



DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE  
MONITORAMENTO PARA GESTÃO AMBIENTAL DA  
AQUICULTURA NO RESERVATÓRIO DE FURNAS - MG

Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de  
monitoramento e gestão ambiental da aquicultura

Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA

# **Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas - MG**

---

Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura

## **RELATÓRIO II**

### **Atividades 2013**

Jaguariúna  
2014

Projeto Furnas: desenvolvimento de sistema de monitoramento para gestão ambiental da Aquicultura no reservatório de Furnas: suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura: relatório II: atividades 2013. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente; Brasília, DF: Ministério da Pesca e da Aquicultura, 2014. 221 p. il.

Projeto em andamento.

1. Aquicultura
2. Monitoramento ambiental
3. Projeto de pesquisa
4. Relatório de atividades. I. Embrapa.

CDD 639.80981

## **Coordenação Geral**

Fernanda Matos Tavora

Coordenação Geral de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura em Águas da União Continentais  
Ministério da Pesca e Aquicultura

## **Coordenação Científica**

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

## **Entidade Gestora**

Embrapa Meio Ambiente

Chefe Geral - Dr. Celso Vainer Manzatto

## **Coordenadores das Atividades**

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

MS.c. Marcos Eliseu Losekann

pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Marcos Corrêa Neves

pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues

pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Jose L. Stech

Pesquisador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

## Apresentação

O Relatório II – Atividade 2013 refere-se aos resultados obtidos no segundo ano de execução do Projeto “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas – MG, Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura” (Projeto Furnas). O objetivo geral do Projeto é desenvolver um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanques-rede, assim como, a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) para a gestão ambiental de Parques Aquícolas.

No ano de 2012 as atividades desenvolvidas tiveram como objetivo principal o reconhecimento do estado atual do uso e ocupação do reservatório de Furnas, pela piscicultura, com o intuito de selecionar a área objeto de estudo para fundeio das plataformas e realização do monitoramento. Após a compreensão da distribuição atual dos produtores ao longo do Reservatório foram definidos os principais atributos a serem considerados para local exato de fundeio das Plataformas de Coleta de Dados (PCD). A área objeto de estudo foi selecionada com base em atributos definidos pela equipe científica do Projeto ainda em 2012. Mas no ano de 2013 foram realizadas as caracterizações produtivas e iniciadas as atividades de monitoramento.

A área objeto de estudo compreende quatro braços do reservatório de Furnas, todos localizados no município de Guapé (MG), no braço do Rio Grande. No braços 1 e 2 está a delimitação do polígono do Parque Aquícola Guapé I. No braço 3 foi delimitado o polígono do Parque aquícola Guapé IV e no braço 4 esta localizada uma Área Aquícola. No braço 1 não existem pisciculturas, esse ponto foi incluído na área de produção para que os dados de monitoramento pudessem ser comparados a uma área sem influência direta da produção de peixes. Nos demais braços existem pisciculturas.

Nos meses de junho e julho de 2013 foram fundeadas, na área objeto de estudo, um conjunto de seis PCD. Este conjunto é composto de uma Plataforma Principal (SIMA) e cinco Plataformas Secundárias (SIMA-Aquicultura). Os meses de julho e setembro de 2013 foram necessários para término de instalação dos equipamentos e ajustes no sistema de transmissão. A partir de outubro de 2013 a Plataforma SIMA esta transmitindo em tempo real os dados limnológicos e meteorológicos coletados. Da mesma foram as cinco Plataformas Secundárias estão coletando os dados limnológicos e o *download* dos dados das Plataformas Secundárias esta sendo executado periodicamente pela equipe do Projeto. Para acompanhamento em tempo real dos parâmetros monitorados pelo SIMA e pelas Plataformas Secundárias foi desenvolvido, um banco

de dados<sup>1</sup>. A página de acesso aos dados apresenta ainda a equipe que compõem o Projeto e os principais documentos gerados no primeiro ano de execução, porém para acesso aos dados coletados é preciso estar cadastrado no Projeto.

Também foram obtidos avanços no uso e aplicação de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o monitoramento ambiental da aquicultura, incluindo a delimitação das bacias hidrográficas de cada braço e diagnosticados os principais usos do solo nas áreas de influência. Os resultados mostraram que as quatro microbacias possuem semelhanças e algumas especificidades que podem ser exploradas. Nas quatro microbacias, há forte predomínio de pastagens, sempre seguido das áreas com matas. Em todos os casos ocorre a presença da cultura de eucalipto mesmo que em baixa proporção. A classe zona urbana só aparece na microbacia do braço 4. Resultados específicos deste trabalho podem ser encontrados em Neves et al. (2013) e em Salgado et al. (2013), publicações resultantes também do Projeto Furnas.

As atividades ligadas ao acompanhamento zootécnico das pisciculturas, ao biomonitoramento, às coletas de sedimento e à limnologia complementar aos dados coletados pelas plataformas também foram realizadas. Donetti et al. (2013) avaliaram a caracterização morfológica das brânquias da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada nos três braços da área de estudo e observaram que as alterações dos parâmetros da qualidade da água podem influenciar a morfologia branquial, alterando a espessura do epitélio do filamento branquial e a quantidade de células mucosas. Gonçalves et al. (2013) avaliaram os parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo da mesma área de cultivo e concluíram que as condições de cultivo dos três locais avaliados não influenciaram os parâmetros hematológicos, mostrando que os sistemas de cultivo adotado e as condições de cultivo foram adequados para a manutenção da saúde dos peixes.

Os dados sobre o biomonitoramento com uso da comunidade macrobentônica até o momento indicaram uma maior biodiversidade nas áreas marginais do que nas profundais do reservatório. Porém, estes dados refletem uma situação natural em função da profundidade elevada nos pontos onde estão instaladas as Plataformas, e não podem ser atribuídos a impactos provocados pela atividade de aquicultura (Silveira et al., 2013). Também é preciso ainda correlacionar os dados biológicos com os parâmetros físico-químicos coletados nos PCDs para que haja inferências sobre organismos tolerantes e/ou sensíveis à eutrofização, caso ela exista.

Como proposta metodológica para o processo de manutenção de registros da qualidade dos recursos e gestão ambiental dos empreendimentos de produção aquícola foi feito no ano de

---

<sup>1</sup> <http://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura/>

2012 a adequação do ‘Sistema de Avaliação de Impactos e Boas Práticas de Manejo Aquícola’ (APOIA-Aquicultura), composto por 68 indicadores integrados em uma plataforma multi-atributo. No ano de 2013 estudos de casos foram realizados a fim de verificar a flexibilidade da abordagem metodológica para as diferentes tipologias de empreendimentos existentes no Reservatório, incluindo produtor familiar individual, produtores coletivamente organizados em associação e produtor empresarial. Com base nesses estudos, propõe-se uma análise crítica da aplicabilidade do sistema APOIA-Aquicultura como ferramenta de gestão ambiental na escala dos empreendimentos aquícolas, bem como para a verificação e o registro de dados sobre a qualidade e a eficiência do uso de recursos, no alcance territorial.

Para alcance dos objetivos do ano de 2013 foram realizados dois Dias de Campo, três Reuniões Técnicas com a equipe de execução, I Encontro Técnico, cinco Campanhas de Campo. Foi realizado o lançamento oficial do Projeto no mês de junho de 2013, nas instalações do INPE em São José dos Campos (SP). O evento teve a presença do Ministro da Pesca e Aquicultura, da Secretária de Planejamento e Ordenamento da Aquicultura e da Diretora de Planejamento da Aquicultura em Águas da União. Também compareceram representantes do INPE, Embrapa e APTA.

Foram publicados os resumos (i) “Caracterização morfológica de brânquias de *Oreochromis niloticus* criadas em tanques rede no reservatório de Furnas (MG)” e (ii) “Uso dos parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivadas em tanques rede no reservatório de Furnas/MG, como ferramenta no biomonitoramento”, ambos no XIII Congresso Nacional de Iniciação. Foi apresentado o resumo (iii) “Composição da Comunidade Macrobentônica no Reservatório De Furnas (MG) em Área de Parque Aquícola” apresentado no II Seminário da Rede AgroHidro- impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos. Foi publicado o Documento Série Embrapa intitulado (iv) “Diagnóstico da produção agrícola, pecuária e da silvicultura à montante da represa de Furnas no estado de Minas Gerais”.

Ao final do ano de 2013 o Projeto teve seu período de execução aditado até dezembro de 2014 pelo Ministério da Pesca e Aquicultura. A necessidade de um maior tempo de execução se deu em função das necessidades de ajustes no calendário. Em função disso algumas atividades estão em desenvolvimento no ano de 2014 e por isso o presente relatório trata-se de um relatório parcial para as atividades executadas no ano de 2013. Desta forma, no ano de 2014 será apresentado o III Relatório com foco nos resultados finais do Projeto Furnas.

## SUMÁRIO GERAL

<b>I - Introdução Geral</b>	1
1.1 Área objeto de estudo	7
<b>Referências bibliográficas</b>	11
<b>META 01 Compilação das condições sociais, econômicas e ambientais dos Parques Aquícolas e pontos amostrais</b>	33
<b>I - Introdução</b>	35
<b>II – Metas Empregadas</b>	35
1.2 Elaboração de diagnóstico do Parque Aquícola objeto de estudo:	36
<b>META 02 Sistema de Informações Geográficas – SIG</b>	47
<b>I - Introdução</b>	49
<b>II – Metas Empregadas</b>	49
2.1 Identificação dos usos múltiplos no entorno do Parque Aquícola (PA)	49
2.2 Áreas sujeitas ou consideradas eutrofizadas	52
2.3 Integração dos dados levantados nas demais metas num banco de dados	54
<b>Referências bibliográficas</b>	56
<b>META 03 Implantação de Estações de Monitoramento em Tempo Real</b>	57
<b>I - Introdução</b>	60
<b>II – Metas Empregadas</b>	62
3.3 Fundeio dos SIMAs	62
3.4 Manutenção e calibração	70
3.5 Desenvolvimento do banco de dados	76
3.6 Gestão do banco de dados	76
3.7 Relatórios de gestão	81
3.8 Coleta de amostras para determinação dos fluxos de metano	110
<b>Referências bibliográficas</b>	118
<b>META 04 Avaliação Zootécnica e Ambiental</b>	120
<b>I - Introdução</b>	123
<b>II – Metas Empregadas</b>	123
4.1 Avaliação zootécnica	123
4.2 Amostragem de água	130



4.4	Amostragem de sedimento/concentrações de metais	152
4.5	Amostragem biótica	156
4.6	Amostragem da Macrofauna bentônica	173
<b>Referências bibliográficas</b>		184
<b>Anexo I</b>		188
<b>META 05 Adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e Gestão Ambiental Territorial para Sustentabilidade da Aquicultura</b>		194
<b>I - Introdução</b>		196
<b>II – Metas Empregadas</b>		197
5.1	Proceder à avaliação de impactos ambientais junto aos atores sociais	197
5.2	Formulação e transferência dos planos de desenvolvimento territorial da aquicultura	203
5.3	Promoção de ações de transferência de tecnologia	209
5.4	Relatório global de planejamento estratégico	214
<b>Referências bibliográficas</b>		215
<b>ANEXO II – Lista de publicações de 2014</b>		217
<b>ANEXO III - Cronograma de Atividades - 2014</b>		218

## SUMÁRIO DE FIGURAS

<b>I – Introdução Geral</b>	1
<b>Figura 1:</b> Área objeto de estudo compreendendo os Braços 1 a 4. Os polígonos em azul e roxo do B1 e B2 correspondem respectivamente a área do Parque Aquícola Guapé I, e a área de produção do mesmo. No B3 as áreas correspondem da mesma forma ao Parque Aquícola Guapé IV. No B4 as áreas demarcadas correspondem a uma Área Aquícola. As cruzes em amarelo correspondem aos tanques rede sem representa-los numericamente.	9
<b>Figura 2:</b> Área objeto de estudo compreendendo os Braços 1 a 4. Nos Braços 1, 2 e 4 foram fundeadas as Plataformas Secundárias 1, 2 e 6. No Braço 3 foram fundeadas as Plataformas Secundárias 3 e 4 e a Plataforma Principal 5.	10
<b>META 01 Compilação das condições sociais, econômicas e ambientais dos Parques Aquícolas e pontos amostrais</b>	33
<b>Figura 1:</b> Localização da área objeto de estudo. Na imagem da direita, limites da microbacias hidrográficas (amarelo), Parques Aquícolas (azul); áreas de produção (branco) e localização das Plataformas de Coleta de Dados (vermelho).	37
<b>Figura 2:</b> Classes de uso e cobertura dos solos da MB1 (parte oeste do Parque Aquícola Guapé 1).	39
<b>Figura 3:</b> Uso e cobertura dos solos da microbacia 2 (MB2: parte leste do Parque Aquícola Guapé 1).	41
<b>Figura 4:</b> Uso e cobertura dos solos da microbacia 2 (MB3: Parque Aquícola Guapé 4).	43
<b>Figura 5:</b> Uso e cobertura dos solos da microbacia 4.	45
<b>Figura 6:</b> Principais usos e coberturas dos solos, nas quatro microbacias hidrográficas.	46
<b>META 02 Sistema de Informações Geográficas – SIG</b>	47
<b>Figura 1:</b> Informações integradas no SIG. As quatro microbacias hidrográficas (limites em amarelo) formando a região de estudo. Parques Aquícolas Guapé 1 e 4 (limites em azul) e suas áreas de produção (em cor branca) e Plataformas de Coleta de Dados (pontos em vermelho).	50
<b>Figura 2:</b> Combinação de duas composições coloridas: água (bandas 4, 2 e 1) e solo (6, 5 e 3), nos canais vermelho, verde e azul.	55
<b>META 03 Implantação de Estações de Monitoramento em Tempo Real</b>	57
<b>Figura 1: A -</b> Componentes do SIMA e SIMA – Aquicultura ainda em São José dos Campos (A) e já em Guapé, MG; <b>B -</b> à margem do reservatório de Furnas. <b>C -</b> Sistemas desmontados; <b>D -</b> Descarregamento dos sistemas para montagem no reservatório de Furnas, Guapé (MG).	63
<b>Figura 2 A a D: A e B –</b> Sistema secundário sendo montado <b>C -</b> Ancoras para sustentar os sistemas nos pontos de fundeio; <b>D –</b> Sistema principal sendo montado.	64
<b>Figura 3 A e B:</b> Plataformas Secundárias ( <b>A</b> ) e Principal ( <b>B</b> ) parcialmente montadas e manipuladas por caminhão dotado de Munck.	64
<b>Figura 4 A a D: A e B –</b> carregamento de rodas de trem no flutuante (lançador) para servir de poitas para as Plataformas fundeadas. <b>C e D –</b> transporte da Plataforma Principal e do	65

lançador com uso de embarcações até o local de fundeio.

- Figura 5 A a D:** **A** – Detalhes de sensores meteorológicos da torre da Plataforma Principal. **B** – Detalhe da eletrônica e da Plataforma Principal na sua fase final de montagem. **C e D** – transporte da Plataforma Principal e do lançador com uso de embarcações até o local de fundeio. 66
- Figura 6:** Sistema de lançamento das poitas na margem do reservatório (**A**) e no local de fundeio de uma das Plataformas Secundárias (**B**). 66
- Figura 7:** Localização do SIMA (P5) e dos SIMA-Aquicultura (P1, P2, P3, P4 e P6) nas proximidades do município de Guapé (MG). 67
- Figura 8 A a D:** Plataformas Secundárias fundeadas. **A e B** – Plataformas fundeadas nos Braços do Guapé I. **C** – Plataforma fundeada no braço do Guapé IV. **D** – Plataforma fundeada em Área Aquícola da piscicultura Rio Grande. 68
- Figura 9:** Plataforma Principal (SIMA) já fundeado e em funcionamento. 69
- Figura 10:** Tambor de uma das Plataformas Secundárias parcialmente inundado (**A**) e sendo reinstalado (**B**), depois de realizada a manutenção. 70
- Figura 11 A a D:** Cadeia de termistores sendo retirada (**A**). Suportes contendo as sondas multiparamétricas e cordas com termistores depois de retirados das Plataformas (**B**). Detalhes de uma sonda (**C**) e dos sensores (**D**) com incrustação de algas. 71
- Figura 12:** Lavagem de uma cadeia de termistores (**A**) e sensores das sondas multiparamétricas já lavados (**B**). 72
- Figura 13:** Procedimento de *download* dos dados gravados na sonda multiparamétrica 72
- Figura 14:** Procedimento de calibração das sondas multiparamétricas. 73
- Figura 15:** Exemplo de parte de uma ficha de calibração. 74
- Figura 16:** Plataforma web desenvolvida contendo informações gerais do Projeto e os dados adquiridos pelos SIMA-Aquicultura e SIMA. 77
- Figura 17:** Tela de *login* para acesso ao banco de dados. 78
- Figura 18:** Banco de dados disponível para visualização e/ou *download*. 78
- Figura 19:** Visualização do parâmetro radiação de ondas curtas, utilizando os dados gravados no SIMA para um período especificado pelo usuário. 79
- Figura 20:** Visualização simultânea de temperaturas de quatro diferentes profundidades para a Plataforma 1. 79
- Figura 21:** Informações de localização e profundidade das Plataformas em cada campanha de campo. 80
- Figura 22:** Médias mensais da variabilidade diária da intensidade do vento. 82
- Figura 23:** Médias mensais da variabilidade diária da umidade relativa do ar. 83
- Figura 24:** Médias mensais da variabilidade diária da pressão atmosférica. 84
- Figura 25:** Médias mensais da variabilidade diária da temperatura do ar. 85
- Figura 26:** Médias mensais da variabilidade diária radiação de ondas curtas incidente. 86
- Figura 27:** Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 1). 87

<b>Figura 28:</b> Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 2).	87
<b>Figura 29:</b> Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 3).	88
<b>Figura 30:</b> Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 4).	88
<b>Figura 31:</b> Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 5).	89
<b>Figura 32:</b> Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 6).	89
<b>Figura 33:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 1).	90
<b>Figura 34:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 2).	91
<b>Figura 35:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 3).	91
<b>Figura 36:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 4).	92
<b>Figura 37:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 5).	92
<b>Figura 38:</b> Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 6).	93
<b>Figura 39:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 1).	94
<b>Figura 40:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 2).	94
<b>Figura 41:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 3).....	95
<b>Figura 42:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 4).	96
<b>Figura 43:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma 5).	96
<b>Figura 44:</b> Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma 6).	97
<b>Figura 45:</b> Parâmetros meteorológicos amostrados no SIMA para o período de 01/10 a 31/11/2013.	99
<b>Figura 46:</b> Balanço de calor e cada um de seus componentes para o período analisado.	102
<b>Figura 48:</b> Distribuição vertical da temperatura (até 10 m) para as seis Plataformas instaladas no reservatório de Furnas.	105
<b>Figura 49:</b> Variação temporal do pH nas seis Plataformas (amostragem a 1,5 m).	106
<b>Figura 50:</b> Variação temporal do oxigênio dissolvido nas seis Plataformas (amostragem a 1,5 m).	107
<b>Figura 52:</b> Variações no balanço de calor, da diferença de temperatura de superfície com relação ao fundo, pH e OD, para um período de perturbação atmosférica.	109
<b>Figura 53 - Conjunto para coleta de ar com a câmara estática e seringa.</b>	110
<b>Figura 54 - Crescimento da concentração de metano no interior da câmara estática para os casos difusivo (A) e ebulitivo (B).</b>	111
<b>Figura 55 - Distribuição dos pontos de coleta, com destaque para os pontos na área de piscicultura.</b>	112

<b>Figura 56.</b> <i>Boxplot</i> do fluxo difusivo para cada braço nas três campanhas já realizadas.	115
<b>Figura 57.</b> <i>Boxplot</i> do fluxo ebulitivo para cada braço nas campanhas de agosto e novembro de 2013.	116
<b>META 04 Avaliação Zootécnica e Ambiental</b>	120
<b>Figura 1.</b> Localização da área objeto de estudo – Rio Grande, na região do município de Guapé – MG. Pontos redondos em amarelo representam os produtores entrevistados nas visitas técnicas com aplicação do questionário.	125
<b>Figura 2.</b> Entrevistas presenciais com os produtores.	126
<b>Figura 3.</b> Margem adjacente aos tanques rede repleta de ração não consumida, evidenciando problemas quanto as práticas de manejo alimentar.	128
<b>Figura 4.</b> Localização dos pontos de coleta de água para avaliação de parâmetros limnológicos.	132
<b>Figura 5. A</b> - medida da transparência com o Disco de Secchi; <b>B</b> - coleta de água com a garrafa de Van Dorn.	133
<b>Figura 6 A a D</b> – Conjunto de dados comparativos de volume útil (%) do reservatório de Furnas, MG nos anos de 2011 a 2014, respectivamente.	135
<b>Figura 7</b> - Representação esquemática de alteração da qualidade de lagos e reservatórios. (Martins, 2008).	153
<b>Figura 8. A</b> - O sedimento ao chegar no laboratório; <b>B</b> - Sedimento depois de seco na estufa; <b>C</b> e <b>D</b> - Após a secagem, a parte vegetal presente nas amostras foram separadas das amostras de sedimento por peneiramento.	154
<b>Figura 9. A</b> - amostras sendo digeridas no microondas; <b>B</b> - seleção da metodologia EPA 3051, para a realização da digestão, sendo pesado 0,5 g de amostra e 10 ml de ácido Nítrico	154
<b>Figura 10</b> - Ilustração das brânquias de tilápia do Nilo, podendo ser observados os canais marginal (cm) e proximal (cp) e os parâmetros mensurados morfometricamente. A: altura potencialmente funcional da lamela; B: altura total da lamela; C: distância entre lamelas (interlamelar); D: espessura do epitélio da lamela.	167
<b>Figura 11</b> - Fotomicrografias das brânquias de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). Notar lamelas (*), distância entre as lamelas (dl), canal proximal (#), eritrócitos (e), células mucosas (seta preta) e células cloreto (seta branca). Em A e C: Azul Alciano; em B: Hematoxilina-eosina.	168
<b>Figura 12.</b> A - Draga de Ekman-Birge; B – Puçá para coleta.	174
<b>Figura 13.</b> Etapas do processamento de amostras de macroinvertebrados bentônicos. <b>A</b> – lavagem de substrato em água corrente com peneira; <b>B</b> – triagem e identificação taxonômica em microscópio estereoscópio.	175
<b>Figura 14</b> – Dendrograma de similaridade para os pontos de coleta em setembro de 2013. Índice de similaridade de Bray-Curtis. Correlação cofenética de 0,9185.	179
<b>Figura 15</b> – Dendrograma de similaridade para os pontos de coleta em dezembro de 2013. Índice de similaridade de Bray-Curtis. Correlação cofenética de 0,9134.	180

