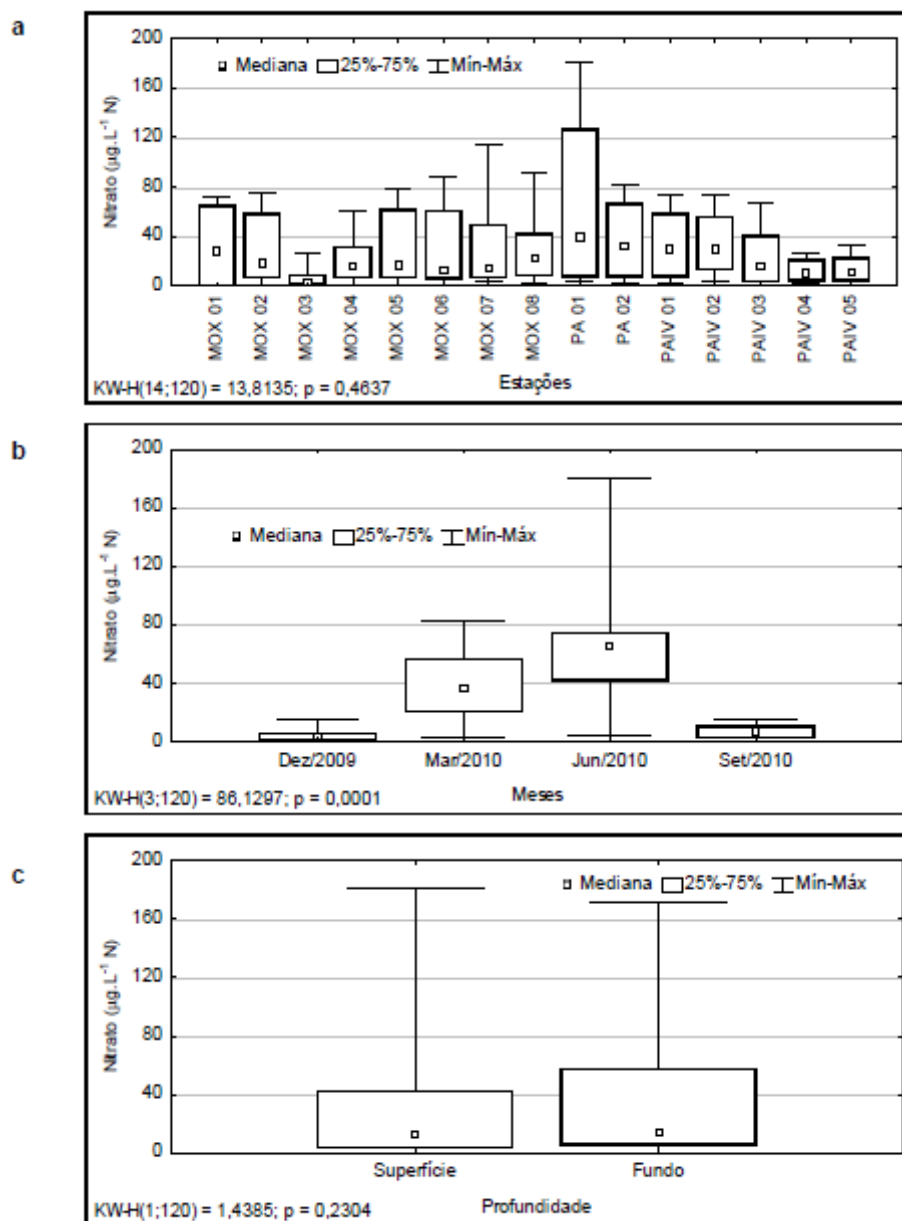


Figura 14 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para nitrato

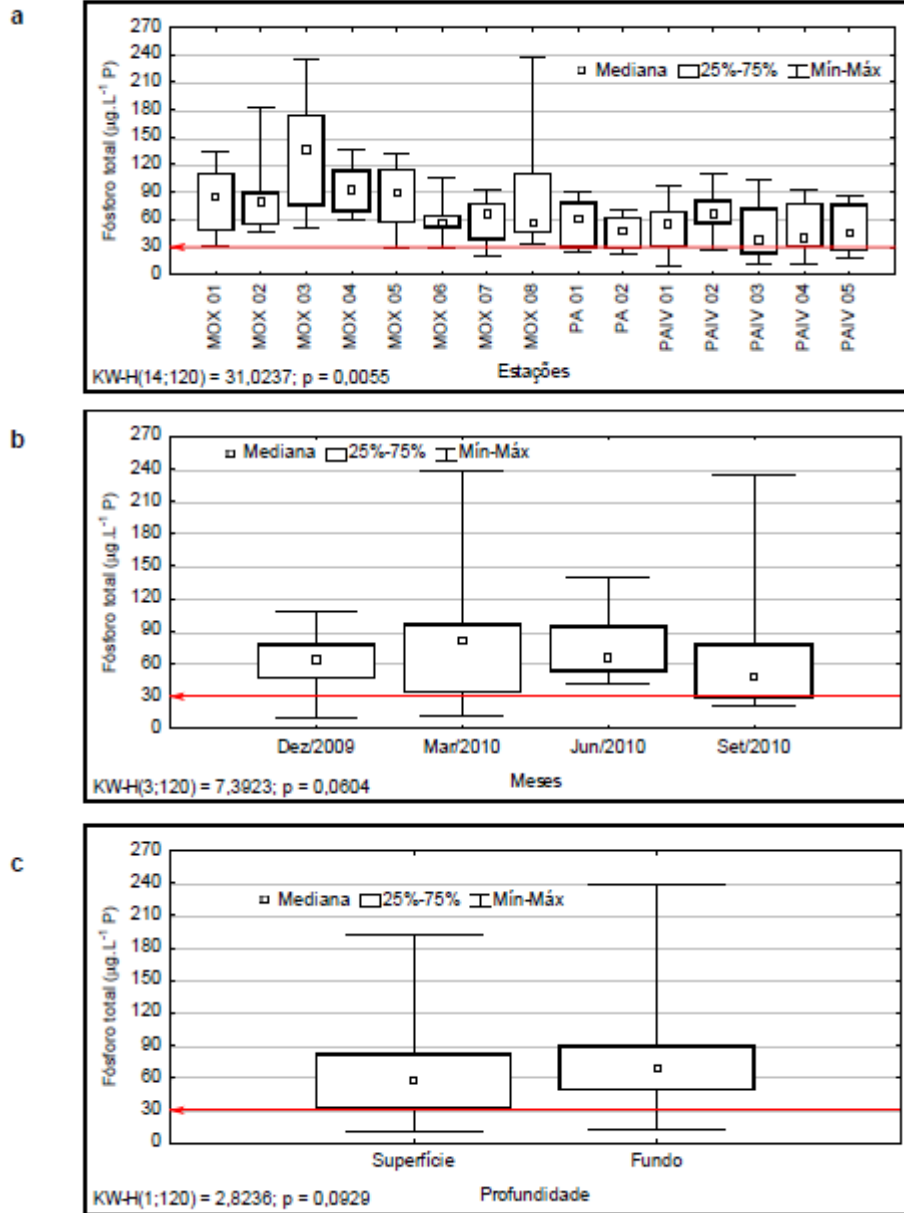


Figura 15 – Monitoramento limnológico do Complexo de UHEs Paulo, resultados para fósforo total

### **2.2.3. Monitoramento do Período de vazão reduzida (Redução de vazão para 1.100 m<sup>3</sup>/s, e posteriormente para 11000 m<sup>3</sup>/s com 1000 m<sup>3</sup>/s nos períodos de carga leve).**

meio da autorização Especial 01/2013 foi permitido que a Chesf reduzisse a vazão do rio São Francisco, para 1.100 m<sup>3</sup>/s medidos na defluência da UHE Xingó. Apesar da redução de vazão ser medida em Xingó, o controle de vazão do Rio São Francisco é feito principalmente na defluência das UHEs Sobradinho e Itaparica.

Com o intuito de avaliar os impactos ambientais da Redução de Vazão, foi solicitado à Chesf no âmbito da Autorização Especial 01 de 2013 que fizesse um monitoramento limnológico. Foi determinado que a Chesf execute um monitoramento de qualidade de água no Rio São Francisco a jusante da UHE Sobradinho.

O monitoramento limnológico para o período de vazão reduzida contempla algumas das estações já monitoradas nos programas regulares da Chesf, portanto para a análise deste Parecer, na discussão dos resultados será dado ênfase as estações que estão localizadas no reservatório da UHE Xingó (em especial as estações XIN 01 e XIN 04 e XIN 11) e as localizadas nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso (MOX 02, MOX 03, MOX 04, MO PI 09 e PAIV 01).

Em 20 de março de 2015, o Ibama retifica a autorização 01/2013 e permite a redução de vazão até os valores mínimos de 1.100 m<sup>3</sup>/s e 1.000 m<sup>3</sup>/s nos períodos de carga leve (domingos, feriados e nos demais dias das 0 h as 7 h).

As tabelas 2 e 3 mostra os valores obtidos nas campanhas de monitoramento executadas pela Chesf.

Tabela 2 – Monitoramento da concentração de fósforo na água para o período de vazão reduzida

Monitoramento de Fósforo total Total para o período de vazão reduzida ( $\mu\text{g/L}$ )								
	MOX 02	MOX 03	MOX 04	MOPI 09	PA IV 01	XIN 01	XIN 04	XIN 10
Jun – 13	18,025	56,650	43,775	25,750	43,775	30,900	10,300	56,650
Jul – 13	12,875	30,900	12,875	10,300	37,338	20,600	38,625	56,650
Ago - 13	10,300	28,325	20,600	28,325	92,700	28,325	51,500	74,675
Set - 13	36,050	38,625	43,775	30,900	41,200	48,925	48,925	72,100
Out - 13	18,025	23,175	18,025	41,200	61,800	38,625	56,650	118,450
Nov - 13	23,175	25,750	43,775	20,600	77,250	38,625	18,025	90,125
Dez - 13	18,025	23,175	18,025	41,200	61,800	38,625	56,650	118,450
Jan - 14	23,175	25,750	43,775	20,600	77,250	38,625	18,025	90,125
Fev - 14	23,175	23,175	69,525	2,575	15,450	25,750	28,325	25,750
Mar - 14	20,600	46,350	51,500	38,625	30,900	48,925	28,325	23,175
Abr - 14	33,475	131,325	46,350	92,700	54,075	90,125	72,100	100,425
Set - 14	7,725	30,900	28,325	36,050	33,475	25,750	18,025	66,950
Out - 14	28,325	20,600	20,600	12,875	54,075	66,950	66,950	82,400
Nov - 14	25,750	18,025	10,300	20,600	46,350	33,475	18,025	25,750
Dez – 14	20,600	28,325	10,300	12,875	61,800	18,025	20,600	23,175
Jan – 15	97,850	97,850	82,440	82,440	92,700	90,125	72,100	92,700
Fev – 15	7,725	23,175	12,875	69,525	15,450	7,725	61,800	139,050
Mar - 14	20,600	28,325	15,450	10,300	46,350	18,025	28,325	10,300
Média	24,993	39,534	33,932	34,538	52,788	40,594	40,291	73,918
Mediana	20,600	28,325	28,325	28,325	54,075	38,625	38,625	74,675
Menor valor	7,725	18,025	10,300	2,575	15,450	7,725	10,300	23,175
Maior valor	97,850	131,325	82,440	92,700	92,700	90,125	72,100	139,050

Tabela 3 – Monitoramento da concentração de nitrato na água para o período de vazão reduzida