**META 05 Adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e Gestão Ambiental Territorial para Sustentabilidade da Aquicultura** 194

**Figura 1.** Formulário de análise de vantagens competitivas de empreendimentos aquícolas, conforme contexto de adoção de Boas Práticas de Manejo, nos parques aquícolas de Capitólio / Guapé (MG) - material de apoio para a 'Oficina sobre Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas', Capitólio, 12 de agosto de 2013. 199

**Figura 2.** Índices de desempenho ambiental e adoção de Boas Práticas de Manejo obtidos para a Piscicultura C, em área aquícola de Guapé (MG). Novembro de 2013. 203

## SUMÁRIO DE TABELAS

<b>META 01 Compilação das condições sociais, econômicas e ambientais dos Parques Aquícolas e pontos amostrais</b>	33
<b>Tabela 1:</b> Uso e cobertura dos solos da MB1 (parte oeste do Parque Guapé 1).	38
<b>Tabela 2:</b> Uso e cobertura dos solos da MB2 (parte leste do Parque Guapé 1).	40
<b>Tabela 3:</b> Uso e cobertura dos solos da MB3 (área de influência direta do Parque Guapé 4).	42
<b>Tabela 4:</b> Uso e cobertura dos solos da MB4.	44
<b>META 02 Sistema de Informações Geográficas – SIG</b>	47
<b>Tabela 1.</b> Agrotóxicos utilizados na cultura do café na região do reservatório de Furnas (Silva, 2012).	53
<b>META 03 Implantação de Estações de Monitoramento em Tempo Real</b>	57
<b>Tabela 1:</b> Denominação e características da localização das Plataformas.	67
<b>Tabela 2:</b> Configuração dos sensores da Plataforma Principal e Plataformas Secundárias.	69
<b>Tabela 3:</b> Campanhas de campo realizadas para manutenção das Plataformas.	75
<b>Tabela 4.</b> Pontos de coleta, com latitude e longitude, utilizados na área objeto de estudo no reservatório de Furnas (MG).	113
<b>Tabela 5.</b> Média e Desvio Padrão das variáveis ambientais obtidas com a sonda multiparâmetros.	113
<b>Tabela 6.</b> Média e Desvio Padrão do fluxo difusivo de metano e metano dissolvido por ponto de amostragem.	114
<b>Tabela 7.</b> Média e desvio padrão do fluxo difusivo de metano e metano dissolvido por braço, com o número de fluxos validados (n).	114
<b>Tabela 8.</b> Ocorrência e fluxo ebulitivo de metano ponderado por área de ocorrência por braço.	117
<b>META 04 Avaliação Zootécnica e Ambiental</b>	120
<b>Tabela 1.</b> Níveis de garantia do fabricante em relação ao fósforo nas rações utilizadas pelos produtores entrevistados.	124
<b>Tabela 2.</b> Caracterização produtiva das pisciculturas localizadas na área objeto de estudo do Projeto Furnas.	129
<b>Tabela 3 -</b> Comparação entre os parâmetros mínimos solicitados no Anexo VI da Resolução CONAMA 413 de 2009 – Programa de Monitoramento Ambiental - e os parâmetros medidos no Projeto Furnas.	131

<b>Tabela 4.</b> Pontos de coleta das amostras de água para avaliação de parâmetros limnológicos.	131
<b>Tabela 5 –</b> Tabela de conjunto de dados comparativos de volume útil (%) do reservatório de Furnas, MG nos anos de 2011 a 2014, respectivamente.	
Fonte Operadora Nacional de Sistema (ONS).	136
<b>Tabela 6 –</b> Amplitude de variação dos parâmetros de qualidade da água, nas áreas de cultivo de tilápia do Nilo em tanques-rede, no Reservatório de Furnas, municípios de Capitólio, Guapé e Pimenta.	137
<b>Tabela 7.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO; $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ; $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.	146
<b>Tabela 8.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.	146
<b>Tabela 9.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.	147
<b>Tabela 10.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO; $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ; $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.	148
<b>Tabela 11.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.	148
<b>Tabela 12.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.	149
<b>Tabela 13.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO; $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ; $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.	150
<b>Tabela 14.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.	150



<b>Tabela 15.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.	151
<b>Tabela 16 -</b> Dados de média e desvio padrão de pH, condutividade ( $\text{mS.cm}^{-1}$ ), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), amônia ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) da água de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.	158
<b>Tabela 17 -</b> Dados de média e desvio padrão (N = 10) de peso vivo (PV; g), comprimento total (CT; cm), comprimento parcial (CP; cm), peso das vísceras (PVS; g), peso do fígado (PF; g), Índice Hepatosomático (IHS; %) e Índice Viscerssomático (IVS; %) das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.	159
<b>Tabela 18 -</b> Dados de média e desvio padrão de hematócrito (Hct; %), hemoglobina (Hb; $\text{g.dL}^{-1}$ ), eritrócito (Eri; $\mu\text{L}^{-1}$ ), VCM (fL) e CHCM (%) do eritrograma das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.	162
<b>Tabela 19 -</b> Dados de média e desvio padrão dos parâmetros do leucograma de leucócitos totais ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), neutrófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), linfócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), monócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), eosinófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), basófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), CGE ( $\mu\text{L}^{-1}$ ) e trombócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ) das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.	162
<b>Tabela 20 –</b> Parâmetros morfométricos das brânquias de tilápia do Nilo provenientes de três diferentes produtores. AF: altura potencialmente funcional da lamela; AT: altura total da lamela; DL: distancia entre lamelas; EL: espessura do epitélio da lamela. Valores médios $\pm$ E.P.M.	168
<b>Tabela 21.</b> Limites de Detecção e Quatificação de filés de tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG, analisadas utilizando cromatografia líquida acoplada ao espectrômetro de massas (LC-MS/MS).	171
<b>Tabela 22.</b> Limites de Detecção e Quatificação de filés de tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG analisadas utilizando cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (GC-MS/MS).	172
<b>Tabela 23 -</b> Índice da Comunidade Bentônica para região sublitoral de reservatórios ( $\text{ICB}_{\text{RES-SL}}$ ).	176
<b>Tabela 24 -</b> Índice da Comunidade Bentônica para região profunda de reservatórios ( $\text{ICB}_{\text{RES-P}}$ ).	177
<b>Tabela 25 –</b> Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área profunda para setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	177

<b>Tabela 26</b> – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área profunda para dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	177
<b>Tabela 27</b> – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área marginal para setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	178
<b>Tabela 28</b> – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área marginal para dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	178
<b>Tabela 29</b> - Matriz de abundância de macroinvertebrados bentônicos coletados em setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	181
<b>Tabela 30</b> - Matriz de abundância de macroinvertebrados bentônicos coletados em dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.	182
<b>META 05 Adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e Gestão Ambiental Territorial para Sustentabilidade da Aquicultura</b>	194
<b>Tabela 1.</b> Resultados da Oficina sobre Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas	200
<b>Tabelas 2:</b> Indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) no Empreendimento: Piscicultura A – Associação de produtores.	207
<b>Tabelas 3:</b> Indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) no Empreendimento: Piscicultura B (produtor familiar individual).	208
<b>Tabelas 4:</b> Indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) no Empreendimento: Piscicultura C (produtor empresarial de médio porte).	208

## SUMÁRIO DE GRÁFICOS

<b>META 04 Avaliação Zootécnica e Ambiental</b>	120
<b>Gráfico 1 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: pH; B: temperatura ( $^{\circ}$ C), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	137
<b>Gráfico 2 A.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de oxigênio dissolvido (OD; ppm), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	139
<b>Gráfico 3 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: Demanda Química de Oxigênio (DQO; mg.L-1); B: Demanda Bioquímica de Oxigênio5 (DBO5; mg.L-1), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	140
<b>Gráfico 4 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: condutividade elétrica ( $\mu$ S.cm-1); B: turbidez (UNT), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	140
<b>Gráfico 5 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: transparência (m); B: Cor, coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	141
<b>Gráfico 6 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: nitrato (mg.L-1); B: nitrogênio total (mg.L-1), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	142
<b>Gráfico 7.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de nitrogênio amoniacal (mg.L-1) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	143
<b>Gráfico 8 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: fósforo total (mg.L-1); B: fosfato total (mg.L-1), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	143
<b>Gráfico 9.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de fosforo dissolvido (mg.L-1), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	144
<b>Gráfico 10 A e B.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de A: acidez total (mg.L-1); B: alcalinidade total (mg.L-1), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	145
<b>Gráfico 11.</b> Valores médios $\pm$ desvio padrão de dureza (mg.L-1) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.	145
<b>Gráfico 12 -</b> Concentrações médias $\pm$ D.P.M de Hidroperóxido de Lipídio (nmol. mg. proteína <sup>-1</sup> ) <b>A</b> - hepático e branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9).	163

**Gráfico 13** - Concentrações médias  $\pm$  D.P.M de GST ( $\text{mU.mg.proteína}^{-1}$ ) **A** - hepático e **B** - branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9). 164

**Gráfico 14**- Médias  $\pm$  D.P.M da atividade hepática da CAT ( $\text{UB. mg proteína}^{-1}$ ) hepático e branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9). 164

**Gráfico 15**- Média  $\pm$  E.P.M de MT ( $\mu\text{gMT.mg proteína}^{-1}$ ) encontradas no **A** - fígado e **B** - brânquias de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9). 164

## I - Introdução Geral

A produção mundial de pescado vem aumentando nos últimos anos e enquanto a oferta de pescado proveniente da pesca esta se estabilizando a produção da aquicultura esta em franca expansão. A pesca de captura e a aquicultura supriram o mundo com aproximadamente 148 milhões de toneladas de peixe em 2010, com um total de US\$ 217 bilhões. Somente a aquicultura produziu em 2010, 60 milhões de toneladas com valor estimado de US\$ 119 milhões (SOFIA, 2012).

No Brasil o quadro é semelhante ao mundial, dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) mostram que no ano de 2011 o Brasil produziu aproximadamente 630 mil toneladas de pescado proveniente da aquicultura e que destes 544 mil provem da aquicultura continental (MPA, 2012). O atual contexto de crescimento da aquicultura mundial e nacional exige não somente incentivos de estruturação e ordenamento da cadeia produtiva, mas também maior atenção para as questões de monitoramento e gestão ambiental. Duarte et al. (2009) estimam que a aquicultura aumentará substancialmente a produção nas próximas décadas em função da aumento populacional e da demanda por proteína animal. Provavelmente ecossistemas e locais favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura sofreram pressões maiores das experimentadas até agora. Desta forma a avaliação da capacidade de suporte de um ambiente de produção aquícola, e conseqüentemente, a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e a regulamentação ambiental são pré-requisitos indispensáveis para o desenvolvimento sustentável da aquicultura (Karakassis, 2013).

No cenário mundial de produção o Brasil esta entre os países que mais aumentou sua produção e é citado ainda por seu enorme potencial produtivo. Consciente da capacidade nacional o Governo Federal criou o MPA e uma base legal que permite a estruturação e ordenamento da aquicultura. Das regulamentações que envolvem a atividade uma das mais promissoras é o Decreto nº4.895 de 2003 que dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Desta forma fica permitido, após aprovação legal, o uso de águas públicas para o cultivo de organismos aquáticos. O ordenamento e planejamento da aquicultura em águas da União abrange desde a demarcação de Parques Aquícolas para o cultivo como a possibilidade de solicitação de Áreas Aquícolas. Para isso o Governo Federal promove estudos de zoneamento e demarcação de Parques Aquícolas para a produção de peixes em tanques rede em reservatórios da União. A metodologia utilizada para o zoneamento destes parques consiste da execução de estudos multidisciplinares avaliando

características sociais, ambientais e econômicas (Bueno et al., 2013). Os estudos identificam as melhores áreas e estimam a capacidade máxima de produção sem comprometer a estabilidade ambiental local evitando ainda conflitos de interesse de uso de recursos hídricos (Bueno et al., 2013). O principal objetivo do plano é zonedar os reservatórios para a instalação de Parques Aquícolas com um plano de manejo e monitoramento ambiental. Entretanto, ainda é preciso definir quais são as principais variáveis que afetam diretamente o desempenho zootécnico e a sustentabilidade ambiental da produção de peixes em tanques rede em reservatórios de modo a subsidiar o MPA na implantação de protocolo de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura nesses ambientes.

A aquicultura em tanques rede em águas públicas já é a principal forma de cultivo de organismos aquáticos em países da Ásia (Beveridge, 2004) e em países da Europa como Noruega. O Brasil tem potencial de se tornar o maior produtor de peixes em tanques rede no mundo. Porém, os dados do último censo aquícola nacional indicam que o cultivo de peixes em viveiros é a modalidade predominante, enquanto a piscicultura em tanques rede representa 8% da modalidade (MPA, 2008). Apesar da amplitude da piscicultura em viveiros o setor promissor que permitirá crescimento de produção é a piscicultura em tanques rede. Segundo dados da ANEEL (2011) no Brasil existem mais de 5,5 milhões de hectares de águas represadas em lagos e reservatórios. Dessa forma, com o crescimento da piscicultura em tanques rede cresce também a necessidade de monitoramento e o controle ambiental.

Apesar dos benefícios econômicos e sociais, os empreendimentos de piscicultura em águas públicas devem ser planejados, ordenados e monitorados para evitar os riscos ambientais (Costa-Pierce & Bridger, 2002). Os impactos do cultivo em tanque rede podem estar relacionados ao aumento no fluxo de nutrientes particulados e dissolvidos (Guo, 2003; Sugiura et al., 2006; Gondwe et al., 2011), pela contaminação por compostos químicos através do uso de antibióticos, pesticidas, parasiticidas, anestésicos e desinfetantes (Burrige et al., 2010), pela redução localizada do oxigênio dissolvido (Hamblin & Gale, 2002) e ocorrência de bloom de algas tóxicas (Sowles, 2009), dentre outros.

Por ser uma modalidade ainda em desenvolvimento no Brasil a necessidade de desenvolvimento de métodos de avaliação de impactos e que possibilitem ainda o cumprimento com as legislações ambientais, melhore o manejo do empreendimento e mantenham a qualidade ambiental são primordiais. Paralelamente ao desenvolvimento e à intensificação da aquicultura, cresce a necessidade de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, visando ao manejo da capacidade de suporte e à gestão ambiental da aquicultura. Dessa forma, no intuito de atender à

legislação vigente, faz-se necessário informar quais medidas serão tomadas para manutenção dos padrões de qualidade da água estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, que impõe limites para os parâmetros físico-químicos e teores de substâncias potencialmente prejudiciais para cursos de água destinados para a aquicultura. Portanto, para resolver essas questões é necessário identificar e definir um conjunto mínimo de indicadores para o monitoramento ambiental da aquicultura brasileira e que possam servir de base para a construção de um Plano de Monitoramento Ambiental. A construção de um Plano de Monitoramento será fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável da aquicultura em águas públicas

Dentre as recomendações para se conseguir um desenvolvimento sustentável da aquicultura destacam-se o aumento e melhoria das ferramentas de monitoramento, incluindo mecanismos de medições contínuas das condições ambientais, tais como temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido. O que possibilita aos produtores responderem rapidamente às condições desfavoráveis. Portanto, além de cumprir as exigências legais, o monitoramento é ainda uma ação de grande interesse para o produtor aquícola, uma vez que permitirá ao aquícultor maximizar sua produção por meio de uma melhoria na sua gestão e reafirmando seu compromisso com a qualidade ambiental.

A obrigatoriedade de monitoramento e a importância desta ferramenta para a autogestão dos empreendimentos exigem que o protocolo de monitoramento nacional seja de fácil acesso e implementação. Por isso, iniciativas de minimizar o número de parâmetros, através do uso de conhecimento local e um conjunto adequado e suficiente de indicadores, integrados com o desenvolvimento de procedimentos de amostragem simples podem contribuir na consolidação desta ferramenta. A estratégia mais adequada e eficiente para manter o ritmo atual de crescimento da aquicultura no Brasil é a adoção de sistemas de produção mais competitivos e sustentáveis. Dessa forma, a aquisição de dados em alta frequência no tempo e a descoberta de possíveis relações entre os parâmetros ambientais com os dos sistemas de produção de peixes em tanques rede podem se tornar ferramentas que possibilitem melhorar a gestão dos empreendimentos, diminuindo possíveis impactos ambientais (Sampaio et al., 2013).

A aquisição de dados realizados em campanhas de campo são, muitas vezes, insuficientes para detectar variações nos ecossistemas aquáticos impossibilitando a compreensão de fenômenos e estudos conclusivos. Além disso, o monitoramento de variáveis em campo podem se tornar ineficientes em função da frequência necessária e dimensões da área investigada (Lima et al, 2006). Uma alternativa é o monitoramento contínuo efetuado por Plataformas Automáticas de

Coleta de Dados (PCD). Estes sistemas são formados por um coletor de dados, conjuntos de sensores e fonte de energia (bateria elétrica e painel solar). A memória de armazenamento do coletor de dados registra as medidas dos sensores em uma frequência pré-determinada. Nos sistemas PCD mais simples, os registros armazenados são transferidos do sistema por leitura da memória do coletor de dados em operações periódicas efetuada localmente. Também existem sistemas que incorporam a capacidade de transmissão de dados, usando rádio, a estrutura da telefonia celular ou mesmo satélites orbitais. Parâmetros mais comuns de qualidade de águas medidos pelas PCD são: pH, oxigênio dissolvido, condutividade, clorofila, turbidez e temperatura. Os sensores podem ser individuais ou combinados (sondas multiparâmetros).

As PCD têm sido usadas para estudos em ambientes aquáticos em vários locais do país coletando dados em alta frequência. Novo et al, (2009) usou dados de concentração de clorofila coletados diariamente durante um ano para correlacionar com informação de imagens de satélite (índice de vegetação normalizado) para o reservatório de Funil (Resende, RJ), obtendo bons resultados. Alcântara (2006) combinou o uso do monitoramento em alta frequência oferecido por uma PCD com a análise espaço-temporal oferecida pelas imagens do sensor MODIS para estudar o fluxo de sedimentos na planície de inundação de Curuaí, na bacia hidrográfica do rio Amazonas. A Agência Nacional de Águas (ANA) vem realizando monitoramento hidrometeorológico, possuindo 283 estações com capacidade de telemetria em sua rede de coleta de dados usando o enlace por satélites visando o monitoramento em tempo real e disponibilização de dados. Para fins do monitoramento da aquicultura, a coleta de dados em alta frequência de características físicas, químicas e biológicas da água que afetam diretamente a criação é fundamental para o aumento da eficiência, avaliação de riscos da atividade e compreensão das inter-relações entre a produção e o ambiente. Porém no Brasil não se tem conhecimento do uso de PCD para tal finalidade.

Muitos eventos de variação temporal rápida correm o risco de ser ignorados em esquemas amostrais com períodos longos entre as coletas, impossibilitando associações entre causas e efeitos. A coleta da temperatura local, da água e do ar, de forma contínua por uma PCD, por exemplo, permite por meio de ferramentas estatísticas, avaliar o risco para a atividade associando as informações de alta frequência com dados de séries históricas de temperatura do ar de estações meteorológicas próximas, contribuindo assim, para o planejamento de um sistema produtivo adequado.

Para o Projeto Furnas esta sendo testado o uso de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA), PCD desenvolvido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e instituições parceiras. Trata-se de um equipamento automatizado, para coleta



automatizada de dados de parâmetros limnológicos e meteorológicos, composto por sondas multiparâmetros de qualidade da água e por Plataformas Automáticas de Coleta de Dados com transmissão via satélites SCD (Magina et al., 2009). Portanto, considerando a obrigatoriedade de monitoramento, é evidente a importância desta ferramenta para a gestão dos empreendimentos aquícolas. Acrescenta-se ainda que ferramentas computacionais que disponibilizem o acesso dinâmico on-line via web à informação atualizada e aos métodos de baixo custo, que podem trazer ao produtor uma forma fácil e rápida de verificar, em um único local, se suas práticas atuais atendem às BPM. Assim, faz-se possível aperfeiçoar outras ferramentas de monitoramento e efetivá-las em função da alta frequência de dados monitorados pelo SIMA.

Para uso do SIMA com o objetivo de monitorar a aquicultura em tanques rede em reservatórios, além do uso da plataforma principal que coleta dados meteorológicos e limnológicos, foi proposta a adaptação de pequenas plataformas secundárias para coletar dados limnológicos com sonda multiparâmetros e a temperatura da água em diferentes profundidades. Essa estratégia tem possibilitado uma cobertura maior do local de produção selecionado em uma grande área amostral. A partir da alta frequência de coleta dos parâmetros amostrados pelas PCD será possível efetuar a modelagem das variações espaciais e temporais dos parâmetros avaliados e também realizar o seu mapeamento para uma maior compreensão.

A escolha do local e a capacidade de suporte estão entre os aspectos mais importantes para o sucesso da aquicultura, e precisam ser definidos em conformidade com a sustentabilidade, resiliência e orientações de boas práticas (Ross et al., 2011). As bases científicas baseadas em modelos próprios para cada região geográfica são imprescindíveis para o monitoramento da aquicultura e estes modelos uma vez validados, devem ser adotados para ajudar o licenciamento, gestão e acompanhamento dos procedimentos efetivados (Fernandes et al., 2001). O documento da FAO (2009), que trata do monitoramento ambiental da aquicultura, salienta a necessidade de obtenção de dados nacionais como fator essencial na construção de ferramentas para o monitoramento e gestão ambiental da aquicultura. A FAO aponta ainda que o monitoramento sem uma política efetiva de gestão ambiental pode se tornar uma ferramenta inútil, elevando a burocracia para o desenvolvimento do setor, servindo, em alguns casos como barreira comercial. Dentre as orientações da FAO para o estabelecimento de um plano de monitoramento ambiental está a necessidade constante de análise dos dados fornecendo um feedback tanto para o setor aquícola quanto em nível gerencial, melhorando a capacidade de gestão como um todo. O monitoramento deve considerar, portanto, a disponibilidade de recursos e a capacidade útil de analisar os dados gerados.

A aquicultura tem utilizados modelos ambientais, como ferramentas matemáticas, que permitem previsões de mudanças ambientais e suas consequências. Os modelos ambientais são usados ainda para gestão e exploração simulando a qualidade da água dentro do sistema de produção para auxiliar na previsão de mortalidade dos organismos em cultivos e diminuir danos (Beveridge, 2004).

Diferentes países ou regiões podem usar indicadores específicos de mudança que são implementados como parte do processo inicial para o monitoramento contínuo do ambiente. Países como a Noruega e o Canadá, que estabeleceram Padrões Normativos de monitoramento, criaram seus Protocolos com base em dados nacionais coletados ao longo dos anos. Dados do governo canadense revelam que o Programa de Aquicultura Sustentável teve como prioridade o uso de investimentos em pesquisa em monitoramento como base para tomada de decisões regulatórias.

Na Noruega o Modelling-On growing fish farms-Monitoring (MOM – sigla em inglês), é o modelo legalmente exigido pelos órgãos governamentais para a escolha dos locais de maricultura. O modelo MOM foi desenvolvido para estimar a capacidade de retenção dos locais para a aquicultura em tanques rede (Stigebrandt et al., 2004). O MOM inclui um programa de monitoramento de Padrões de Qualidade Ambiental (Hansen et al, 2001) com o objetivo de monitorar o ambiente para que os impactos não excedam os níveis que salvaguardem o bem estar dos peixes e o meio ambiente. São três exigências básicas a serem cumpridas a fim de garantir a produção a longo prazo nos locais selecionados: o acúmulo de matéria orgânica nas proximidades das áreas de produção não devem resultar na extinção da macrofauna bentônica; a qualidade da água nos tanques rede deve atender às necessidades fisiológicas dos peixes; a qualidade da água nas áreas do entorno do local de produção que não devem contribuir para floração de algas ou para as baixas concentrações de oxigênio.

A União Européia desenvolveu o projeto “Abordagem Ecológica para a Aquicultura Sustentável” (ECASA – em inglês) com o objetivo principal de auxiliar os órgãos reguladores na seleção de ferramentas corretas para a avaliação dos impactos ambientais da aquicultura. O projeto consiste na identificação de indicadores quantitativos e qualitativos dos efeitos da aquicultura sobre o meio ambiente e vice-versa. Uma vasta gama de indicadores e modelos foram desenvolvidos por cientistas ao longo dos últimos 20 anos. Após a seleção destes indicadores eles foram testados em diferentes regiões da Europa de importância para a aquicultura, sendo posteriormente adotados pelos organismos reguladores.

Nesse sentido, um dos grandes questionamentos sobre a sustentabilidade da aquicultura é a falta de métodos para compreender seus possíveis impactos ambientais (Boyd et al., 2003). Além disso, o monitoramento de parâmetros limnológicos essenciais à produção aquícola tem sido realizado com coletas espaçadas no tempo por dias ou semanas, o que não permite o acompanhamento detalhado das variações desses parâmetros em intervalos menores, de horas ou minutos, cuja ocorrência já pode ser detectada (Alcântara et al., 2011; Alcântara, 2006; Lopes et al., 2011; Magina et al., 2009; Novo et al., 2006).

Deste modo, para resolver as preocupações ambientais é necessário desenvolver um conjunto mínimo de indicadores de importante representação para o monitoramento ambiental da aquicultura brasileira e que possa servir de base para a construção de um plano de monitoramento e gestão ambiental. Dentre as recomendações para se conseguir um desenvolvimento sustentável da aquicultura destacam-se o aumento e melhoria das ferramentas de monitoramento, incluindo mecanismos de medições contínuas das condições ambientais, tais como temperatura, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, o que possibilita aos produtores responderem rapidamente às condições desfavoráveis e tomarem medidas que possam ser decisórias para o sucesso da atividade. Portanto, além de cumprir as exigências legais, o monitoramento é ainda uma ação de grande interesse para o produtor aquícola, uma vez que permitirá ao aquicultor maximizar sua produção por meio de uma melhoria na sua gestão, reafirmando seu compromisso com a qualidade ambiental.

Diante disso, o Projeto Furnas aprovado junto ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) no final do ano de 2011, executou diversas atividades de pesquisa durante 2012 e 2013, e finalizará suas atividades no ano de 2014. Essas pesquisas têm como objetivo desenvolver um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanques rede, assim como a adoção de BPM para a gestão ambiental de Parques Aquícolas.

## **1.1 Área Objeto de Estudo**

De forma a facilitar a compreensão do presente Relatório se faz necessário uma descrição da área objeto de estudo, pois as atividades desenvolvidas no ano de 2013 foram todas executadas neste local.

A área objeto de estudo compreende quatro braços do reservatório de Furnas, todos localizados no município de Guapé (MG), no braço do Rio Grande. No braços 1 e 2 está a delimitação do polígono do Parque Aquícola Guapé I. No braço 3 foi delimitado o polígono do

Parque aquícola Guapé IV e no braço 4 esta localizada uma Área Aquícola. No braço 1 não existem pisciculturas esse ponto foi incluído na área de produção para que os dados de monitoramento pudessem ser comparados a uma área sem influência direta da produção de peixes. Nos demais braços existem pisciculturas.

No braços 1 e 2 (B1 e B2) está a delimitação do polígono do Parque Aquícola Guapé I. No braço 3 (B3) foi delimitado o polígono do Parque aquícola Guapé IV e no braço 4 (B4) esta localizada uma Área Aquícola. No B1 não existem pisciculturas, no B2 existem duas pisciculturas, sendo uma individual e a outra coletiva. O B3 possui 8 pisciculturas entre individual e coletiva e é onde se concentram os maiores grupos de produtores. No B4 esta localizado somente um produtor individual, porém é o produtor com caracter empresarial e com maior número de tanques rede e maior volume de produção. Foram realizados diagnósticos produtivos de todos os 11 empreendimentos localizados na área de estudo. Ao todo estão sendo monitorados cerca de 817 tanques rede, com uma estimativa de produção de 608 kg/ciclo de produção. Desta forma a área total monitorada compreende 2.500 ha.

A Figura 1 ilustra a disposição dos braços no Reservatório. Os polígonos dos parques são representados pelas linhas azul e roxo estão as delimitações da área de produção. As cruces em amarelo correspondem aos tanques rede sem representa-los numericamente. As demarcações foram realizadas com o objetivo de compreender a distribuição dos mesmos nos braços. A dificuldade de levantamento exato do número de tanques rede alteram constantemente em função de alterações no nível da água, da época do ano e das safras de produção e etc.



**Figura 1:** Área objeto de estudo compreendendo os Braços 1 a 4. Os polígonos em azul e roxo do B1 e B2 correspondem respectivamente a área do Parque Aquícola Guapé I, e a área de produção do mesmo. No B3 as áreas correspondem da mesma forma ao Parque Aquícola Guapé IV. No B4 as áreas demarcadas correspondem a uma Área Aquícola. As cruces em amarelo correspondem aos tanques rede sem representa-los numericamente.

A Figura 2 ilustra o posicionamento das Plataformas fundeadas na área objeto de estudo. Foi instalada uma Plataforma Secundária nos braços 1, 2 e 4. No braço 3 foram instaladas duas Plataformas Secundárias e uma Plataforma Principal.

As atividades desenvolvidas para monitoramento ambiental da área objeto de estudo e que detalham ainda mais o uso e ocupação estão descritas nos capítulos de I a V.



**Figura 2:** Área objeto de estudo compreendendo os Braços 1 a 4. Nos Braços 1, 2 e 4 foram fundeadas as Plataformas Secundárias 1, 2 e 6. No Braço 3 foram fundeadas as Plataformas Secundárias 3 e 4 e a Plataforma Principal 5.

## Referências bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 2011. Relatórios Anuais, Brasília, DF.

ALCÂNTARA, E. H. Análise da turbidez na planície de inundação de Curuaí (PA, Brasil) integrando dados telemétricos e imagens MODIS/terra. 2006. 220f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

ALCÂNTARA, E. H.; NOVO, E. M. L. de M.; STECH, J. L. In: ———. Novas tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos. Rio de Janeiro: Parêntese, 2011. 328 p.

BEVERIDGE, M.C.M., Cage Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. DE; WHITIS, G. N.; HULCHER, R.; OAKES, P.; CARLISLE, J.; ODOM JR., D.; NELSON, M. M.; HEMSTREET, W.G. Best management practices for channel catfish farming in Alabama. Montgomery, March 2003. 38 p.

BUENO, G.W., OSTRENSKY, A., CANZI, C., MATOS, F.T., ROUBACH, R. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. *Reviews in Aquaculture* (2013) 5, 1–12.

BURRIDGE, L., WEIS, J.S., CABELLO, F., PIZARRO, J., BOSTICK, K. Chemical use in salmon aquaculture: a review of current practice and possible environmental effects. *Aquaculture* 306: 7-23. et al., 2010).

COSTA-PIERCE, B.A, BRIDGER, C.J. The role of marine aquaculture facilities as habitat and ecosystems. In: Stickney RR, McVey JP (eds) *Responsible Marine Aquaculture*, pp. 105-144. CABI-Publishing, Wallingford. 2002).

DUARTE, C.M., HOLMER, M., OLSEN, Y., SOTO, D., MARBÀ, N., GUIU, J., BLACK, K., KARAKASSIS, I., 2009. Will the oceans help feed humanity? *Bioscience*, 59: 967-976.

FERNANDES, T. F.; ELEFThERIOU, A.; ACKEFORS, H.; ELEFThERIOU, M.; ERVIK, A.; SANCHEZ-MATA, A.; SCANLON, T.; WHITE, P.; COCHRANE, S.; PEARSON, T. H. READ, P. A. The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*. v. 17, n. 4, p. 181-193, 2001. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [FAO] (2009). Environmental impact assessment and monitoring in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 527. Rome, FAO. 2009. 57p.

GONDWE M.J.S., GUILDFORD, S.J., HECKY, R.E. 2011. Carbon, nitrogen and phosphorus loading from tilapia fish cages in Lakes Malawi and factors influencing their magnitude. *Journal of Great Lakes Research* 37:93-101.

GUO, L. 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish Cage-culture on the communities of shallow lake in middles Yangtze River basin China. *Aquaculture* 226: 201-212.

HAMBLIN, P.F., GALE, P. 2002. Water quality modeling of caged aquaculture impacts in Lake Wolsey, North Channel of Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research* 28: 32-43.

HANSEN, P.K., ERVIK, A., SCHAANNING, M., JOHANNSEN, P., AUREM J., JAHNSEN, T, STIGEBRANDT, A. 2001. Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming: II. The

monitoring programme of the MOM system (Modeling-Ongrowing fish farming-Monitoring). *Aquaculture*, 194: 75-92.

KARAKASSIS, I. 2013. Environmental interactions and initiatives on site selection and carrying capacity estimation for fish farming in the Mediterranean. In L.G. Ross, T.C. Telfer, L., Falconer, D. Soto & J. Aguilar-Manjarrez, eds. Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture, pp. 161-170. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6-8 December 2010. Stirling, The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings no. 21. Rome, FAO. 282 pp.

LIMA, I. B. T.; BARBOSA, C. C.; NOVO, E. M. L. M.; CARVALHO, J. C.; STECH, J. L. Localização de áreas de monitoramento telemétrico em ambientes aquáticos da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 331-334, 2006.

LOPES, E. S. S.; MAGINA, F. C.; ALVES, M. L. (2011) Sistema automático de alerta da qualidade da água do rio Paraíba do Sul – uma aplicação do SISMA DEN. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Anais... Curitiba: INPE, maio de 2011, p. 1233-1239.

MAGINA, F. C.; REIS, B. J.; ALVES, M. L.; SANTOS, R. J. T. P. Rede de plataformas de coleta de dados para monitoramento automático da qualidade da água do rio Paraíba do Sul. Anais... XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal: INPE, abril de 2009.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasil, 2009 – 2010.

NOVO, E. M. L. DE M.; STECH, J. L.; LONDE, L. R. et al. Integração de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA) e de imagens orbitais na avaliação do estado trófico do Reservatório da UHE Funil. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 4797- 4804.

NOVO, E. M. L. M.; BARBOSA, C.C. ; FREITAS, R. M. ; SHIMABUKURO, Y. E.; MELACK, J. M. ; PEREIRA FILHO, W. Seasonal changes in chlorophyll distributions in Amazon floodplain lakes derived from MODIS images. *Japanese Journal of Limnology*, v. 1, pp. 1-9. 2006.

ROSS, L.G., FALCONER, L.L., CAMPOS MENDONZA, A., MARTINEZ PALACIOS, C.A. (2013). Spatial modelling for freshwater Cage location in the Presa Adolfo Mateos Lopez (El Infiernillo), Michoacan, Mexico. *Aquaculture Research*, 42: 797-807..

SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques rede em reservatórios. Informe Agropecuário. *Piscicultura: uma visão para o futuro*. Belo Horizonte, v.34, n.272, p.1-11, 2013.

SOFIA, The State Of World Fisheries And Aquaculture, Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome, 2012 (2012).

STIGEBRANDT, A., AURE, J., ERVIK, A., HANSEN, P.K. 2004. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming: III. A model for estimation of the holding capacity in the Modeling-Ongrowing fish farming-Monitoring systems. *Aquaculture*, 234 (1-4): 239-261.



SUGIURA, S.H., MARCHANT, D.D., KESLEY, K., WIGGINS, T., FERRARIS, R.P. 2006. Effluents profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. *Environmental Pollution* 140: 95-101.

# META 01

---

## Compilação das condições sociais, econômicas e ambientais dos Parques Aquícolas e pontos amostrais



### Coordenador de Execução da Meta

Dra. Fernanda Garcia Sampaio  
pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna  
2014

## **Equipe Técnica**

Alfredo José Barreto Luiz  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

Marcos Corrêa Neves  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

Mayara Bacega de Oliveira  
Bolsista – Universidade Salesiana de São Paulo

Bruna Ester Cara  
Bolsista – Faculdade de Jaguariúna

## I. Introdução

As principais atividades da Meta 1 “Compilação das condições sociais, econômicas e ambientais dos Parques Aquícolas e pontos amostrais” foram executadas e apresentadas no Relatório de Atividades de 2012. Foram avaliados o comportamento das variáveis limnológicas e meteorológicas do Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) instalado anteriormente no reservatório de Furnas; feito estudo dos que geraram a demarcação dos Parques Aquícolas do Reservatório de Furnas realizado por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais; feita a caracterização e construído mapas do uso e ocupação do solo no entorno da região de abrangência da área onde estão demarcados os Parques Aquícolas, identificando os principais usos; e feita a caracterização da distribuição espacial e temporal dos atributos de qualidade da água inferidos por imagens de sensoriamento remoto do passado sobre o reservatório de Furnas.

Além disso, todo Reservatório foi percorrido para diagnóstico das condições sociais, econômicas, ambientais e produtivas dos Parques Aquícolas. Com base nestes resultados foi possível realizar o diagnóstico do Reservatório e dar subsídios para a definição da área objeto de estudo.

Porém somente após a definição desta área ainda em 2012 foi possível a validação das Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) do Parque Aquícola objeto do estudo cujo os resultados são apresentados no presente Relatório.

## II. Metas Empregadas

---

### ATIVIDADES:

#### 1.1 Compilar dados:

- i) do INPE (Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) instalado anteriormente no reservatório de Furnas) para avaliar o comportamento das variáveis limnológicas e meteorológicas.  
**EXECUTADO EM 2012**
-

---

**ATIVIDADES:**

ii) os relatórios da UFMG que geraram a demarcação dos Parques Aquícolas do Reservatório de Furnas e da Licença Prévia e condicionantes geradas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais (SEMAD). **EXECUTADO EM 2012**

---

**ATIVIDADES:**

1.2 Elaboração de diagnóstico do Parque Aquícola objeto de estudo:

- i. Caracterizar e mapear o uso e ocupação do solo (urbano e rural) no entorno da região de abrangência da área onde estão demarcados os parques aquícolas, identificando os principais usos. **EXECUTADO EM 2012**
- ii. Caracterizar a distribuição espacial e temporal dos atributos de qualidade da água inferidos por imagens de sensoriamento remoto do passado sobre o reservatório de Furnas. **EXECUTADO EM 2012**
- iii. Validar/Atualizar as Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) do Parque Aquícola objeto do estudo.

---

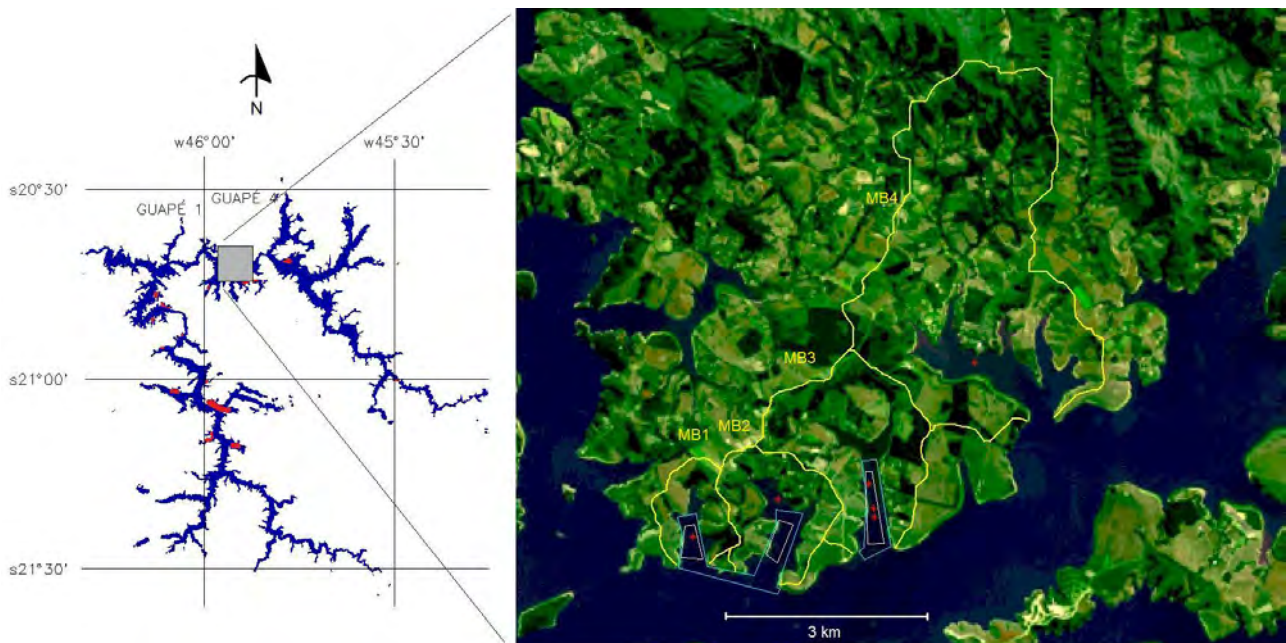
**RESULTADOS 1.2. iii.**

Com a definição dos locais de fundeio das Plataformas de Coletas de Dados foram detalhadas as zonas de influência direta da área objeto de estudo. Estas zonas são definidas espacialmente pelo seu relevo que formam as microbacias hidrográficas, que por sua vez, drenam as águas para o Reservatório. As Plataformas foram instaladas em quatro braços do Reservatório, no Rio Grande, no município de Guapé (MG). Os dois braços mais a oeste, são ocupados parcialmente pelo Parque Aquícola Guapé 1; o terceiro braço é ocupado pelo Parque Aquícola Guapé 4; o quarto braço, mais a leste, é aonde se localiza uma Área Aquícola. Assim, as quatro microbacias correspondentes a zona de influência direta dos braços do Reservatório, foram detalhadas e caracterizados quanto ao uso e cobertura do solos.