Monitoramento de Nitrato para o período de vazão reduzida a 1100 m <sup>3</sup> /s ( $\mu\text{g/L}$ )								
	MOX 02	MOX 03	MOX 04	MOPI 09	PA IV 01	XIN 01	XIN 04	XIN 10
Jun – 13	65,768	12,056	12,089	23,528	34,367	18,559	12,657	9,588
Jul – 13	59,931	0,333	23,211	69,519	47,908	46,958	9,255	3,702
Ago - 13	57,130	6,803	31,565	52,860	68,919	63,682	7,120	1,867
Set - 13	17,009	0,333	12,089	42,655	40,187	14,541	2,801	9,271
Out - 13	18,559	7,453	13,607	20,591	28,147	38,003	16,408	14,557
Nov - 13	0,033	4,669	4,352	3,435	13,307	2,201	2,184	0,333
Dez - 13	18,559	7,453	13,607	20,591	28,147	38,003	16,408	14,557
Jan - 14	0,033	4,669	4,352	3,435	13,307	2,201	2,184	0,333
Fev - 14	1,900	0,049	3,435	0,666	0,666	0,382	0,033	0,350
Mar - 14	1,551	10,822	4,936	7,404	7,420	8,354	0,934	3,402
Abr - 14	2,501	0,650	6,503	1,250	10,822	3,101	2,484	0,016
Set - 14	5,619	7,754	9,321	5,269	2,517	9,588	2,501	6,219
Out - 14	4,052	5,286	2,168	6,186	9,271	6,186	4,636	2,484
Nov - 14	7,721	8,638	7,721	8,955	14,055	13,607	8,955	9,271
Dez – 14	8,354	5,269	12,340	7,721	7,404	10,806	9,872	6,170
Jan – 15	47,725	17,292	10,505	65,418	39,805	31,483	10,806	3,402
Fev – 15	4,035	3,418	8,338	7,721	3,784	7,153	6,186	2,168
Mar - 14	14,870	8,054	5,569	1,250	5,919	26,564	1,250	0,317
Média	18,631	6,167	10,317	19,359	20,886	18,965	6,482	4,889
Mediana	8,354	6,167	9,321	7,721	13,307	13,607	6,186	3,402
Menor valor	0,033	0,049	2,168	0,666	0,666	0,382	0,033	0,016
Maior valor	65,768	17,292	31,565	69,519	68,919	63,682	16,408	14,557



### **2.2.3.1. Confronto dos dados do monitoramento do período de vazões acima de 1300 m<sup>3</sup>/s com os períodos de vazão reduzida.**

Das tabelas 2 e 3 obtêm-se os dados do monitoramento de vazão reduzida. Estes dados serão confrontados para uma avaliação de tendências de comportamento da qualidade de água. Os resultados disponíveis dos monitoramentos dos anos 2008, 2009 e 2010 estão disponíveis em formato de box plot, não permitindo realizar uma análise estatística cujo o delineamento para um teste estatístico confiável demandaria a contratação de um especialista da área. Serão discutidos neste documento tendências de comportamento da concentração de nitrato e fósforo total nas águas do São Francisco nos reservatórios das UHEs Xingó e Paulo Afonso.

#### **2.2.3.1.1 Para o reservatório da UHE Xingó:**

Analisando o resultado do monitoramento de qualidade de água para o período de vazão reduzida, pode concluir sobre tendências de comportamento dos resultados de monitoramento de qualidade de água.

De acordo com os valores obtidos para estações, verifica-se que o fósforo total nas águas do rio São Francisco ultrapassa em várias amostras o limite da Resolução Conama 357 de 2005 de 0,030 mgL<sup>-1</sup> para águas de classe 2 desde as primeiras campanhas de monitoramento executadas pela Chesf.

Para a variável Nitrato, observa-se que todos os valores obtidos nas campanhas de monitoramento de vazão reduzida para todas as estações estão dentro dos limites de nitrato observados no monitoramento antes da redução de vazão. De acordo com o monitoramento executado, há indícios de que somente a redução de vazão não foi responsável por algum incremento excessivo na concentração de nitrato no reservatório.

Para a variável concentração de fósforo total, nos monitoramentos do período de vazão reduzida, foram encontrados resultados superiores ao monitoramento executado antes das reduções de vazão. Para as estações XIN 01 e XIN 03 foram encontrados altos valores de fósforo total que superaram todos os monitoramentos realizados entre 2008 e 2010, indicando que há indícios que houveram alterações na qualidade de água do reservatório. Como dito anteriormente, para comprovar cientificamente esta hipótese seriam necessárias complexas análises estatísticas, e quantidade de dados disponíveis talvez não sejam suficientes para uma confiabilidade adequada destas análises. Vale ressaltar que os desvios obtidos no monitoramento da qualidade de água medidos no monitoramento limnológico no período de vazão reduzida não foram nem próximos aos valores de fósforo total (0,81 mg/l) obtidos pelo Relatório Técnico do IMA durante o aparecimento da floração de *C. furcoides*.

#### **2.2.3.1.2 Para os reservatórios do Complexo Paulo Afonso.**

Para os reservatórios do Complexo de UHEs Paulo Afonso não foram encontradas concentrações de fósforo total ou nitrato superiores aos resultados obtidos antes da redução de vazão.

### **2.2.4. Fitoplâncton**

#### **2.2.4.1. Resultados do complexo de UHEs Paulo Afonso**

Campanhas do ano de 2008:

Nas campanhas de monitoramento foram identificados 127 táxons, sendo eles:

- 30 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- 58 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- 1 táxon pertencente à divisão Chrysophyta;
- 4 táxons pertencentes à divisão Cryptophyta;
- 22 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- 1 táxon pertencente à divisão Dinophyta;
- 10 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta;
- 1 táxon pertencente à divisão Xantophyta.

Sobre as algas do filo Dinophyta, foi identificado apenas *Peridinium* sp., que ocorreu em todos os meses amostrados. Não foi encontrado *C. furcoides*.