O processo de classificação do uso e cobertura dos solos das microbacias hidrográficas que delimitam as zonas de influência direta é melhor descrita no meta 2 do relatório. Aqui apresentamos a caracterização das quatro microbacias utilizando a quantificação das classes encontradas no mapeamento. Os limites das quatro microbacias é mostrada na Figura 1,

sobreposto na imagem da área no aplicativo Google Earth. Os dados deste estudo foram publicados no Documento Série Embrapa<sup>2</sup>.

A classificação do uso e cobertura dos solos foi realizada separadamente para cada uma das quatro microbacias para permitir a caracterização individualizada das zonas de influência. Foi utilizada a técnica de interpretação visual de imagens, sobre dados de alta resolução da DigitalGlobe, passagens 12/15/2003 e 07/04/2010. Posteriormente, foi realizada uma verificação de campo, em toda a área das quatro microbacias (campanha de campo realizada em 19 e 20 de junho de 2013). As principais classes de uso e cobertura de solos identificadas no conjunto das quatro microbacias foram: pastagem, matas, eucalipto, café, milho, cana-de-açúcar e solo (exposto e preparado). Nos mapeamentos também foram identificadas estruturas como currais, silos, sede das propriedades rurais, estradas e zona urbanas. Para efeito deste Relatório, as microbacias foram denominadas: MB1, MB2, MB3 e MB4, do oeste para leste, conforme a Figura 1.



**Figura 1:** Localização da área objeto de estudo. Na imagem da direita, limites da microbacias hidrográficas (amarelo), Parques Aquícolas (azul); áreas de produção (branco) e localização das Plataformas de Coleta de Dados (vermelho).

<sup>2</sup> Diagnóstico da produção agrícola, pecuária e da silvicultura à montante da represa de Furnas no estado de Minas Gerais. Marcos Corrêa Neves; Alfredo José Barreto Luiz; Moisés Pereira Galvão Salgado – Jaguariúna, SP : Embrapa Meio Ambiente, 2014. 26 p. (Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 97).

### · **Caracterização da microbacia 1 (MB1: parte oeste do Parque Aquícola Guapé 1)**

Esta microbacia, a menos extensa das quatro, está localizada mais a oeste da região de estudo. Possui uma área de captação de 160,5 ha, deste total 53,1 ha são de lâmina d'água do Reservatório. Não existem tanques rede instalados, sendo esta microbacia uma opção para registros de dados limnológicos e outras amostragens sem efeitos diretos da piscicultura. A Tabela 1 mostra os usos e coberturas dos solos da MB1, ordenados de forma decrescente pelo total de área ocupada pela classe no solo. São apresentados também a porcentagem de cada uso em relação a área de solo da microbacia.

**Tabela 1:** Uso e cobertura dos solos da MB1 (parte oeste do Parque Guapé 1).

<b>Uso</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Pastagem	81,60	76,0
Mata	16,33	15,2
Solo preparado	3,89	3,6
Eucalipto	2,82	2,6
Café	1,47	1,4
Estradas Vicinais	0,66	0,6
Sede de propriedades	0,38	0,4
Curral	0,13	0,1
Silo	0,10	0,1
Embarcador	0,03	0,0
<b>Área total (sem água)</b>	<b>107,41</b>	<b>100</b>
Superfície d'água	53,06	

Nesta microbacia, como um padrão para toda a região de estudo, há um forte predomínio da pecuária (76% dos solos com pastagens), seguido de áreas com remanescentes de matas, ocupando 15,2% da sua extensão. As principais culturas agrícolas são eucalipto e café, mas que juntas ocupam apenas 4% do solo.

Legenda:

- |                |                   |                       |
|----------------|-------------------|-----------------------|
| Pastagem       | Eucalipto         | Terreiro de café      |
| Mata           | Café              | Embarcador            |
| Solo preparado | Estradas Vicinais | Sedes de propriedades |
|                | Água              |                       |

Equipe : Mayara de Oliveira Baeaga  
Marcos Corrêa Neves  
Alfredo José Barreto Luiz  
Bruna Ester Dias de Caro

Projeção: UTM, Zona 23 sul, Datum: Sirgas 2000  
Levantamento de campo: 19 e 20 de Junho de 2013

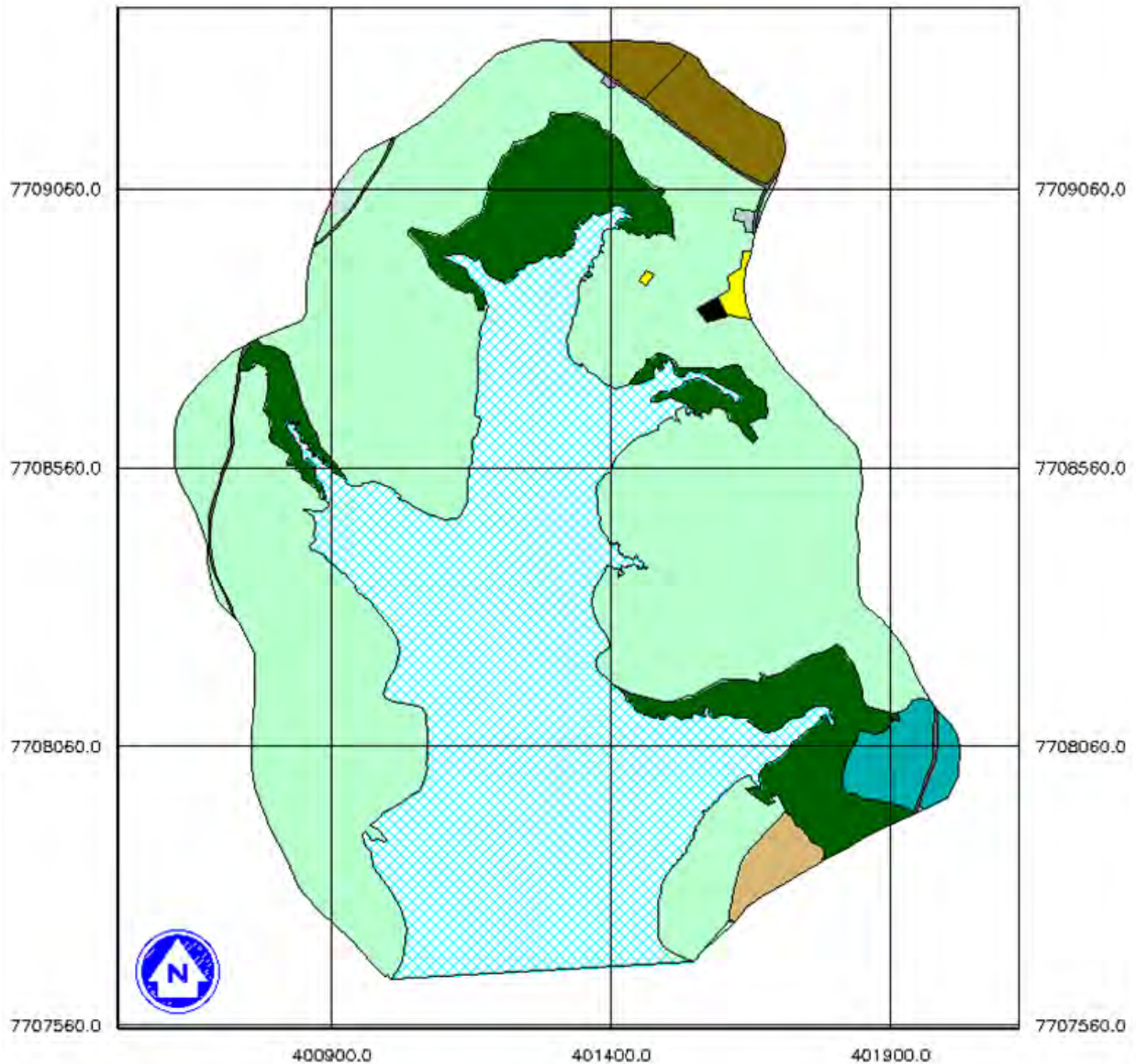
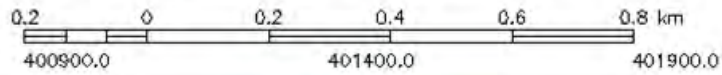


Figura 2: Classes de uso e cobertura dos solos da MB1 (parte oeste do Parque Aquícola Guapé 1).



· **Caracterização da microbacia 2 (MB2: parte leste do Parque Aquícola Guapé 1)**

A área de captação que afeta diretamente a parte leste do Parque Aquícola Guapé 1 possui um total de 300,0 ha, com 105,3 ha de lâmina d'água. A caracterização dos produtores deste braços podem ser encontradas na Meta 4. A Tabela 2 mostra os usos e coberturas dos solos identificados nesta microbacia.

**Tabela 2:** Uso e cobertura dos solos da MB2 (parte leste do Parque Guapé 1).

Uso	Área (ha)	%
Pastagem	149,17	76,7
Mata	27,20	14,0
Eucalipto	12,32	6,3
Estradas Vicinais	2,65	1,4
Solo exposto	1,55	0,8
Sede de propriedades	1,36	0,7
Cana-de-açúcar	0,34	0,2
Área total (sem água)	194,58	100,0
Superfície d'água	105,38	

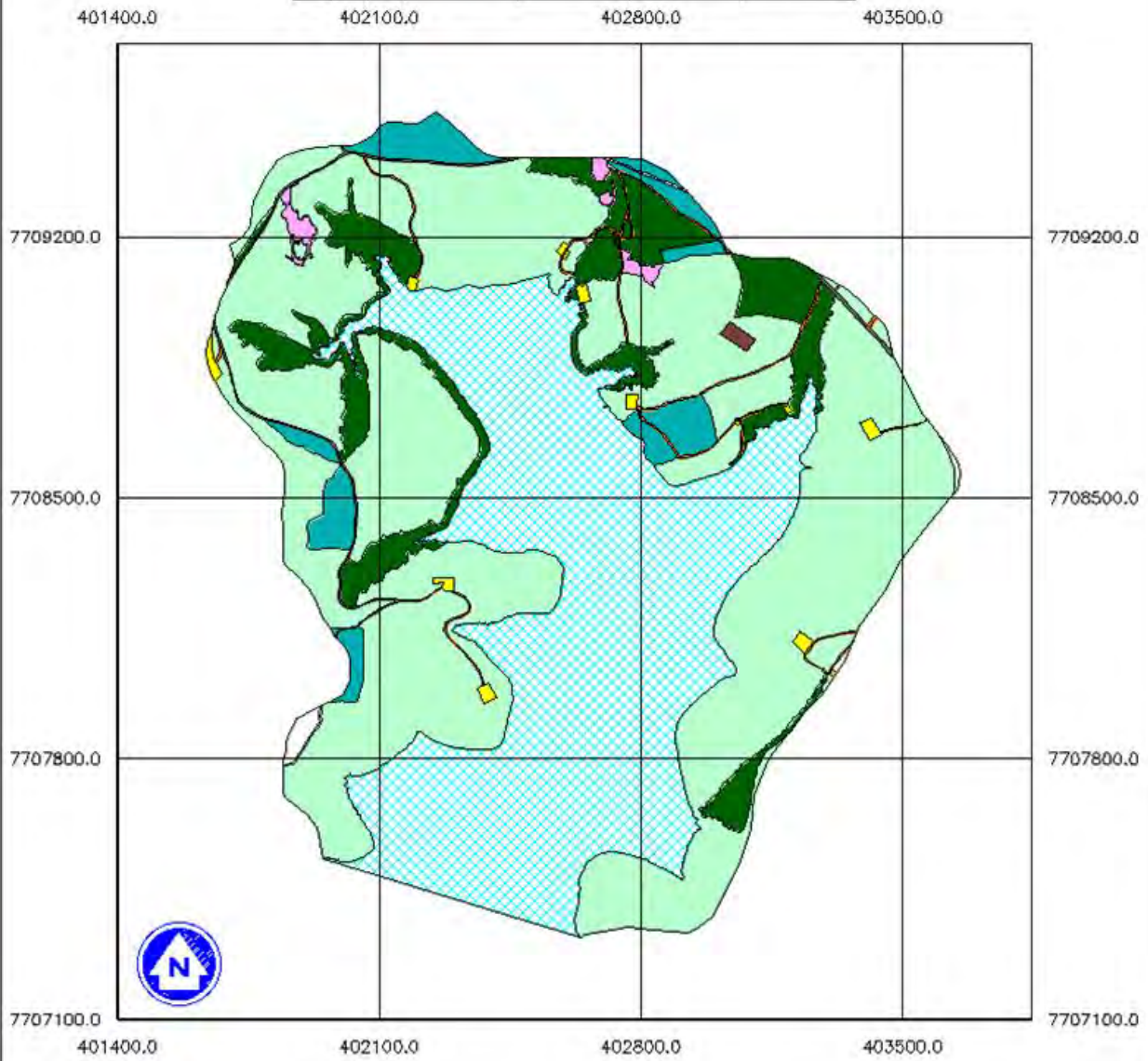
O perfil do uso e cobertura dos solos da MB2 é similar ao da MB1, com forte predomínio de pastagem e os remanentes de matas em segundo lugar, em extensão. Diferente da MB1, não foram identificadas áreas com café e a área com eucalipto é mais expressiva (6,3%). Foi identificada uma pequena área com a cultura de cana-de-açúcar, que corresponde a menos da metade de um hectare.

Legenda:

- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| Pastagem     | Estradas              |
| Mata         | Cana                  |
| Eucalipto    | Sedes de propriedades |
| Solo exposto | Água                  |

Equipe: Mayara de oliveira Baccaga  
Marcos Corrêa Neves  
Alfredo José Barreto Luiz  
Bruno Ester Dias de Costa

Projeção: UTM, Zona 23 sul. Datum: Sirgas 2000  
Levantamento de campo: 19 e 20 de junho de 2013



**Figura 3:** Uso e cobertura dos solos da microbacia 2 (MB2: parte leste do Parque Aquícola Guapé 1).

### · **Caracterização da microbacia 3** (MB3: Parque Aquícola Guapé 4)













Com 513,8 ha de área total de captação e superfície de água igual a 109,2 ha, a MB3 é a segunda maior microbacia em extensão de área. Esta microbacia correspondente à zona de influência direta do Parque Aquícola Guapé 4. É uma área de grande importância no monitoramento executado pelo Projeto, com presença acentuada de tanques rede de diversos produtores e com três Plataformas de Coletas de Dados ao longo deste braço do Reservatório. Maiores detalhes sobre o perfil dos produtores podem ser encontrados na Meta 4. A Tabela 3 apresenta os usos e coberturas dos solos identificados nessa microbacia.

**Tabela 3:** Uso e cobertura dos solos da MB3 (área de influência direta do Parque Guapé 4).

Uso	Área (ha)	%
Pastagem	238,25	58,9
Mata	67,85	16,8
Eucalipto	38,26	9,5
Café	33,80	8,4
Estradas Vicinais	8,14	2,0
Sede de propriedades	6,25	1,5
Cana-de-acúcar	5,82	1,4
Milho	4,89	1,2
Solo exposto	0,95	0,2
Curral	0,32	0,1
Área total (sem a água)	404,53	100
Superfície d'água	109,24	

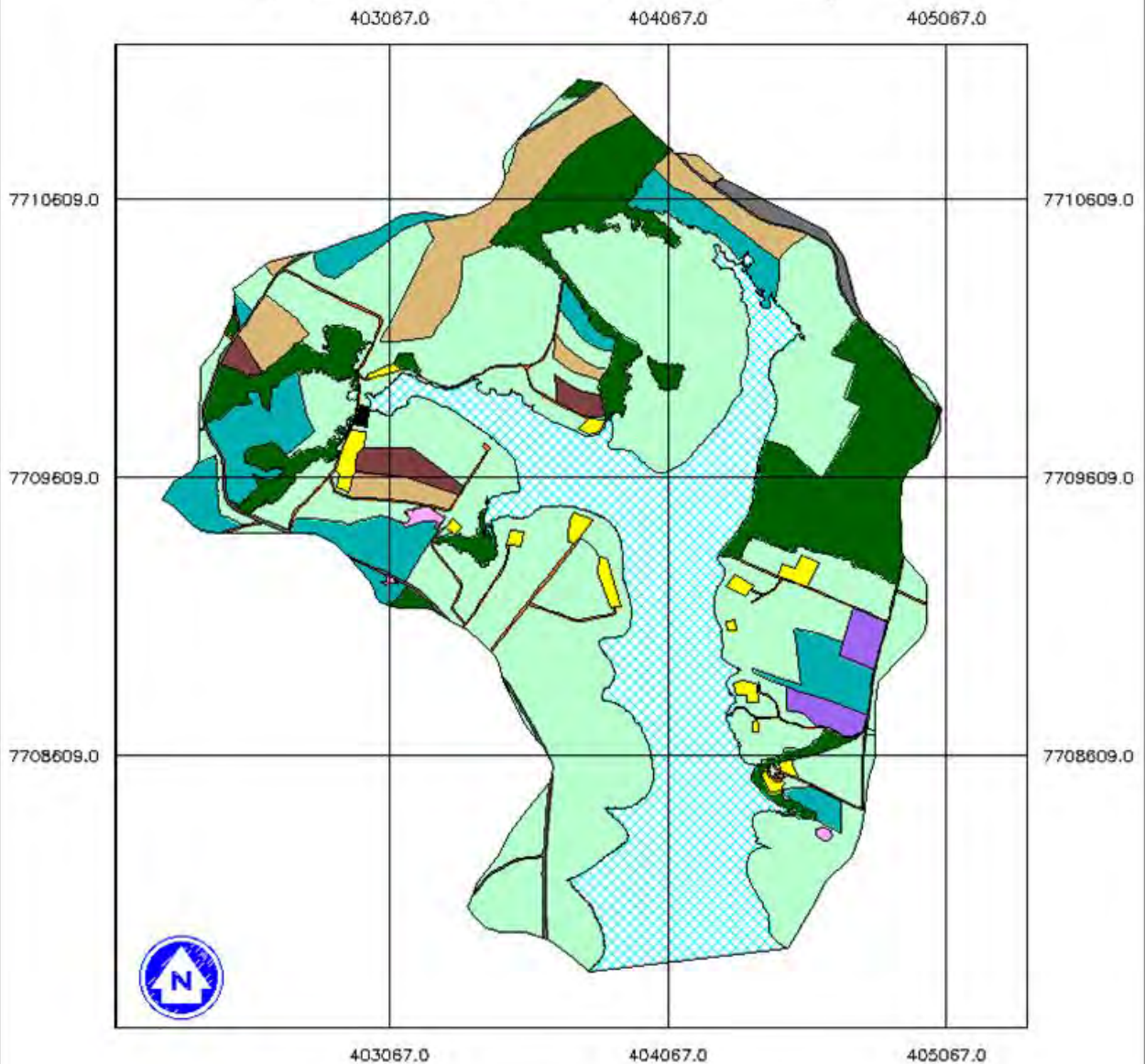
Novamente a área com pastagem prevalece e os remanescentes de mata ocupam a segunda maior extensão desta microbacia. As culturas agrícolas aumentam sua importância em relação às microbacias anteriormente caracterizadas, com as culturas do eucalipto e café se destacando, com áreas acima de 30 ha cada. De forma mais restrita, aparecem as culturas da cana-de-açúcar e do milho, com áreas menores que 6 ha.

Legenda:

- |   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Equipe : Mayara de Oliveira Bezaga  
 Marcos Corrêa Neves  
 Alfredo José Barreto Luiz  
 Bruna Ester Dias da Costa

Projeção: UTM, Zona 23 sul. Datum: Sírgeos 2000  
 Levantamento de campo: 19 e 20 de junho de 2013



**Figura 4:** Uso e cobertura dos solos da microbacia 2 (MB3: Parque Aquícola Guapé 4).

#### Caraterização da microbacia 4 (Área Aquícola)

Esta microbacia está localizada mais a leste da região de estudo. Embora não existam Parques Aquícolas em seu interior, esta área possui uma Plataforma de Coleta de Dados. Este braço do Reservatório foi escolhido por abrigar um produtor empresarial que pode representar, dentro da região de estudo, uma piscicultura mais tecnificada. Maiores detalhes sobre o perfil dos produtores podem ser encontrados na Meta 4. É a maior microbacia com a área de captação superior a 1.500 ha. Deste total, a lâmina d'água ocupa 207,8 ha. A Tabela 4 mostra os usos e coberturas dos solos identificados, ordenados de forma decrescente pela extensão de área.

**Tabela 4:** Uso e cobertura dos solos da MB4.

Uso	Área (ha)	%
Pastagem	881,87	67,9
Mata	181,81	14,0
Café	135,94	10,5
Eucalipto	50,44	3,9
Estradas Vicinais	15,50	1,2
Zona urbana	12,05	0,9
Sede de propriedades	7,47	0,6
Capineira	4,97	0,4
Cana-de-acúcar	3,00	0,2
Solo exposto	2,64	0,2
Milho	1,85	0,1
Terreiro de café	0,21	0,0
Curral	0,10	0,0
Silo	0,07	0,0
Área total (sem água)	1297,93	100
Superfície d'água	217,81	

De forma semelhante as demais microbacias, a MB4 apresenta um forte predomínio de pastagens, seguida pelas áreas cobertas com matas. Ela possui algumas especificidades que merecem destaque, a cultura do café ocupa a terceira posição em área, chegando a 135,9 ha. O eucalipto, com 50,4 ha, perde um pouco de relevância em termos relativos (3,9%). A MB4 é a única da quatro microbacias que possui uma pequena zona urbana, pouco mais de 12 ha, que corresponde a concentração de moradias do distrito de Araúna, pertencente ao município de Guapé (MG).