De regra geral, a estrutura da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso apresentou uma variação sazonal bem evidente que podem ser expressas em duas fases distintas: um período com dominância de diatomáceas e outro com dominância de outros grupos (Chlorophyta e/ou Cyanophyta).

Campanhas do ano de 2009:

Na campanha de 2009 foram encontrados os seguintes táxons:

- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 22 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 45 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 4 táxons pertencentes à divisão Chrysophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 2 táxons pertencentes à divisão Cryptophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 17 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 2 táxons pertencentes à divisão Dinophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 5 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta.

A estrutura da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso apresentou uma variação sazonal bem evidente. As diferenças sazonais podem ser expressas em duas fases distintas: uma fase com abundância de Cyanophyta e Bacillariophyta (restrita ao mês de dezembro/2008) e, um período com dominância de diatomáceas (nos outros meses monitorados). Sobre a comunidade de fitoplâncton, em especial o filo dynophita, foram identificados as seguintes microalgas: *Peridinium palatinum* Lauterbom e *Peridinium* sp. Não foi encontrado o *C. furcoides*

Campanhas do ano de 2010

Nesta campanha foram identificados os seguintes táxons:

- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 17 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 47 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 1 táxon pertencente à divisão Chrysophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 2 táxons pertencentes à divisão Cryptophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 19 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 2 táxons pertencentes à divisão Dinophyta;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> 5 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta.

A comunidade fitoplanctônica nos reservatórios de Complexo Paulo Afonso apresentou diferenças sazonais durante o período compreendido entre dezembro/2009 e setembro/2010. No entanto, mais forte que as diferenças temporais, são as diferenças espaciais. A estação MOX 03 apresentou as maiores densidades em todos os meses amostrais e contribuíram para os elevados coeficientes de

variação entre as densidades totais nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso.

A estrutura da comunidade fitoplanctônica estudada nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso apresentou uma variação espacial bem evidente. Diferentemente dos outros resultados, não foi encontrado uma variação sazonal tão expressiva. Esta diferença é influenciada pela presença do tributário Moxotó. As estações localizadas neste tributário, MOX 03 e MOX 04, foram dominadas por cianobactérias durante todo o ano. As demais estações apresentaram um comportamento semelhante as outras campanhas realizados com a estrutura das comunidades diferenciadas, sendo formadas principalmente por diatomáceas, clorófitas ou cianobactérias, dependendo do período amostral.

O desenvolvimento de cianobactérias em sistemas aquáticos continentais vem aumentando frequentemente como resultado dos processos de eutrofização. Percebe-se um processo de eutrofização nas proximidades do rio Moxotó. Conforme os resultados das campanhas foi detectado correlação do crescimento de micro-organismos com a concentração de fósforo e íons nas estações MOX 03 e MOX 04.

Em relação ao filo dynophita, foram identificados as seguintes microalgas: *Peridinium palatinum* Lauterborn e *Peridinium* sp. Não foi encontrado o *C. furcoides*

#### 2.2.4.2. Resultados da UHE Xingó

Nas campanhas do ano de 2008, foram identificados no reservatório da UHE Xingó 110 táxons, sendo eles:

- 22 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- 50 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- 2 táxons pertencentes à divisão Chrysophyta;
- 4 táxons pertencentes à divisão Cryptophyta;
- 22 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- 3 táxons pertencentes à divisão Dinophyta;
- 7 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta;

Dos resultados obtidos, vale destacar que a comunidade fitoplanctônica no reservatório de Xingó apresentou uma variação sazonal bem evidente. As diferenças sazonais podem ser expressas em três fases distintas: um período com dominância de diatomáceas e clorófitas (meses de dezembro/2007 e março/2008), outro com dominância de diatomáceas (junho/2008) e outro com dominância de cianobactérias (setembro/2008).

Em relação ao filo Dynophita (algas dinoflagelados), não foram encontrados *C. Furcoides*, sendo identificados apenas: *Gymnodinium* sp, *Peridinium cinctum* (O.F. Muller) Ehrenberg e *Peridinium* sp.

Nas campanhas do ano de 2009, foram identificados no reservatório da UHE Xingó 72 táxons, sendo eles:

- 13 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- 42 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- 1 táxon pertencentes à divisão Chrysophyta;
- 19 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- 1 táxon pertencentes à divisão Dinophyta;
- 2 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta;
- 

Dos resultados obtidos, vale destacar que a comunidade fitoplanctônica no reservatório de Xingó

apresentou uma variação sazonal bem evidente, mostrando três fases distintas: um período com dominância de diatomáceas e clorófitas (mês de março/2009), outro com dominância de diatomáceas (dezembro/2008 e junho/2009) e outro com dominância de cianobactérias e diatomáceas (setembro/2009). Comportamento bem semelhante ao ano anterior. Em relação ao filo Dynophyta (algas dinoflagelados), não foram encontrados *C. Furcoides*, sendo identificados apenas *Peridinium* sp.

Nas campanhas do ano de 2010, foram identificados no reservatório da UHE Xingó 77 táxons, sendo eles:

- 12 táxons pertencentes à divisão Bacillariophyta;
- 45 táxons pertencentes à divisão Chlorophyta;
- 1 táxon pertencentes à divisão Cryptophyta;
- 15 táxons pertencentes à divisão Cyanophyta;
- 2 táxon pertencentes à divisão Dinophyta;
- 2 táxons pertencentes à divisão Euglenophyta;

Assim como nos anos anteriores, a estrutura da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Xingó apresentou uma variação sazonal bem evidente. As diferenças sazonais podem ser expressas em três fases distintas: um período com dominância de diatomáceas (dezembro/2009), outro com ausência de dominância, com participação de clorófitas, cianobactérias e diatomáceas (março/2010) e outro com dominância de cianobactérias (setembro/2010).