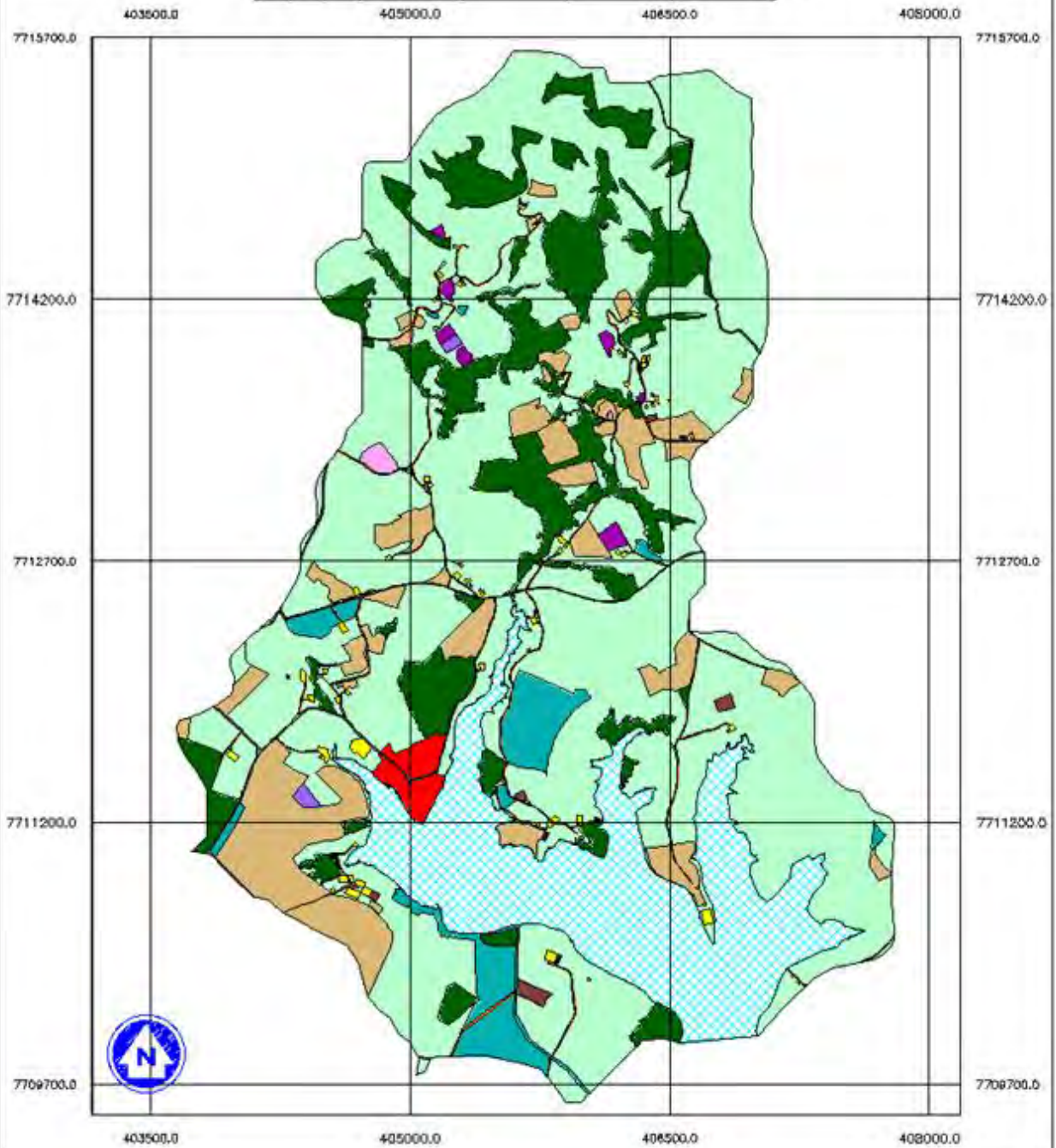
**Legenda:**

- |          |             |              |                      |                  |
|----------|-------------|--------------|----------------------|------------------|
| Pastagem | Eucalipto   | Milho        | Sede de propriedades | Curral           |
| Mata     | Capineira   | Cana         | Acessos              | Terreiro de café |
| Café     | Zona Urbana | Solo exposto | Estrada Vicinal      | Silo             |
|          |             |              | Água                 |                  |

**Equipe:** Mayara de Oliveira Bocega  
Marcos Corrêa Neves  
Alfredo José Barreto Lutz  
Bruno Ester Dias de Cora

Projeção: UTM, Zona 23 sul, Datum: Sirgas 2000  
Levantamento de campo: 19 e 20 de Junho de 2013

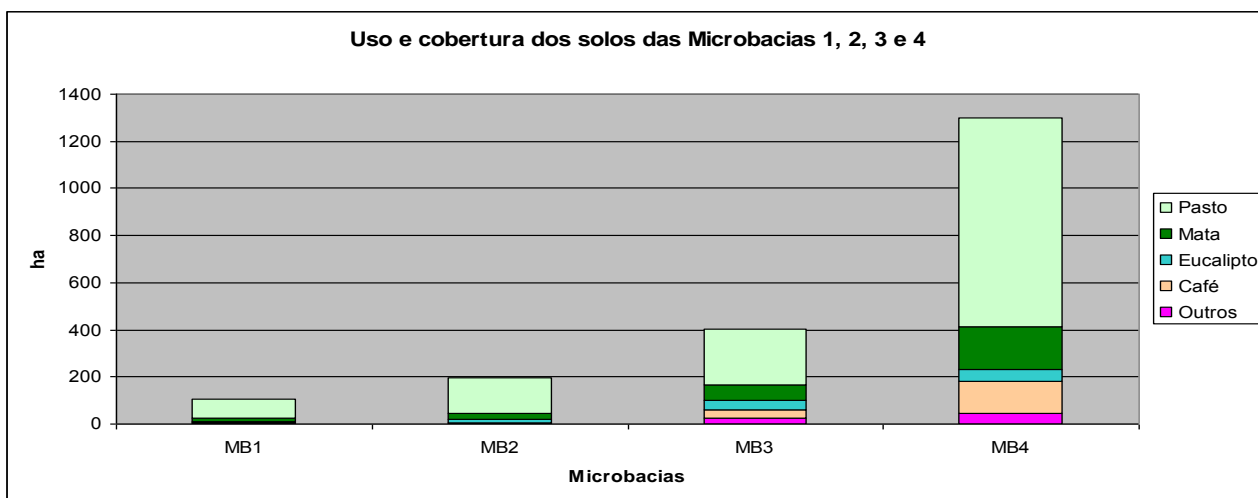
0,6 0 0,6 1,2 1,8 2,4 km



**Figura 5:** Uso e cobertura dos solos da microbacia 4.

## Conclusão final

Com relação ao uso e cobertura dos solos, as quatro microbacias possuem semelhanças e algumas especificidades que podem ser exploradas. Nas quatro, há forte predomínio da pastagens, entre 58,9 a 76,7 % da extensão total, sempre seguido das áreas com matas (entre 14 a 16,8%, nos quatro casos). Em todos os casos ocorre a presença da cultura do eucalipto, mas nunca chegando a 10% do total. O café não aparece na MB2, é insignificante na MB1 (1,5 ha) e tem alguma relevância na MB3 (8,4%) e MB4 (10,5%) onde chega a ocupar 135,9 ha. A classe zona urbana só aparece na MB4. A Figura 6 ilustra as dimensões dos usos das quatro microbacias, simultaneamente.



**Figura 6:** Principais usos e coberturas dos solos, nas quatro microbacias hidrográficas.

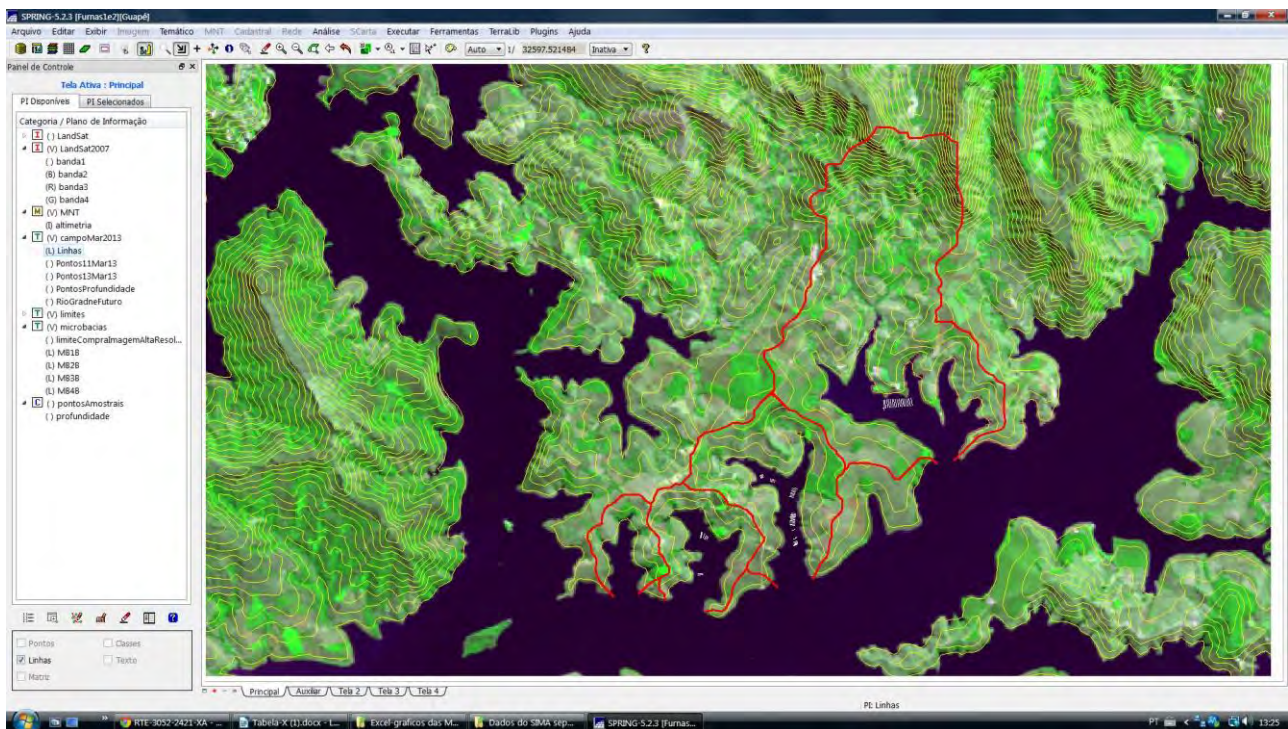
---

### ATIVIDADE:

- iv. Caracterizar os meios físicos e bióticos (qualidade da água, sedimentos do fundo do reservatório e peixes): primeira amostragem nos locais selecionados e orientando a definição do local exato de fundeio dos equipamentos de medição e realização das coletas. **EXECUTADO EM 2012**
-

# META 02

## Sistema de Informações Geográficas – SIG



### Coordenador de Execução da Meta

Dr. Marcos Corrêa Neves  
pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna  
2014



## **Equipe Técnica**

Alfredo José Barreto Luiz  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

Marcos Corrêa Neves  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

Mayara de Oliveira Bacega  
Bolsista – Universidade Salesiana de São Paulo

Bruna Ester de Cara  
Bolsista – Faculdade de Jaguariúna

Lourival Costa Paraíba  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

Robson Rolland Monticelli Barizon  
Pesquisador Embrapa Meio Ambiente

## I - Introdução

Com a definição da área objeto de estudo, abrangendo os Parques Aquícolas Guapé 1 e Guapé 4, foi realizado no ano de 2013 o detalhamento das áreas de influência direta, resultando na incorporação de novos Planos de Informação à base de dados geográficos do projeto descrevendo o uso e cobertura dos solos das microbacias hidrográficas. Em um sistema de informação geográfica as classes foram quantificadas e os resultados usados para caracterizar as áreas de influência direta. Também foram incorporadas as imagens do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) do satélite Terra (EOS - AM1) e dos sensores OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor) do satélite Landsat 8. Este dados serão utilizados nos estudos da viabilidade do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto para extrapolação espacial e temporal dos dados das Plataformas de Coleta de Dados (SIMA). A coleta de dados mínima para a conclusão deste estudo é relativa a um período de um ano, coincidente com o período da coleta de dados *in loco*, que teve início em junho de 2013

## II - Metas Empregadas

---

### ATIVIDADE:

**Identificação dos usos múltiplos no entorno do Parque Aquícola (PA):** pontos de apoio da produção de peixes em tanques-rede; áreas privadas e públicas de lazer; pontos de captação de água para abastecimento público e irrigação; locais de pesca amadora profissional e esportiva; corredores de dessedentação, lançamentos de efluentes domésticos pontuais e difusos, áreas de desenvolvimento agrícola, portos (atracadouros e embarque de areia), entre outros.

---

### RESULTADOS 2.1

No período deste relatório foi realizado o detalhamento das zonas de influência direta sobre os locais monitorados do Reservatório (Figura 1), através da classificação de uso e cobertura dos solos de imagens de satélite sobre as microbacias hidrográficas que correspondem a área de captação das águas da chuva das áreas monitoradas. O processo de classificação do uso e cobertura do solo foi realizados em cinco etapas, detalhadas na sequência:

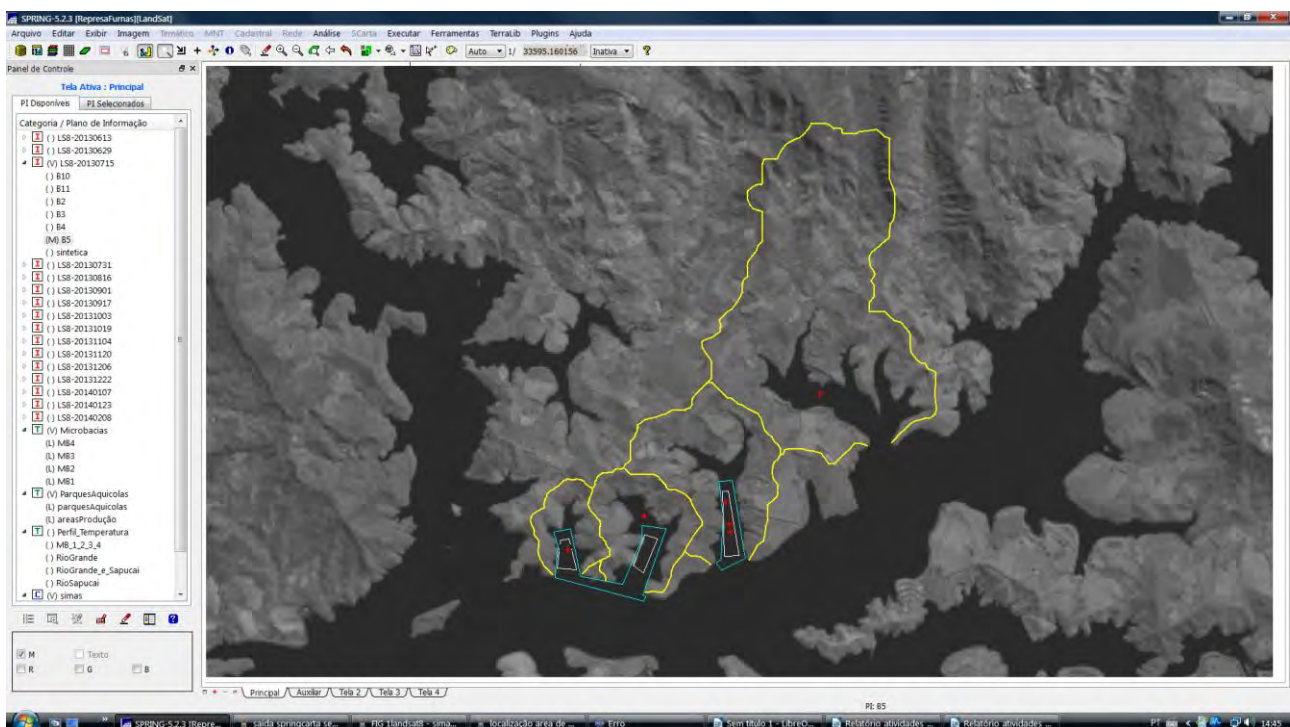
- i) Definição dos limites das microbacias hidrográficas;
- ii) Obtenção das imagens de alta resolução;
- iii) Registro das imagens de alta resolução;

iv) Interpretação visual das imagens de alta resolução; e

v) Verificação de campo.

### i) – Definição dos limites da microbacia

Os limites da quatro microbacias foram definidos a partir do modelo digital de elevação (MDE) obtido da base nos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (RABUS et al., 2003) e TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (VALERIANO & ROSSETTI, 2011). A construção deste MDE para toda área a montante do Reservatório de Furnas está descrita em Salgado et al. (2013). No detalhamento realizado após a escolha da área objeto de estudo, foi realizado um recorte do MDE para a área correspondente, que compreende a zona de influência direta dos quatro braços, monitorados pelo conjunto de seis Plataformas. O limite foi definido no sistema de informação geográfica SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), usando a grade correspondente ao MDE recortado, originando quatro novos Planos de Informação que definem os limites das quatro microbacias hidrográficas. As microbacias compreendem as áreas de influência direta dos Parques Aquícolas Guapé 1, Guapé 4 e uma Área Aquícola.



**Figura 1:** Informações integradas no SIG. As quatro microbacias hidrográficas (limites em amarelo) formando a região de estudo. Parques Aquícolas Guapé 1 e 4 (limites em azul) e suas áreas de produção (em cor branca) e Plataformas de Coleta de Dados (pontos em vermelho).

## **ii) Extração de imagens de alta resolução**

Os limites de cada microbacia foram exportados para o aplicativo Google Earth Pro, e utilizados como referência para a captura das imagens das quatro microbacias. Foram escolhidas as duas imagens da DigitalGlobe mais recentes disponíveis para as quatro áreas: 12/15/2003 (colorida) e 07/04/2010 (monocromática). As imagens foram salvas no formato tif.

## **iii) Registros das imagens de alta resolução**

O aplicativo Google Earth Pro não salva imagens georreferenciadas, assim as imagens correspondentes as quatro microbacias precisaram passar pelo processo de registro. Este procedimento foi executado no SIG SPRING. O processo de captura e registro das imagens foi feito isoladamente por microbacia para diminuir erros, permitir uma caracterização individualizada das áreas de influência direta pela quantificação das classes de uso e cobertura dos solos. Os erros do processo de registros foram controlados, ficando nos quatro casos inferiores a um pixel, o que é plenamente aceitável.

## **iv) Classificação do uso e cobertura dos solos**

Devido a qualidade das imagens de alta resolução, a classificação visual obtém um bom índice de acerto já que é possível perceber detalhes característicos das culturas agrícolas e coberturas do solo em boa parte dos casos. Ela pode se tornar trabalhosa em classificações de áreas extensas, o que não é o caso, uma vez que a área de estudo é relativamente pequena, aproximadamente 2.500 ha, considerando a soma das quatro microbacias. As principais classes identificadas de uso e cobertura do solo foram: pastagem, eucalipto, café, milho, cana-de-açúcar e solo (exposto e preparado). No mapeamento também foram consideradas estruturas como as sedes das propriedades rurais, currais, silos, estradas e zona urbana.

## **v) Verificação de campo**

Foi realizada a verificação de campo para correções de erros de classificação, eliminação de dúvidas e atualizações em função de modificações ocorridas após a data da última imagem de satélite usada. Toda a área foi percorrida e os planos de informação foram corrigidos e atualizados. A campanha de campo foi realizada nos dias 19 a 20 de junho de 2013.

A partir dos planos de informação verificados e finalizados foram geradas as quantificações no SIG para a caracterização dos usos múltiplos da área de influência direta. Os resultados foram apresentados em tabelas e mapas por microbacia na Meta 1.

---

#### **ATIVIDADE:**

**Áreas sujeitas ou consideradas eutrofizadas** embasadas nas informações obtidas no monitoramento de qualidade de água dos Parques Aquícolas, dos pontos de despejo de efluentes (domésticos e industriais) e lixiviação de fertilizantes e defensivos agrícolas.

---

#### **RESULTADOS 2.2.**

Esta análise está sendo feita a partir da integração dos dados do Projeto, pois as coleta ainda estão em andamento. Uma das fontes de informação para a definição das áreas eutrofizadas ou sujeitas a eutrofização são os mapas de *Uso e Cobertura dos Solos* das áreas de influência direta. O mapeamento, realizada em 2003 e apresentado no item anterior, indicou que existe apenas uma pequena área com zona urbana, referente ao distrito de Araúna, dentro da zona de influência direta da Microbacia 4. A área de estudo, de forma geral, é rural, com o forte predomínio da pecuária. A maior parte da área das propriedades rurais é ocupada pelas pastagens (67,9%) que utilizam muito pouco fertilizantes e agrotóxicos. A única cultura agrícola de destaque é o café (8,5% da área) e a outra atividade de expressão é florestal, o plantio de eucalipto (5,2% da área). Como, tanto o café quanto o eucalipto são plantas perenes, que exigem pouca movimentação de solo durante o ano agrícola, foi considerado que o risco de que fertilizantes usados nessas atividades cheguem aos recursos hídricos é muito baixo.

Apesar de serem eventualmente usados agrotóxicos nas áreas de eucalipto, em especial na formação, com uso de herbicidas e formicidas, também não foram considerados uma fonte significativa de risco para a contaminação das águas. O caso que apresenta maior risco é o do uso de agrotóxicos no café, pois além de ser a cultura agrícola que ocupa maior área, ela é susceptível a pragas, doenças e plantas invasoras durante praticamente toda a sua vida útil. Portanto, foi feita uma revisão bibliográfica e encontrado um documento que destacava entre os produtos mais comercializados para combate de pragas, doenças e ervas daninhas nas lavouras cafeeiras em Campos Gerais, MG, cidade próxima à área de estudo e similar em termos de práticas agrícolas (Silva, 2012). Os produtos estão listados na Tabela 1. Com base nestes dados a avaliação de possíveis resíduos de pesticidas realizados e apresentados na Meta 4 foi baseada nestes dados.

**Tabela 1.** Agrotóxicos utilizados na cultura do café na região do reservatório de Furnas (Silva, 2012).

<b>Produto</b>	<b>Ação</b>	<b>Princípio ativo</b>	<b>Grupo químico</b>
Actara	inseticida	tiametoxam	Neonicotinóide
Alto 100	fungicida	ciproconazol	Triazol
Amistar	fungicida	azoxistrobina + difenoconazol	estrobilurina + triazol
Cantus	fungicida	Boscalida	Anilida
Cercobin	fungicida	tiofanato-metílico	benzimidazol (precursor de)
Folicur	fungicida	tebuconazol	Triazol
Glifosato	herbicida	glifosato	glicina substituída
Opera	fungicida	epoxiconazol + piraclostrobina	triazol + estrobilurina
Premier	inseticida	imidacloprido + triadimenol	neonicotinóide + triazol
Priori Xtra	fungicida	azoxistrobina + ciproconazol	estrobilurina + triazol
Roundup	herbicida	glifosato-sal de amônio	glicina substituída
Rovral	fungicida	iprodiona	Dicarboximida
Sphere	fungicida	ciproconazol + trifloxistrobina	triazol + estrobilurina
Verdadero	ins. e fungicida	ciproconazol + tiametoxam	triazol + neonicotinóide
Malathion	inseticida	malationa	Organofosforado

---

## ATIVIDADE:

**2.3 Integração dos dados levantados nas demais metas** num banco de dados georeferenciados, possibilitando uma análise estruturada considerando todos os impactos existentes nas bacias de contribuição dos reservatórios de interesse.

---

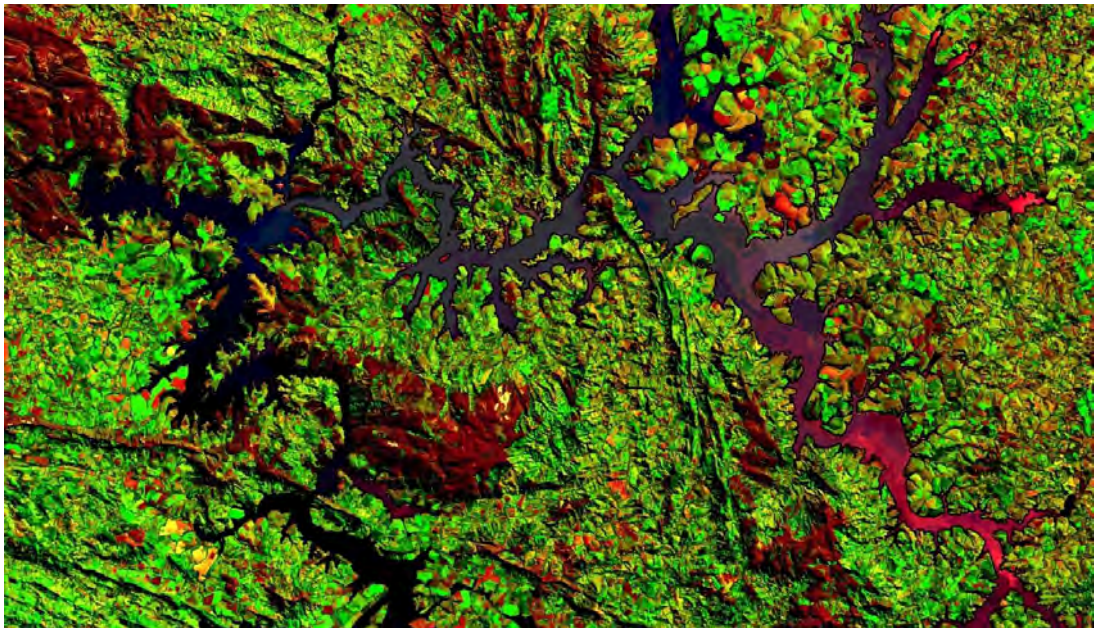
## RESULTADOS 2.3.

Durante o período relativo a este relatório, novas informações foram adicionadas à base de dados espaciais do projeto, destacamos:

- i) Quatro planos de informação com os limites das quatro microbacias hidrográfica correspondendo às quatro zonas de influência direta dos pontos monitorados.
- ii) Quatro planos de informação com a classificação do uso e cobertura dos solos para as quatro microbacias hidrográficas, correspondentes as zonas de influência direta das áreas monitoradas pelas Plataformas de Coleta de Dados .
- iii) Conjunto de 46 produtos MOD11A2 do sensor MODIS do satélite Terra. Estes produtos contem a informação de temperatura (*“land-surface temperature” - LST*) gerada a cada 8 dias, referente ao período de 18/02/2006 a 02/02/2007. Estes dados foram utilizados como teste em conjunto com dados de uma plataforma SIMA que esteve instalada no Reservatório de Furnas no mesmo período.
- iv) Conjunto de 28 produtos MOD11A2 (*LST*) do MODIS, referentes ao período de junho a dezembro de 2013, utilizados na medição da temperatura da água. Este conjunto será completado com os dados de 2014, perfazendo o mínimo de um ano. Estes dados serão utilizados para investigar a correlação com os dados obtidos pelo monitoramento *in loco* realizado pelas plataformas SIMA com as informações de sensoriamento remoto.
- v) Conjunto de 13 imagens de satélite Landsat 8, sensor TIRS (*“Thermal Infrared Sensor”*), bandas termais 10 e 11, referente o período de junho a dezembro de 2013. Este conjunto será completado em 2014 com a aquisição de imagens para o período de doze meses, pelo menos, sobre a área monitorada.

Tanto as imagens do Landsat 8 quanto os produtos MODIS são baixadas diretamente do repositório (<https://earthdata.nasa.gov/> e <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>, respectivamente) não acarretando em custos ao Projeto.

O satélite Landsat 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2003, e suas imagens ficaram disponíveis a partir de abril de 2013. Para verificar a capacidade de detecção de diferentes concentrações de constituintes opticamente ativos (COA) na água pelo novo sensor OLI do Landsat 8, foi realizado um conjunto de processamentos nas bandas espectrais das imagens. Um dos resultados dos procedimentos efetuados é ilustrado na Figura 2, cuja imagem foi obtida pela soma de duas composições coloridas geradas isoladamente, uma para a área correspondente à lâmina d'água do reservatório de Furnas (MG) e outra para os demais elementos da cena. Para cada composição utilizou-se um subconjunto distinto de bandas espectrais do sensor OLI do Landsat 8 com procedimentos específicos de realce. Para a água utilizou-se as bandas 4, 2 e 1, associadas aos canais vermelho, verde e azul, respectivamente. Para os demais elementos, as bandas 6, 5 e 3, associadas aos mesmos canais, respectivamente. O resultado permitiu visualizar diferentes respostas da água ao longo do reservatório, indicando diferentes concentrações de sedimentos e nutrientes na água e, simultaneamente, observar feições do terreno, uso e cobertura do solo em seu entorno. A imagem apresentada na Figura 2 foi submetida para o Concurso *Fotografia - Ciência & Arte 2013*, promovido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).



**Figura 2:** Combinação de duas composições coloridas: água (bandas 4, 2 e 1) e solo (6, 5 e 3), nos canais vermelho, verde e azul.



## Referências bibliográficas

BACEGA, A. DE O.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B. Classificação de parques aquícolas na represa de Furnas em função da resposta espectral multitemporal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), p. 5435-5442, 2013.

CARA, B. E. D.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C. Método para expansão de uma série temporal de temperatura da água a partir de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA): aplicação em aquicultura no Reservatório de Furnas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), p. 5491-5498, 2013.

NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B.; SALGADO, M. P. G. Diagnóstico da produção agrícola, pecuária e da silvicultura à montante da represa de Furnas no estado de Minas Gerais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission: A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v.57, p. 241– 262, 2003.

SALGADO, M. P. G.; FORMAGGIO, A. R.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B. Análise das áreas de contribuição de parques aquícolas do reservatório de Furnas - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. p. 6830-6836.

SILVA, VANILDA CANDIDA da. Uso de Agrotóxicos nas Lavouras de Café do Município de Campos Gerais. 2012. 66 páginas. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geografia (bacharelado) à distância, da Universidade Federal de Minas Gerais, Campos Gerais, 2012.

VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F. TOPODATA: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. Applied Geography. v.32, p.300–309, 2012.

NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B.; SALGADO, M. P. G. Diagnóstico da produção agrícola, pecuária e da silvicultura à montante da represa de Furnas no estado de Minas Gerais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014.

# META 03

## Implantação de Estações de Monitoramento em Tempo Real



### Coordenador de Execução da Meta

Dr. José Luiz Stech e Dr. João Lorenzetti  
Pesquisadores – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Jaguariúna  
2014

## **Equipe Técnica**

### **Monitoramento em tempo real**

Dr. João A. Lorenzetti

Pesquisador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Dr. Jose L. Stech

Pesquisador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Dr. Julio Ferraz de Queiroz

Pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

M.Sc. Marcos Eliseu Losekann

Pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

M.Sc. Carlos Alberto Sampaio de Araújo

Pesquisador colaborador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Joaquim Antônio Dionísio Leão

Engenheiro Ambiental – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Dr. Claudemir Marcos Silva

Neuron Engenharia

### **Construção e fundeio da Plataforma**

Geraldo Orlando Mendes

Técnico – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Walter Kinkit

Engenheiro – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Romiro da Silva Ribeiro

Neuron Engenharia

Adriano Silva Rocha

Neuron Engenharia

Alexandre Donizetti da Silva.

Neuron Engenharia

### **Banco de Dados e Plataforma Web**

Dr. Arley Ferreira Souza

Pesquisador Colaborador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

### **Gases de Efeito Estufa**

Dr. Plínio Alvalá

Pesquisador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Dr. Luciano Marani

Pesquisador colaborador – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Lia Braz  
Bolsista – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Willian José Ferreira  
Técnico – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Domingos Donizete Sardela  
Técnico – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Dra. Ana Paula C. Packer  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

## I. Introdução

A obrigatoriedade de monitoramento e a importância desta ferramenta para a autogestão dos empreendimentos exigem que o protocolo de monitoramento nacional seja de fácil acesso e implementação. A estratégia mais adequada e eficiente para manter o ritmo atual de crescimento da aquicultura no Brasil é a adoção de sistemas de produção mais competitivos e sustentáveis. Dessa forma, a aquisição de dados em alta frequência no tempo e a descoberta de possíveis relações entre os parâmetros ambientais com os dos sistemas de produção de peixes em tanques rede podem se tornar ferramentas que possibilitem melhorar a gestão dos empreendimentos, diminuindo possíveis impactos ambientais (Sampaio et al., 2013).

A aquisição de dados realizados em campanhas de campo são, muitas vezes, insuficientes para detectar variações nos ecossistemas aquáticos impossibilitando a compreensão de fenômenos e estudos conclusivos. Além disso, o monitoramento de variáveis em campo podem se tornar ineficientes em função da frequência necessária e dimensões da área investigada (Lima et al, 2006). Uma alternativa é o monitoramento contínuo efetuado por Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCD). Estes sistemas são formados por um coletor de dados, conjuntos de sensores e fonte de energia (bateria elétrica e painel solar). A memória de armazenamento do coletor de dados registra as medidas dos sensores em uma frequência pré-determinada. Nos sistemas PCD mais simples, os registros armazenados são transferidos do sistema por leitura da memória do coletor de dados em operações periódicas efetuada localmente. Também existem sistemas que incorporam a capacidade de transmissão de dados, usando rádio, a estrutura da telefonia celular ou mesmo satélites orbitais. Parâmetros mais comuns de qualidade de águas medidos pelas PCD são: pH, oxigênio dissolvido, condutividade, clorofila, turbidez e temperatura. Os sensores podem ser individuais ou combinados (sondas multiparâmetros).

As PCD têm sido usadas para estudos em ambientes aquáticos em vários locais do país coletando dados em alta frequência. Novo et al, (2009) usou dados de concentração de clorofila coletados diariamente durante um ano para correlacionar com informação de imagens de satélite (índice de vegetação normalizado) para o reservatório de Funil (Resende, RJ), obtendo bons resultados. Alcântara (2006) combinou o uso do monitoramento em alta frequência oferecido por uma PCD com a análise espaço-temporal oferecida pelas imagens do sensor MODIS para estudar o fluxo de sedimentos na planície de inundação de Curuaí, na bacia hidrográfica do rio Amazonas. A Agência Nacional de Águas (ANA) vem realizando monitoramento hidrometeorológico, possuindo 283 estações com capacidade de telemetria em sua rede de coleta de dados usando o enlace por satélites visando o monitoramento em tempo real e disponibilização de dados. Para fins do

monitoramento da aquicultura, a coleta de dados em alta frequência de características físicas, químicas e biológicas da água que afetam diretamente a criação é fundamental para o aumento da eficiência, avaliação de riscos da atividade e compreensão das inter-relações entre a produção e o ambiente. Porém no Brasil não se tem conhecimento do uso de PCD para tal finalidade.

Muitos eventos de variação temporal rápida correm o risco de ser ignorados em esquemas amostrais com períodos longos entre as coletas, impossibilitando associações entre causas e efeitos. A coleta da temperatura local, da água e do ar, de forma contínua por uma PCD, por exemplo, permite por meio de ferramentas estatísticas, avaliar o risco para a atividade associando as informações de alta frequência com dados de séries históricas de temperatura do ar de estações meteorológicas próximas, contribuindo assim, para o planejamento de um sistema produtivo adequado.

Para o Projeto Furnas esta sendo testado o uso de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA), PCD desenvolvido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e instituições parceiras. Trata-se de um equipamento automatizado, para coleta de dados de parâmetros limnológicos e meteorológicos, composto por sondas multiparâmetros de qualidade da água e por Plataformas Automáticas de Coleta de Dados com transmissão via satélites SCD (Magina et al., 2009). Portanto, considerando a obrigatoriedade de monitoramento, é evidente a importância desta ferramenta para a gestão dos empreendimentos aquícolas. Acrescenta-se ainda que ferramentas computacionais que disponibilizem o acesso dinâmico on-line via web à informação atualizada e aos métodos de baixo custo, que podem trazer ao produtor uma forma fácil e rápida de verificar, em um único local, se suas práticas atuais atendem às BPM. Assim, faz-se possível aperfeiçoar outras ferramentas de monitoramento e efetivá-las em função da alta frequência de dados monitorados pelo SIMA.

Para uso do SIMA com o objetivo de monitorar a aquicultura em tanques rede em reservatórios, além do uso da Plataforma Principal que coleta dados meteorológicos e limnológicos, foi proposta a adaptação de pequenas Plataformas Secundárias para coletar dados limnológicos com sonda multiparâmetros e a temperatura da água em diferentes profundidades. Essa estratégia tem possibilitado uma cobertura maior do local de produção selecionado em uma grande área amostral. A partir da alta frequência de coleta dos parâmetros amostrados pelas PCD será possível efetuar a modelagem das variações espaciais e temporais dos parâmetros avaliados e também realizar o seu mapeamento para uma maior compreensão.

O presente Relatório tem por objetivo apresentar as atividades desenvolvidas no ano de 2013 que vão desde o fundeio das seis PCD até a manutenção, calibração, construção de banco de dados e análise dos dados coletados.

## II. Metas Empregadas

---

### ATIVIDADES:

- 3.1 Construção, integração e fundeio de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) para monitoramento em tempo quase real dos parâmetros limnológicos e meteorológicos descritos na Tabela I. – **EXECUTADO EM 2012**
  - 3.2 Desenvolvimento e fundeio do SIMA-Aquicultura para monitoramento em tempo quase real dos parâmetros limnológicos descritos na Tabela II. - **EXECUTADO EM 2012**
- 

### ATIVIDADES:

- 3.3 **Fundeio dos SIMAs:** Nesta fase as estações de monitoramento em tempo quase real serão fundeadas nos pontos validados na Meta 01.
- 

### RESULTADOS 3.3

No período de 11 a 26 de julho de 2013 foram realizadas Campanhas de Campo para fundeio da Plataforma Principal e das cinco Plataformas Secundárias no Município de Guapé (MG). As Plataformas foram fundeadas nos locais predefinidos após extensa pesquisa de diagnósticos da piscicultura em tanque rede no reservatório de Furnas.

As figuras abaixo ilustram as etapas do processo de fundeio. Ao longo do período foram mobilizadas equipes no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Neuron Eletrônica e Empresa Meio Ambiente. Após visita à campo para medição das profundidades e demarcação das coordenadas dos locais de fundeio todas as partes e estruturas das Plataformas foram transportadas do INPE em São José dos Campos (SP) ao Município de Guapé (MG). Ao longo de uma semana as Plataformas foram montadas em terra para posterior transporte até o local de fundeio. A montagem das estruturas se deu com auxílio de caminhão dotado de Munck (Figura 1), o qual permitiu o melhor manuseio de cada Plataforma e a sua colocação na água.



**Figura 1:** **A** - Componentes do SIMA e SIMA – Aquicultura ainda em São José dos Campos (**A**) e já em Guapé, MG; **B** - à margem do reservatório de Furnas. **C** - Sistemas desmontados; **D** - Descarregamento dos sistemas para montagem no reservatório de Furnas, Guapé (MG).



## Etapa 1: Transporte e Preparação dos sistemas para fundeio



**Figura 2 A a D:** A e B – Sistema secundário sendo montado C - Ancoras para sustentar os sistemas nos pontos de fundeio; D – Sistema principal sendo montado.



**Figura 3 A e B:** Plataformas Secundárias (A) e Principal (B) parcialmente montadas e manipuladas por caminhão dotado de Munck.

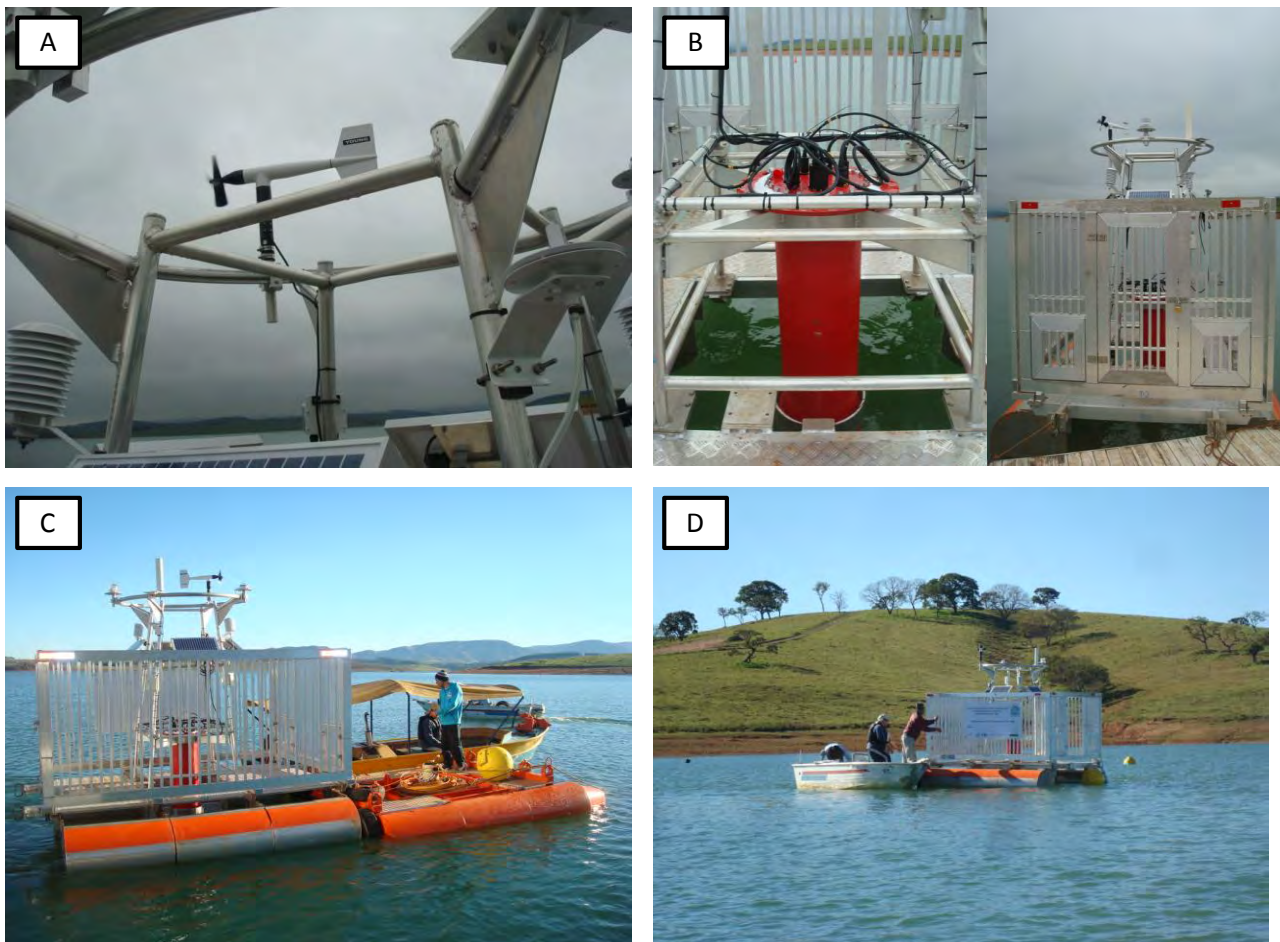
## Etapa 2: Carregamento do flutuante e transporte ao local de fundeio