Em relação ao filo Dynophyta, não foi identificado *C. Furcoides* nas análises feitas, mas foram identificadas as espécies: *Ceratium hirundinella* e *Peridinium* sp.

*Ceratium hirundinella* foi considerado um táxon muito frequente nesta campanha de monitoramento (frequência >80%). Fato que não ocorreu nos anos anteriores, indicando um possível estabelecimento desta alga no ambiente.

Considerando as três campanhas de monitoramento realizadas, pode-se considerar que algas do gênero *Ceratium* começaram a se estabelecer no reservatório de Xingó em 2010.

### **2.2.5. Programa de Monitoramento dos Ecossistemas aquáticos a partir de 2013**

No final do ano de 2013 foi retomado o programa de monitoramento dos ecossistemas aquáticos para o Complexo Paulo Afonso e para a UHE Xingó.

#### **2.2.5.1. Complexo de UHEs Paulo Afonso - Fitoplâncton**

No monitoramento de Fitoplâncton desenvolvido pela Chesf para o complexo de UHEs Paulo Afonso foi encontrado a microalga *C. Furcoides* a partir do ano de 2013. Em relação ao Filo Dinophyta foram encontrados também: *Gymnodinium* sp., *Peridinium* sp. Na campanha de monitoramento fevereiro a junho/2014. A flora fitoplanctônica para os pontos amostrados nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso, até o momento, esteve representada por 61 táxons infragenéricos. A maior riqueza de espécies foi encontrada para as Chlorophyta, com 22 táxons, correspondendo a 42% dos táxons infragenéricos identificados. Estas foram seguidas por Cyanophyta (21%), Bacillariophyta (15%) e Dinophyta (14%) (Figura 4-23). Os demais grupos de microalgas corresponderam a 8% do total de táxons identificados. O relatório analisado é referente a campanha de amostragem realizada entre fevereiro e junho de 2014.

#### **2.2.5.2. UHE Xingó - Fitoplâncton**

A flora fitoplanctônica para os pontos amostrados no reservatório Xingó e Baixo São Francisco foi representada por 68 táxons infragenéricos (Sinopse). A maior riqueza de espécies foi encontrada para as Chlorophyta, correspondendo a 49% dos táxons infragenéricos identificados. Estas foram

seguidas por Bacillariophyta (22%),

Em relação ao filo Dinophyta, foram identificados *C. furcoides*, *Gymnodinium sp.*, *Peridinium sp.*, *C. Hidrundinella*.

De acordo com os relatórios apresentados pela Chesf, foram detectados *C. Furcoides* nos reservatórios de Xingó e Delmiro Gouveia em 2013. Entretanto, acredita-se que ele esteja presente na região estudada antes de 2013.

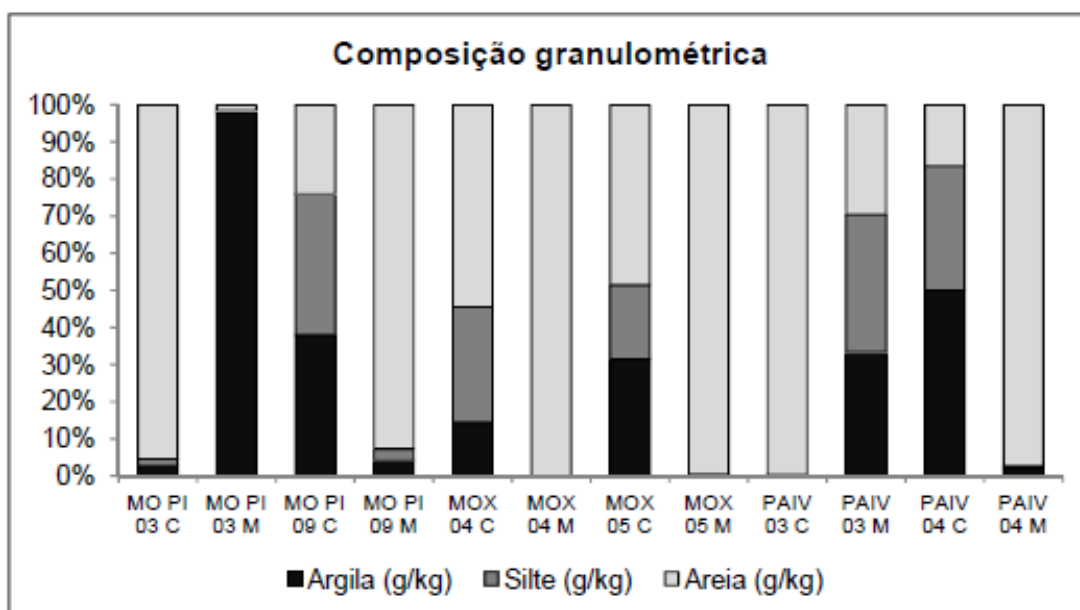
## 2.2.6 Monitoramento de Sedimentos

No novo escopo do programa de monitoramento de qualidade das águas do rio São Francisco desenvolvido pela Chesf a partir de 20013 foram incluídos o monitoramento de sedimentos. Para a amostragem de sedimentos são realizadas as seguintes análises: granulometria, teor de silte, argila e areia, fósforo, nitrogênio e matéria orgânica.