Com as Plataformas montadas e colocadas na água, as mesmas foram transportadas para o local planejado e realizado o procedimento de fundeio. A operação de fundeio consiste no

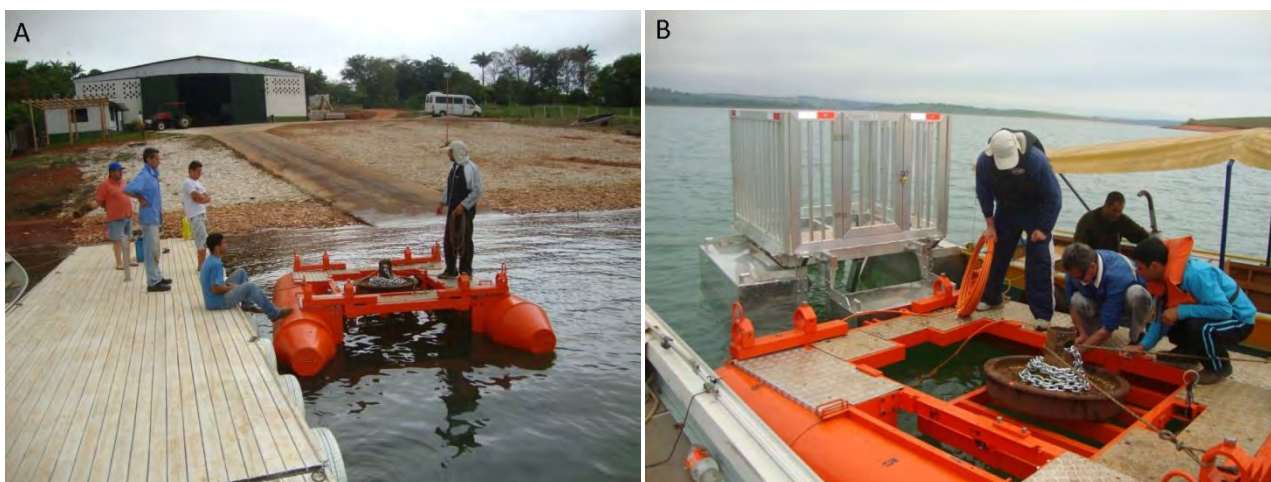
lançamento da poitas (confeccionadas com rodas de trens) ligadas às Plataformas por meio de correntes de aço galvanizado e cabos de aço. O lançamento destas poitas é feito através de um sistema de lançamento autônomo em forma de flutuante (Figura 4), o qual é levado ao local desejado de fundeio com auxílio de embarcações. Uma vez este sistema de lançamento transportado ao local desejado e os cabos que ligam a poita à Plataforma fixados, a trava de segurança deste sistema é liberada e a poita é lançada para o fundo do reservatório. O SIMA, por ser uma estrutura maior e com mais equipamentos, foi fundeado com quatro poitas, já os SIMA – Aquicultura foram fundeados com uma poita cada um.



**Figura 4 A a D:** A e B – carregamento de rodas de trem no flutuante (lançador) para servir de poitas para as Plataformas fundeadas. C e D – transporte da Plataforma Principal e do lançador com uso de embarcações até o local de fundeio.



**Figura 5 A a D:** **A** – Detalhes de sensores meteorológicos da torre da Plataforma Principal. **B** – Detalhe da eletrônica e da Plataforma Principal na sua fase final de montagem. **C e D** – transporte da Plataforma Principal e do lançador com uso de embarcações até o local de fundeio.



**Figura 6:** Sistema de lançamento das poitas na margem do reservatório (**A**) e no local de fundeio de uma das Plataformas Secundárias (**B**).

A Tabela 1 apresenta a denominação dada a cada Plataforma, a sua localização no contexto dos Parques Aquícolas, as suas posições e profundidades. A Figura 7 mostra a localização das seis Plataformas nas proximidades do município de Guapé, no reservatório de Furnas.

**Tabela 1:** Denominação e características da localização das Plataformas.

Denominação da Plataforma	Tipo	Localização	Posição (GMS)		Prof. <sup>1</sup> (m)
			Latitude	Longitude	
P1	Secundária	Parque Aquícola Guapé I	20°43'28,31"S	45°56'52,69"O	26,5
P2	Secundária	Parque Aquícola Guapé I	20°43'8,64"S	45°56'6,29"O	13,6
P3	Secundária	Parque Aquícola Guapé IV	20°43'1,02"S	45°55'16,23"O	17,3
P4	Secundária	Parque Aquícola Guapé IV	20°43'13,63"S	45°55'14,21"O	18,8
P5	Principal	Parque Aquícola Guapé IV	20°43'17,65"S	45°55'13,84"O	18,9
P6	Secundária	Parque Aquícola Guapé IV	20°41'54,94"S	45°54'12,72"O	23,7

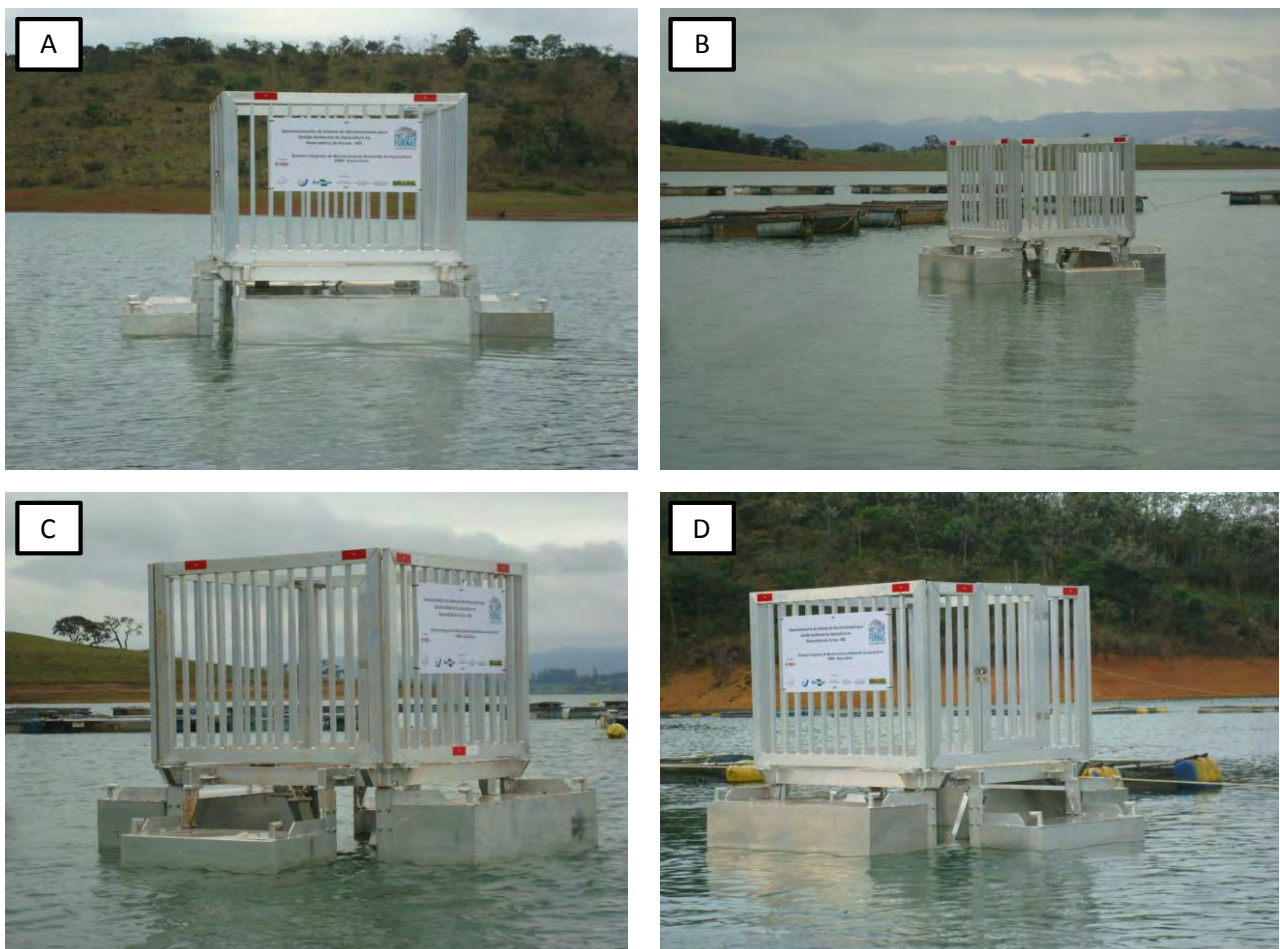
<sup>1</sup> Profundidade medida no dia de lançamento da poita.



**Figura 7:** Localização do SIMA (P5) e dos SIMA-Aquicultura (P1, P2, P3, P4 e P6) nas proximidades do município de Guapé (MG).

O SIMA (Plataforma Principal) consiste de sensores meteorológicos e de qualidade da água, e os SIMA-Aquicultura (Plataformas Secundárias) consistem somente de sensores de qualidade da água. Somente o SIMA possui a capacidade de enviar dados em tempo quase real através da telemetria. Os dados enviados pela telemetria possuem frequência de amostragem horária, enquanto os dados gravados internamente no SIMA e nos SIMA-Aquicultura possuem frequência de amostragem de dez minutos.

### Etapa 3: Plataformas de Coleta de Dados fundeadas



**Figura 8 A a D:** Plataformas Secundárias fundeadas. **A e B** – Plataformas fundeadas nos Braços do Guapé I. **C** – Plataforma fundeada no braço do Guapé IV. **D** – Plataforma fundeada em Área Aquícola da piscicultura Rio Grande.

Os sensores meteorológicos consistem basicamente de um anemômetro, um barômetro, um termo-higrômetro e um radiômetro, os quais medem as grandezas de direção e intensidade do vento, pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar e radiação de ondas curtas incidente, respectivamente. Já os sensores de qualidade de água consistem de uma sonda multiparâmetrica e de termistores distribuídos ao longo da coluna d'água, e mensuram as seguintes grandezas: temperatura da água, condutividade, pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez e clorofila. Os sensores de cada parâmetro de qualidade de água, com exceção à cadeia de termistores, encontram-se acoplados à sonda multiparamétrica, enquanto que os termistores distribuídos ao longo da coluna d'água encontram-se fixados em uma corda graduada. A Tabela 2 sumariza os tipos de sensores e suas respectivas fabricantes e modelo para cada Plataforma.



**Figura 9:** Plataforma Principal (SIMA) já fundeado e em funcionamento.

**Tabela 2:** Configuração dos sensores da Plataforma Principal e Plataformas Secundárias.

SENSORES			PLATAFORMAS						OBS.
TIPO	MODELO	FABRICANTE	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Sonda multiparâmetros	6600V2-2	YSI					X		
Sonda multiparâmetros	6600V2-4	YSI	X	X	X	X		X	
Sensor de OD	6150	YSI	X	X	X	X		X	
Sensor de OD	6562	YSI					X		
Sensor de Condutividade e Temperatura	6560	YSI	X	X	X	X	X	X	
Sensor de pH	6561	YSI	X	X	X	X	X	X	
Sensor de Turbidez	6136	YSI	X	X	X	X	X	X	
Sensor de Clorofila	6025	YSI	X	X	X	X	X	X	
Cadeia de Termistores	U22-001	ONSET	X	X	X	X	X	X	
Anemômetro	5106	RM Young					X		
Barômetro	PTB1105A0AB	Vaisala					X		
Termo-higrômetro	MP-101A	Rotronic					X		
Radiômetro	240-8102	Novalynx					X		

---

## ATIVIDADES:

3.4 **Manutenção e calibração:** Serão realizadas visitas quinzenais para manutenção e calibração dos equipamentos instalados.

---

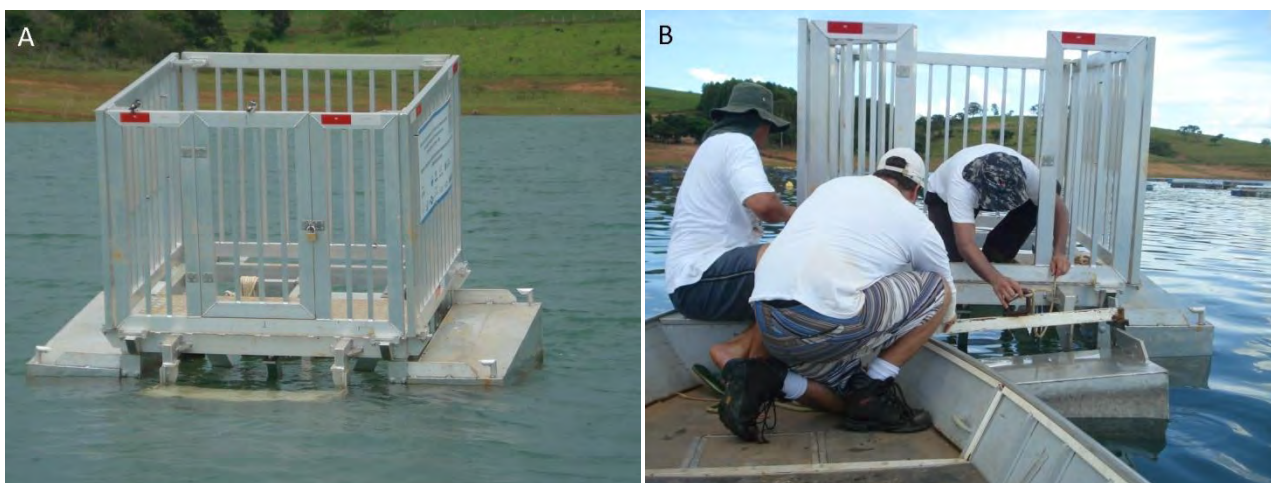
### RESULTADOS 3.4

#### Manutenção e download dos dados gravados

Os sensores instalados nas Plataformas necessitam de uma manutenção periódica, envolvendo a sua limpeza e calibração, principalmente aqueles relativos às medidas de qualidade da água. Adicionalmente a estas manutenções, também é necessário realizar o *download* dos dados gravados internamente ao sistema da Plataforma Principal e de cada equipamento instalado nas Plataformas Secundárias.

No intuito de realizar esta manutenção foi contratada a empresa Neuron Eletrônica, sediada em São José dos Campos (SP). As manutenções estão sendo realizados com trabalhos de campo envolvendo essencialmente a verificação da integridade dos sistemas, a limpeza de cada sensor subaquático, o *download* dos dados armazenados e a calibração, quando necessária, de alguns sensores.

A verificação da integridade consiste em inspeções visuais dos aspectos físicos dos sistemas e a realização de reparos quando necessário. Estas inspeções envolvem tanto as Plataformas propriamente ditas como também os componentes eletrônicos, além dos próprios sensores. A Figura 10 ilustra um problema ocorrido em uma das plataformas, a qual um de seus tambores de flutuação ficou parcialmente submerso. Em virtude deste problema, foram realizados trabalhos de campo para a sua retirada e reinstalação, após realizada a correta manutenção.



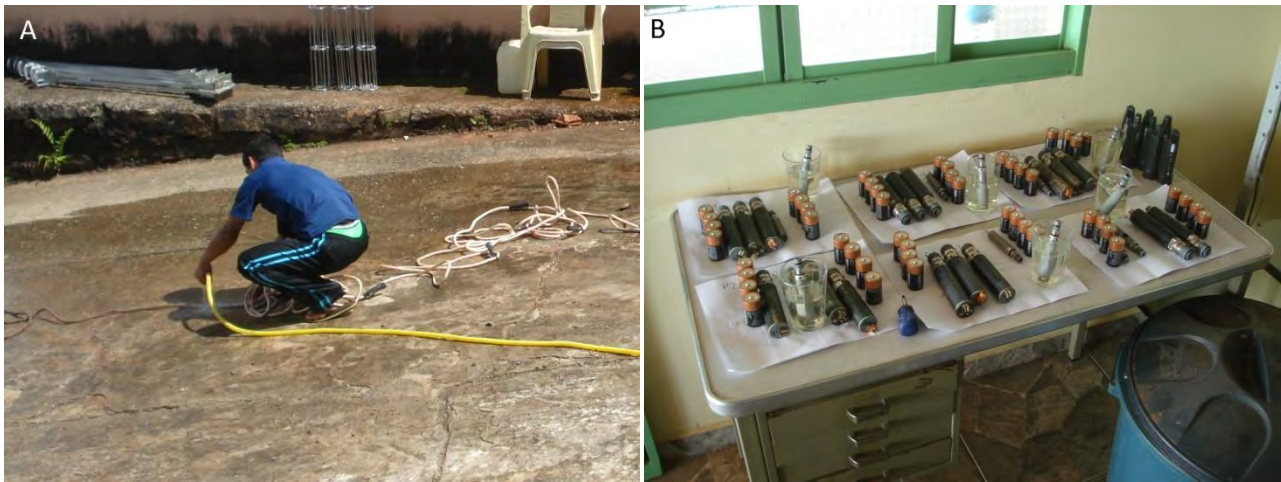
**Figura 10:** Tambor de uma das Plataformas Secundárias parcialmente inundado (A) e sendo reinstalado (B), depois de realizada a manutenção.

A limpeza dos sensores de qualidade da água é necessária frequentemente devido à incrustações que ocorrem em toda a sua superfície, as quais em um longo prazo podem alterar significativamente as medidas. Nas campanhas realizadas, as sondas multiparamétricas (com seus suportes) e as cordas contendo os termistores são retirados das Plataformas e levados em terra para a realização desta limpeza. Os sensores acoplados às sondas multiparamétricas são retirados e lavados minuciosamente e com as devidas precauções, uma vez que possuem maior sensibilidade e maiores reentrâncias, difíceis de serem alcançadas quando estão acopladas. As Figuras 11 e 12 mostram diferentes etapas do procedimento de limpeza dos sensores subaquáticos.



**Figura 11 A a D:** Cadeia de termistores sendo retirada (A). Suportes contendo as sondas multiparamétricas e cordas com termistores depois de retirados das Plataformas (B). Detalhes de uma sonda (C) e dos sensores (D) com incrustação de algas.





**Figura 12:** Lavagem de uma cadeia de termistores (A) e sensores das sondas multiparamétricas já lavados (B).

Como mencionado, os sensores instalados nas Plataformas Secundárias não enviam os dados por telemetria, e necessitam que os mesmos sejam “baixados” individualmente. Nas campanhas de manutenção realizadas, foram feitos os *downloads* dos dados das sondas multiparamétricas e de cada termistor individualmente dessas Plataformas. Adicionalmente, também foram feitos os *downloads* dos dados gravados internamente ao SIMA os quais, diferentemente dos dados de telemetria, que possuem frequência de amostragem horária, possuem frequência de amostragem de dez minutos.



**Figura 13:** Procedimento de *download* dos dados gravados na sonda multiparamétrica.

Após a realização do *download* dos dados e a limpeza das sondas, cada sensor das mesmas são submetidas ao processo de calibração. Este processo consiste em aferir adequadamente os sensores de modo que as medidas por eles realizadas possuam um maior grau de confiabilidade. Para determinados sensores, é necessário a utilização de soluções de calibração específicas para o ambiente onde as sondas estão instaladas.

Esta calibração segue os procedimentos descritos em seu manual “6-Series Multiparameter Water Quality Sondes User Manual” (YSI, 2011) e em outros documentos da fabricante como “Calibration, Maintenance & Troubleshooting Tips For YSI 6-Series Sondes & Sensors” (YSI, 2010).

A Figura 14 mostra o procedimento de calibração sendo realizado nas campanhas de manutenção. Todo o procedimento é documentado em fichas, onde estão contidas as informações detalhadas necessárias ao usuário dos dados quanto ao sucesso da calibração realizada, bem como eventuais problemas ocorridos.



**Figura 14:** Procedimento de calibração das sondas multiparamétricas.

## Ficha de calibração das sondas multiparamétricas YSI 6600

Número de série: 12D100335	Responsável:	Evento:	Retirada	Calibração	Instalação
	Carlos / Joaquim	Data:	01/10/2013	02/10/2013	03/10/2013
		Hora (GMT):	12:31	11:30	11:40
Referência:	Plataforma 4	GLP final salvo:	0001A77D_2013-10-02		
Observações gerais:	-				

SOLUÇÕES DE CALIBRAÇÃO			
Parâmetro	Padrão	Referência / Lote	Validade
Condutividade	1000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	YSI 060907 / Lot # 13E100530	11/2014
pH	4	YSI 3821 / Lot N.: 12A1R	02/01/2014
	7	YSI 3822 / Lot N.: 12A1S	04/01/2014
	10	YSI 3823 / Lot N.: 12A1T	04/01/2014
Turbidez	12,7 NTU	YSI 6072 / Lot N. 13F362070	06/2014
	126 NTU	YSI 6073G / Lot N. 12C251589	03/2013
Observações:	-		

CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) – YSI 6560					
Temp. (°C):	22,19	sp. cond. (antes):	999	sp. cond. (depois):	1000
Cell constant:	5,02226	Intervalo de referência:	$5 \pm 0,45$	Check:	OK
Observações:	-				

pH – YSI 6561						
Padrão	Temp. (°C)	pH (antes)	pH (depois)	pH (mV)	pH (mV) ref.	$\Delta$ pH (mV)
7	20,57	7,14	7,00	-11,9	$0 \pm 50$	pH 4 – pH 7 = 175,0 pH 7 – pH 10 = 174,7
4	20,78	4,02	4,00	163,1	$180 \pm 50$	
10	20,74	10,00	10,00	-186,6	$-180 \pm 50$	
Nota: O intervalo para as diferenças entre pH (mV) entre "4 e 7" e entre "7 e 10" deve ser entre 165 e 180 mV						Check: OK
Observações:	-					

TURBIDEZ (NTU) – YSI 6136						
Padrão	Temp. (°C)	Turbidez (antes)	Turbidez (depois)	Troca do limpador	Check	
0	21,08	1,5	0,0	NÃO	OK	
12,7	21,48	11,9	12,7			
126	21,62	131,4	126			
Observações:	-					

**Figura 15:** Exemplo de parte de uma ficha de calibração.

Com relação às atividades de manutenção das Plataformas, foram realizados 08 trabalhos de campo, sendo que alguns envolveram todos os procedimentos acima descritos e outros somente parte deles. A Tabela 3 sumariza os períodos de campanha de campo e as principais atividades desenvolvidas em cada uma.