### 2.2.6.1. Para o Complexo de UHEs Paulo Afonso

**Tabela 4-27: Valores da composição granulométrica (g/kg) de cada estação de coleta no sedimento dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso em abril de 2014.**

Estações Amostrais	Argila (g/kg)	Silte (g/kg)	Areia (g/kg)
MO PI 03 C	28	18	955
MO PI 03 M	980	5	15
MO PI 09 C	380	380	240
MO PI 09 M	42	32	927
MOX 04 C	145	310	545
MOX 04 M	1	0	999
MOX 05 C	315	200	485
MOX 05 M	4	1	995
PAIV 03 C	3	1	996
PAIV 03 M	335	370	295
PAIV 04 C	500	335	165
PAIV 04 M	21	6	974



**Figura 4-20: Composição granulométrica de cada estação de coleta no sedimento dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso em abril de 2014.**

Tabela 4-28: Concentrações de Fósforo (mg/kg), Nitrogênio (dag/kg) e Matéria Orgânica (M. O.) (dag/kg) dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso em abril de 2014. ND = Não Detectado

Estações Amostrais	N (mg/kg)	P (mg/dm)	M.O. (dag/kg)
MO PI 03 C	7,00	98,40	1,80
MO PI 03 M	2,28	9,40	0,40
MO PI 09 C	4,33	108,60	3,70
MO PI 09 M	0,22	9,00	ND
MOX 04 C	1,12	116,40	3,80
MOX 04 M	0,11	16,53	0,30
MOX 05 C	0,11	125,10	1,70
MOX 05 M	5,60	5,00	0,70
PAIV 03 C	2,28	7,30	4,10
PAIV 03 M	0,22	249,90	13,30
PAIV 04 C	0,57	3,40	1,00
PAIV 04 M	0,46	2,10	0,80

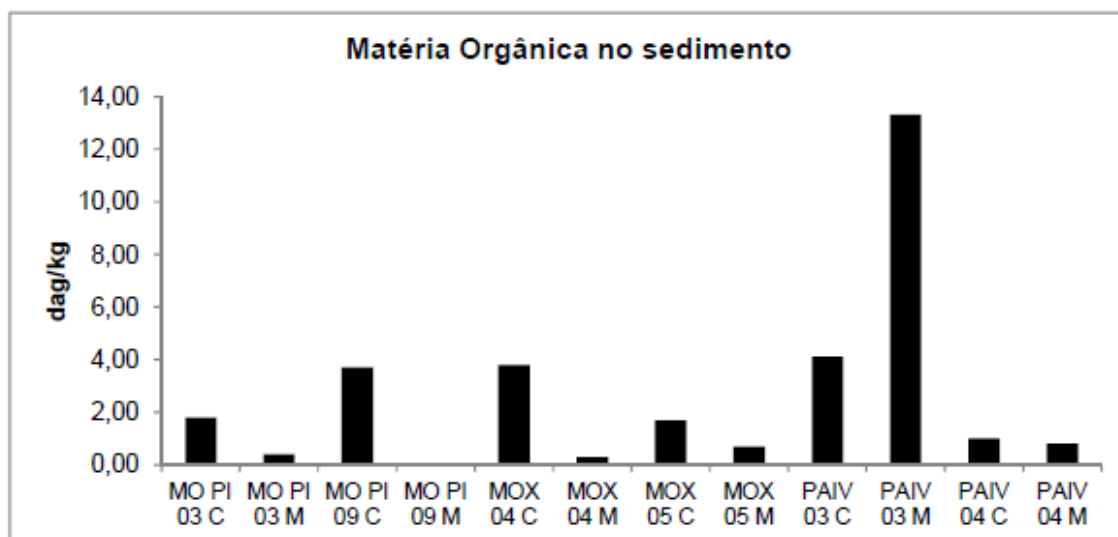


Figura 4-21: Concentração de Matéria Orgânica (dag/kg) no sedimento dos reservatórios do Complexo Paulo Afonso em abril de 2014.

Tabela 8-78: Valores da composição granulométrica (g/kg) do sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco, em janeiro de 2014.

Estações Amostrais	Argila (g/kg)	Silte (g/kg)	Areia (g/kg)
XIN 01 M	-	-	-
XIN 01 C	-	-	-
XIN 09 M	75	350	575
XIN 09 C	245	210	545
BSF 05 M	200	89	711
BSF 05 C	-	-	-
BSF 15 M	0	0	1000
BSF 15 C	-	-	-
XI PI 03 M	10	45	945
XI PI 03 C	45	20	935

### 2.2.6.2. Para a UHE Xingó

Tabela 8-79: Concentrações de Fósforo (mg/kg), Nitrogênio (dag/kg) e Matéria Orgânica (M. O.) (dag/kg) no sedimento do sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco, em janeiro de 2014.

Estações Amostrais	N (mg/kg)	P (mg/kg)	M.O. (dag/kg)
XIN 01 M	1,26	43,09	0,09
XIN 01 C	1,10	43,00	0,94
XIN 09 M	0,20	11,18	5,91
XIN 09 C	1,68	11,18	7,00
BSF 05 M	1,10	10,56	0,85
BSF 05 C	0,42	10,49	0,19
BSF 15 M	1,12	4,07	0,19
BSF 15 C	2,10	2,78	0,56
XI PI 03 M	0,06	74,15	1,10
XI PI 03 C	1,26	59,99	1,69



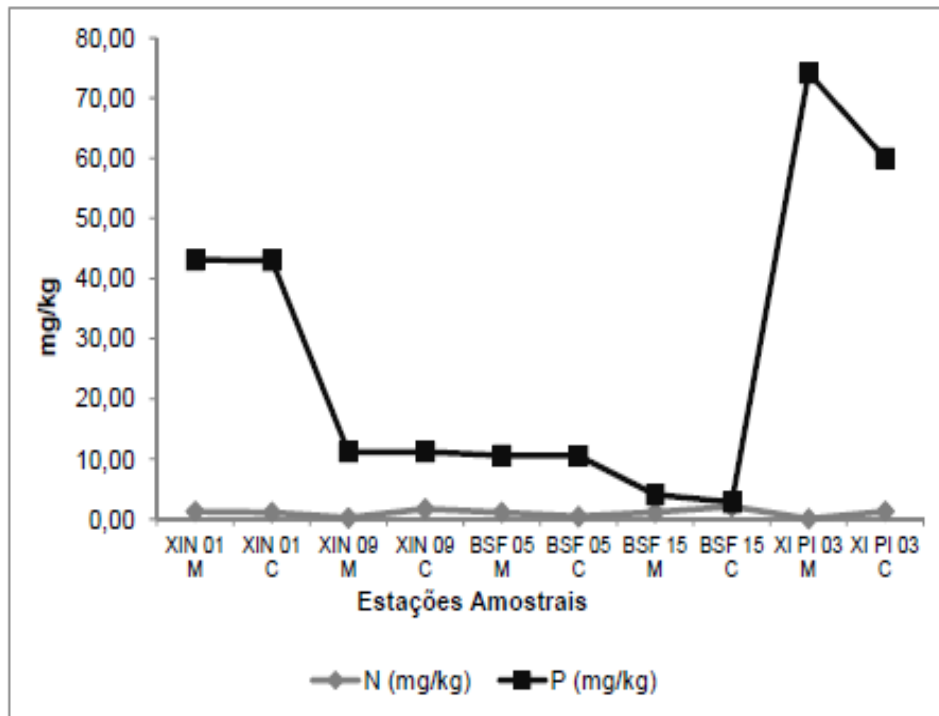


Figura 8-73: Concentrações de Fósforo (mg/kg) e Nitrogênio (mg/kg) no sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco, em janeiro de 2014.

Tabela 6-69: Valores da composição granulométrica (g/kg) do sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco em abril de 2014. C = centro; M = margem.

Estações Amostrais	Argila (g/kg)	Silte (g/kg)	Areia (g/kg)
XIN 01 C	970	0	30
XIN 01 M	895	20	85
XIN 09 C	500	140	360
XIN 09 M	955	25	20
BSF 05 C	1000	0	0
BSF 05 M	1000	0	0
BSF 15 C	940	25	35
BSF 15 M	970	25	5
XIPI 03 C	950	15	35
XIPI 03 M	955	10	34

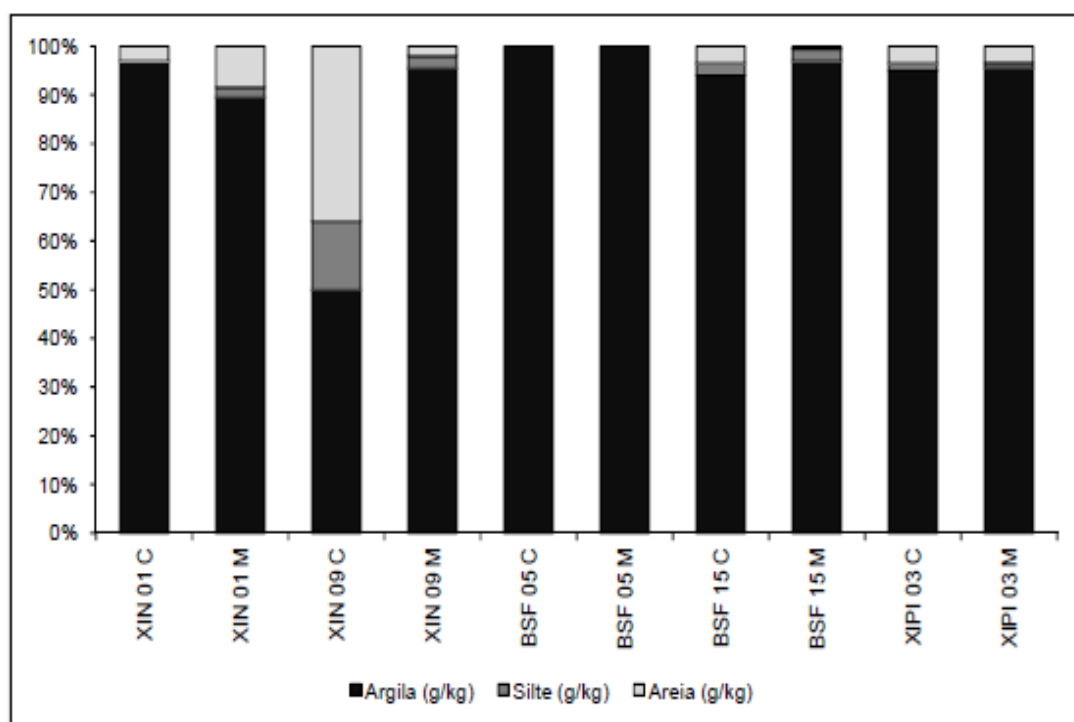


Figura 6-73: Composição granulométrica (g/kg) do sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco em abril de 2014. C = centro; M = margem.

Tabela 6-70: Concentrações de Fósforo (mg/kg), Nitrogênio (g/kg) e Matéria Orgânica (M. O.) (dag/kg) no sedimento do sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco em abril de 2014. C = centro; M = margem; ND = não detectável.

Estações Amostrais	N (g/kg)	P (mg/dm)	M.O. (dag/kg)
XIN 01 C	0,28	39,58	2,20
XIN 01 M	0,42	16,90	2,50
XIN 09 C	ND	3,70	4,30
XIN 09 M	ND	30,20	0,90
BSF 05 C	0,42	12,80	0,90
BSF 05 M	ND	6,2	2,40
BSF 15 C	ND	9,00	0,90
BSF 15 M	ND	3,50	0,90
XIPI 03 C	0,42	34,80	1,70
XIPI 03 M	ND	46,50	1,60

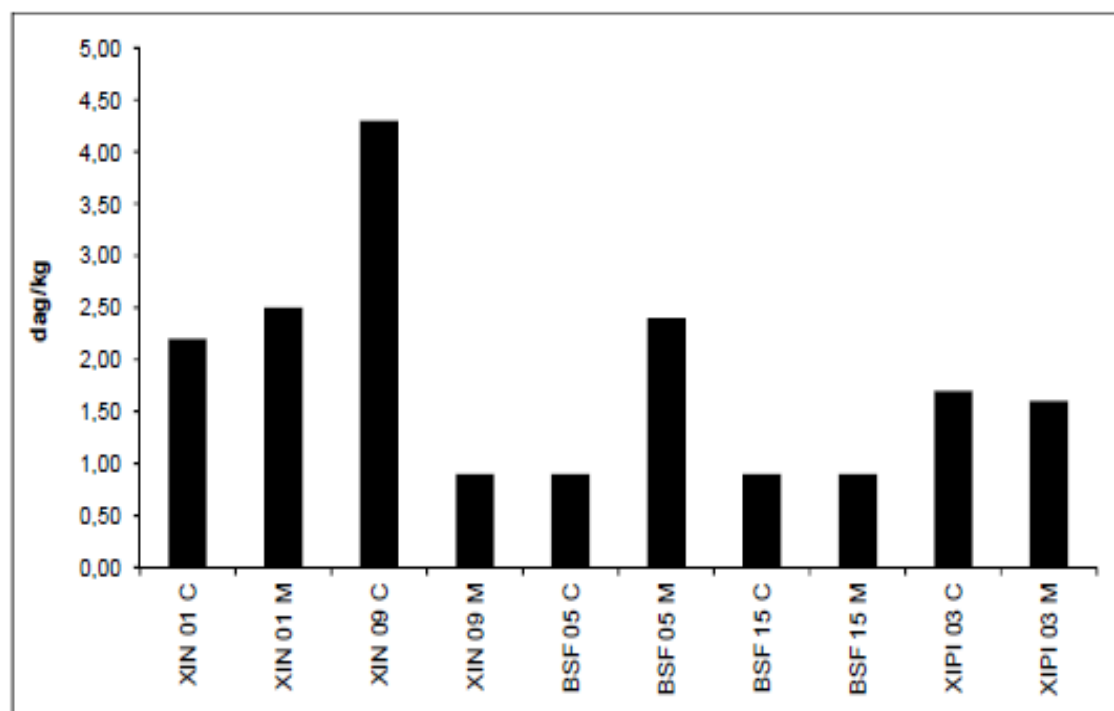


Figura 6-74: Concentração de Matéria Orgânica (dag/kg) no sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos do Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco em abril de 2014. C = centro; M = margem.

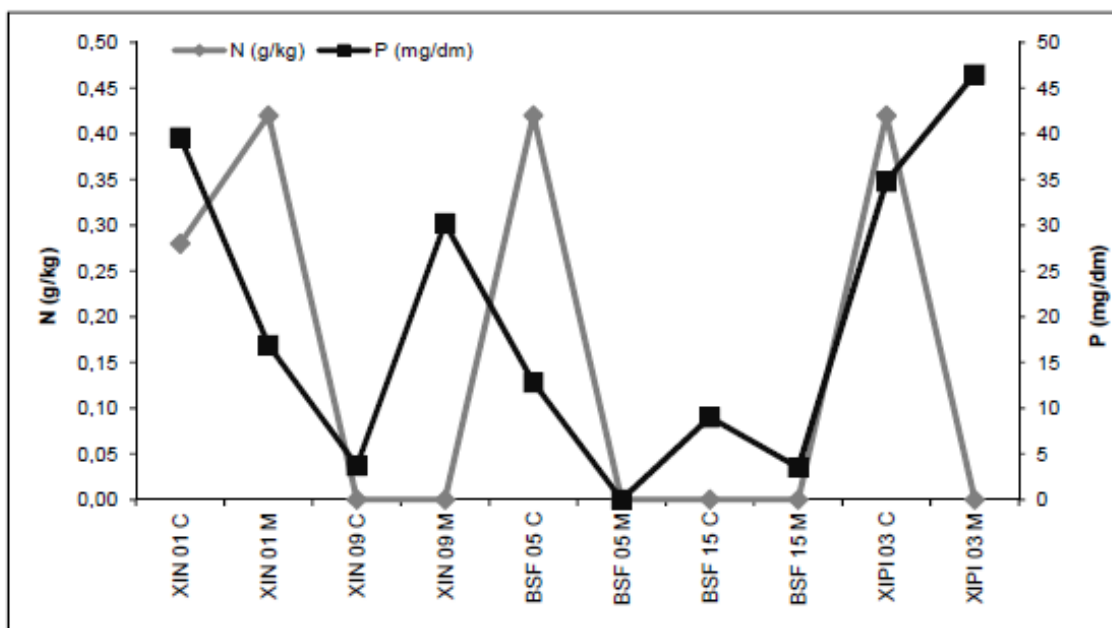


Figura 6-75: Concentrações de Nitrogênio (g/kg) e Fósforo (mg/dm) no sedimento nas estações de monitoramento limnológico no reservatório Xingó e Baixo São Francisco para Programa de

Todas as tabelas acima mostradas foram retiradas dos relatórios de monitoramento de qualidade de água que foram executados pela Chesf em 2013 e 2014. Destes resultados observa-se que existe tanto fósforo como nitrogênio nos sedimentos amostrados nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso e no reservatório da UHE Xingó. Observando os resultados da concentração de nutrientes no reservatório Delmiro Gouveia e nas estações da proximidade do local da ocorrência da mancha da UHE Xingó, tem-se os seguintes resultados:

Para o reservatório Delmiro Gouveia (estações MO PI 3, MO PI 4 e MO PI 9) o fósforo nos sedimentos varia de 9,00 a 98,4 mg/kg, sendo encontrado em maior quantidade na amostra no centro do reservatório.

Em relação ao nitrogênio, nos sedimentos a concentração variou de 0,22 a 7 mg/kg e a teor de matéria orgânica máximo foi de 3,70%, sendo os valores de mais altos encontrados nos pontos de coletas próximos ao centro do reservatório.

Para os pontos do reservatório da UHE Xingó, os resultados para a concentração de fósforo, nitrogênio e matéria orgânica variam respectivamente entre 16,90 e 43,09 mg/kg, 1,10 a 42 mg/kg e 0,09 a 2,5 %.