**Tabela 3:** Campanhas de campo realizadas para manutenção das Plataformas.

<b>Atividades desenvolvidas</b>
1- Troca da membrana e calibração do sensor de oxigênio dissolvido da sonda do SIMA; 2- Instalação e programação das cadeias de termistores (SIMA e cinco Plataformas secundárias) e; 3- Calibração, programação e instalação de cinco sondas nas Plataformas secundárias.
1- Substituição da sonda do SIMA; 2- Calibração, programação e instalação da sonda do SIMA (substituída); 3- Download dos dados gravados no SIMA; 4- Verificação de coordenadas e profundidades das Plataformas.
1- Substituição das pilhas da sonda do SIMA; 2- Calibração do sensor de oxigênio dissolvido e programação da sonda do SIMA.
1- Retirada e limpeza das cadeias de termistores (Hobo) e das sondas multiparamétricas; 2- Instalação de suporte auxiliar para fixação da corda das cadeias de termistores (Hobo); 3- Registro das coordenadas e respectivas profundidades de cada plataforma; 4- Download dos dados das cadeias de termistores e dos dados gravados nas sondas das Plataformas Secundárias; 5- Calibração (sondas), rearranjo (termistores) e reprogramação (sondas e termistores) para amostragem nas Plataformas Secundárias e Principal; 6- Reinstalação das sondas e das cadeias de termistores; 7- Fixação de placas de identificação atualizadas nas Plataformas Secundárias e na principal; 8- Download dos dados gravados no SIMA.
1- Retirada e limpeza das cadeias de termistores (Hobo) e das sondas multiparamétricas; 2- Registro das coordenadas e respectivas profundidades de cada plataforma; 3- Download dos dados das cadeias de termistores e dos dados gravados nas sondas das Plataformas Secundárias; 4- Calibração (sondas) e reprogramação (sondas e termistores) para amostragem nas Plataformas Secundárias e Principal; 5- Reinstalação das sondas e das cadeias de termistores; 6- Download dos dados gravados no SIMA
1- Calibração do sensor de oxigênio dissolvido e programação da sonda do SIMA.
1- Resgate de tambor de flutuação parcialmente inundado da Plataforma 4.
1- Reinstalação do tambor de flutuação da Plataforma 4; 2- Retirada e limpeza das cadeias de termistores (Hobo) e das sondas multiparamétricas; 3- Registro das coordenadas e respectivas profundidades de cada plataforma; 4- Download dos dados das cadeias de termistores e dos dados gravados nas sondas das Plataformas Secundárias; 5- Calibração (sondas) e reprogramação (sondas e termistores) para amostragem nas Plataformas Secundárias e Principal; 6- Reinstalação das sondas e das cadeias de termistores; 7- Download dos dados gravados no SIMA.

---

## ATIVIDADES:

- 3.5 **Desenvolvimento do banco de dados:** definição do local de instalação e aquisição do servidor, estrutura e política de acesso aos dados coletados e armazenados.
- 3.6 **Gestão do banco de dados:** verificar continuamente a integridade e o correto armazenamento dos dados de entrada e liberar dados para acesso. Realização de cópia de segurança.
- 

## RESULTADOS 3.5 e 3.6

### Desenvolvimento de banco de dados em plataforma *web*

Desde o fundeio das Plataformas em Julho de 2013 uma grande quantidade de dados foram adquiridos, com variadas formas e com frequências distintas. O sistema de coleta de dados SIMA possui dois modos de operação e dois intervalos de coletas de dados. O modo de operação *online* consiste em coletas a cada 60 minutos, que são transmitidas por satélite logo após a coleta. Desta forma, teve-se a necessidade de desenvolver um sistema computacional para receber, processar e armazenar estas mensagens, a medida que elas são disponibilizadas pelo sistema de recepção do INPE de Natal (RN). O modo de operação *offline* consiste em coletas a cada 10 minutos, que são armazenadas internamente nas Plataformas SIMA. Estas leituras são descarregadas periodicamente, pela equipe de manutenção, em arquivos. Desta forma, desenvolveu-se um programa para processar e armazenar o conteúdo destes arquivos.

A plataforma SIMA possui os modos de operação *online* e *offline*, e coleta parâmetros limnológicos e meteorológicos. Já as Plataformas SIMA Aquicultura coletam somente dados limnológicos no modo *offline*.

A interface de acesso aos dados foi integrada em um portal de internet, que também tem a função de divulgar o Projeto para a sociedade. A tela de acesso aos dados, assim como mostra a Figura 16, permite ao usuário visualizar os dados no formato de gráfico e baixar os dados no formato compatível com o Excel. O sistema permite ao usuário personalizar consultas e combiná-las em um gráfico interativo, que pode ter até quatro eixos, onde em cada um desses eixos o usuário pode colocar parâmetros de diferentes grandezas.

O portal possui também um mapa com a localização das Plataformas e profundidades em diferentes datas. O acesso aos dados e localização das Plataformas é restrito por senha, ou seja, somente os usuários cadastrados podem ter estes acessos. A Figura 17 mostra a tela de gerenciamento das contas dos usuários, ela é restrita ao administrador do sistema. As permissões

de acesso são definidas por tipo de dado armazenado, assim como mostra a Figura 17: SIMA *online*, SIMA *offline*, cadeia de termistores, sonda e cotas.

Tendo em vista a organização desses dados em um banco de dados e a disponibilização remota para os usuários em diferentes localidades, foi desenvolvido uma plataforma web para em:

<http://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura/>.

PROJETO FURNAS  
PROJETO DE MONITORAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL  
DA AQUICULTURA NO RESERVATÓRIO DE FURNAS

BRASIL  
PAZ, SEGURANÇA E PROGRESSO

home publicações equipe login

apoio

Ministério da Pesca e Aquicultura

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

realização

Embrapa

INPE

parceiros

apta Regional

EMATER-MG

EPAMIG

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAPÉ

Objetivo Estágio Atual do Projeto Dados Coletados Relevância do Monitoramento Realização e Parcerias

O objetivo é desenvolver um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanques-rede, assim como, a adoção de Boas Práticas de Manejo para a gestão ambiental de Parques Aquícolas.

Além disso, em decorrência das metodologias que serão desenvolvidas e validadas durante a execução do Projeto será possível subsidiar a consolidação de indicadores para compor um Plano de Monitoramento e Gestão Ambiental da Aquicultura, culminando ainda na criação de uma Rede de Monitoramento Ambiental de Parques Aquícolas, com ampla capacidade de monitoramento de reservatórios.

© 2014 Hidrosfera INPE

**Figura 16:** Plataforma web desenvolvida contendo informações gerais do Projeto e os dados adquiridos pelos SIMA-Aquicultura e SIMA.

Neste site o público interessado encontra informações sobre o Projeto, a equipe envolvida e as publicações oriundas do mesmo. Já os dados propriamente ditos possuem acesso restrito aos usuário devidamente cadastrados, e são acessados após conexão através do seguinte link:

<https://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura/login.html>.

[logar](#) [sair](#)

**Dados de login**

e-mail

senha

O acesso aos Dados do Projeto Furnas Aquicultura é restrito aos usuários cadastrados.  
Caso tenha esquecido a sua senha. Forneça o seu e-mail no campo acima e clique [aqui](#) para receber uma nova senha no seu e-mail.

**Figura 17:** Tela de *login* para acesso ao banco de dados.

Uma vez o usuário tendo conectado, todos os dados adquiridos pelas Plataformas (telemétricos e gravados) estão disponíveis, tanto para download como para diferentes modos de visualização, como mostra a Figura 18.

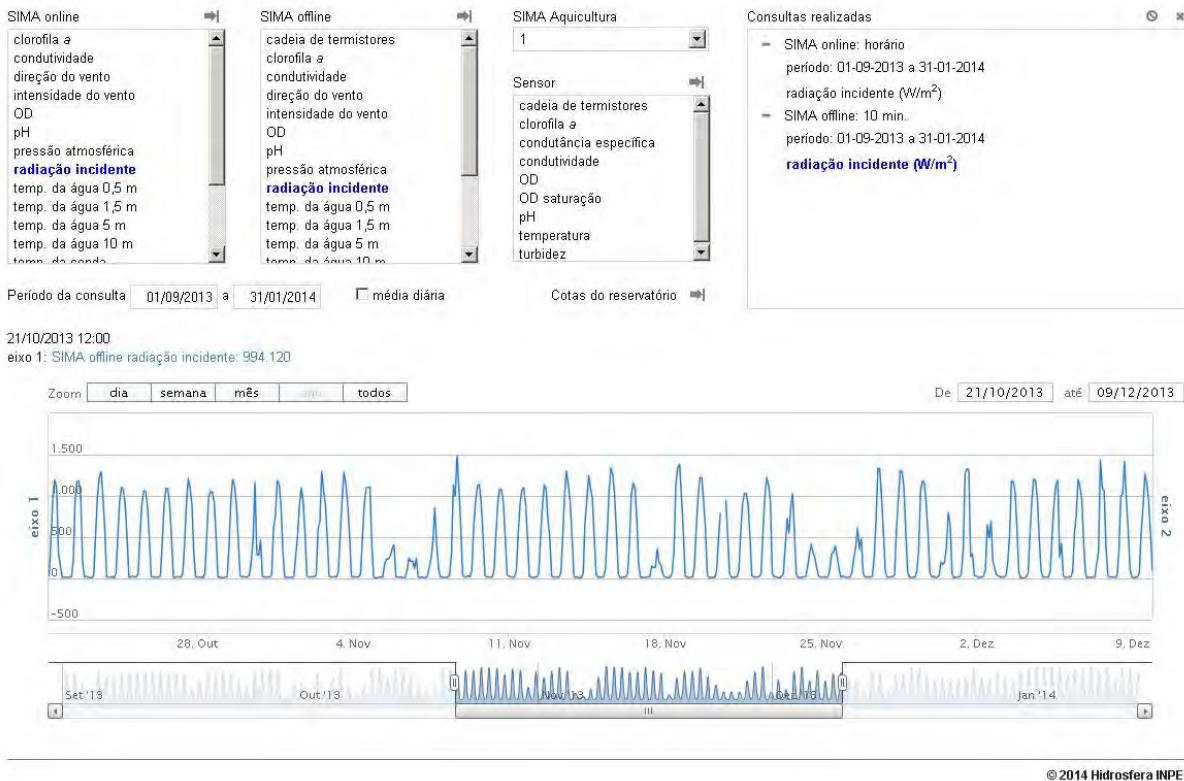
The screenshot shows the main interface of the data bank. At the top, there are navigation tabs: home, dados (selected), mapa, publicações, equipe, alterar senha, tutorial, and sair. Below the navigation, there are three main columns of data selection options:

- SIMA online:** A list of parameters including clorofila a, condutividade, direção do vento, intensidade do vento, OD, pH, pressão atmosférica, radiação incidente, and temperatures at different depths (0.5 m, 1.5 m, 5 m, 10 m).
- SIMA offline:** A list of parameters including cadeia de termistores, clorofila a, condutividade, direção do vento, intensidade do vento, OD, pH, pressão atmosférica, radiação incidente, and temperatures at different depths.
- SIMA Aquicultura:** A dropdown menu currently showing '1', and a list of sensors including cadeia de termistores, clorofila a, condutância específica, condutividade, OD, OD saturação, pH, temperatura, and turbidez.

At the bottom, there is a section for 'Período da consulta' with input fields for start and end dates, a checkbox for 'média diária', and a link for 'Cotas do reservatório'. On the right side, there is a box labeled 'Consultas realizadas' which is currently empty.

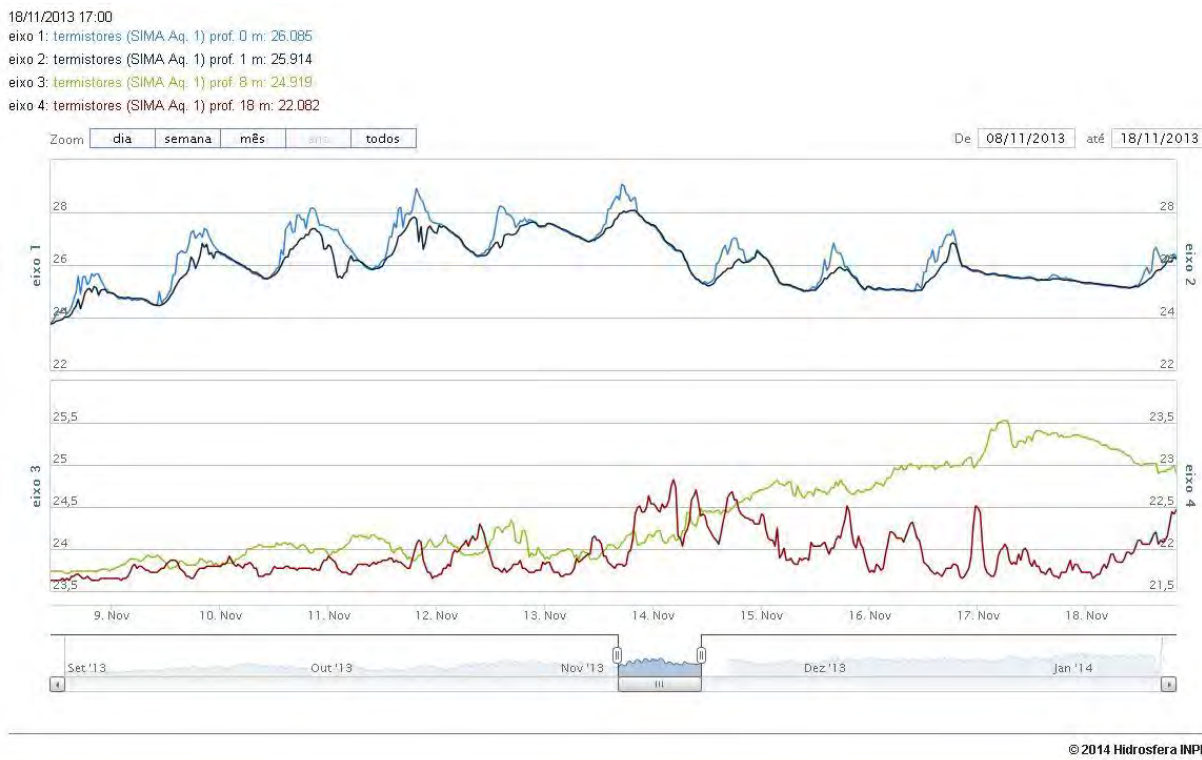
**Figura 18:** Banco de dados disponível para visualização e/ou download.

O banco de dados permite ao usuário escolher exatamente qual o dado a ser baixado e qual o período desejado sendo que, através das ferramentas de visualização rápida, uma análise exploratória preliminar auxilia na decisão de quais dados e quais os períodos a escolher. A Figura 19 exemplifica uma visualização de um único parâmetro somente, enquanto a Figura 20 exemplifica a visualização simultânea de quatro parâmetros de um mesmo período. Devido às diferentes formas de visualização e *download* dos dados, foi desenvolvido um pequeno tutorial sobre a utilização do banco de dados, disponível em: <https://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura/tutorial.pdf>.



© 2014 Hidrosfera INPE

**Figura 19:** Visualização do parâmetro radiação de ondas curtas, utilizando os dados gravados no SIMA para um período especificado pelo usuário.

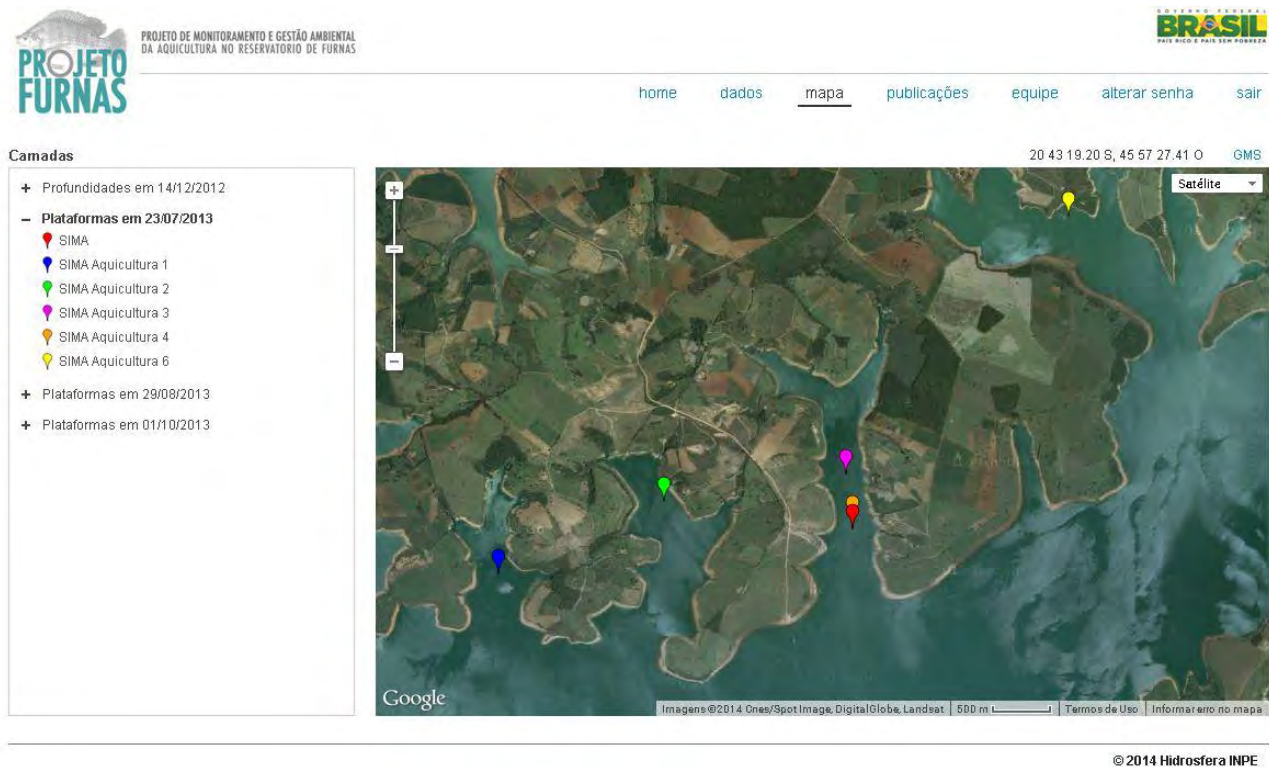


© 2014 Hidrosfera INPE

**Figura 20:** Visualização simultânea de temperaturas de quatro diferentes profundidades para a Plataforma 1.



Adicionalmente, há também uma área do site (aba “mapa”) onde o usuário pode acessar informações de localização e profundidade das Plataformas de cada campanha de campo e onde estes dados foram adquiridos, como mostra a Figura 21.



**Figura 21:** Informações de localização e profundidade das Plataformas em cada campanha de campo.

A base de dados é formada ainda pelas cotas diárias do Reservatório desde 01 de janeiro de 2002. Para armazenar e recuperar, com velocidade este volume de dados, foi criado um banco de dados.

Sumário das atividades:

- desenvolvimento de um sistema para receber, processar e armazenar os dados *online*;
- desenvolvimento de um programa para processar e armazenar os dados *offline*;
- desenvolvimento de um banco de dados para armazenar e recuperar os dados;
- criação de um portal de internet com as páginas de apresentação, equipe, telas de login e alteração de senha, tela de cadastro, acesso aos dados, localização das Plataformas e profundidades em diferentes datas;
- corrigir o texto de apresentação do projeto. Talvez seja melhor mover este texto para uma página de descrição do projeto e deixar na página de abertura apenas algumas fotos, imagens e textos breves;

- colocar o nome dos demais membros do projeto na página equipe, assim como dividir as pessoas por função no projeto;
- colocar dados de mapeamento do uso do solo;

Atividades pendentes:

- adquirir a licença da biblioteca usada para desenhar os gráficos. A licença tem um custo de 780 dólares que precisa ser viabilizado.

---

## **ATIVIDADES:**

3.7 **Relatórios de gestão:** definir a periodicidade e a forma de apresentação dos dados que possibilite a integração entre as variáveis analisadas. Estabelecer um conjunto mínimo de relatórios que possibilitem o efetivo monitoramento integrado das variáveis analisadas, destacando as anomalias encontradas.

---

## **RESULTADOS 3.7**

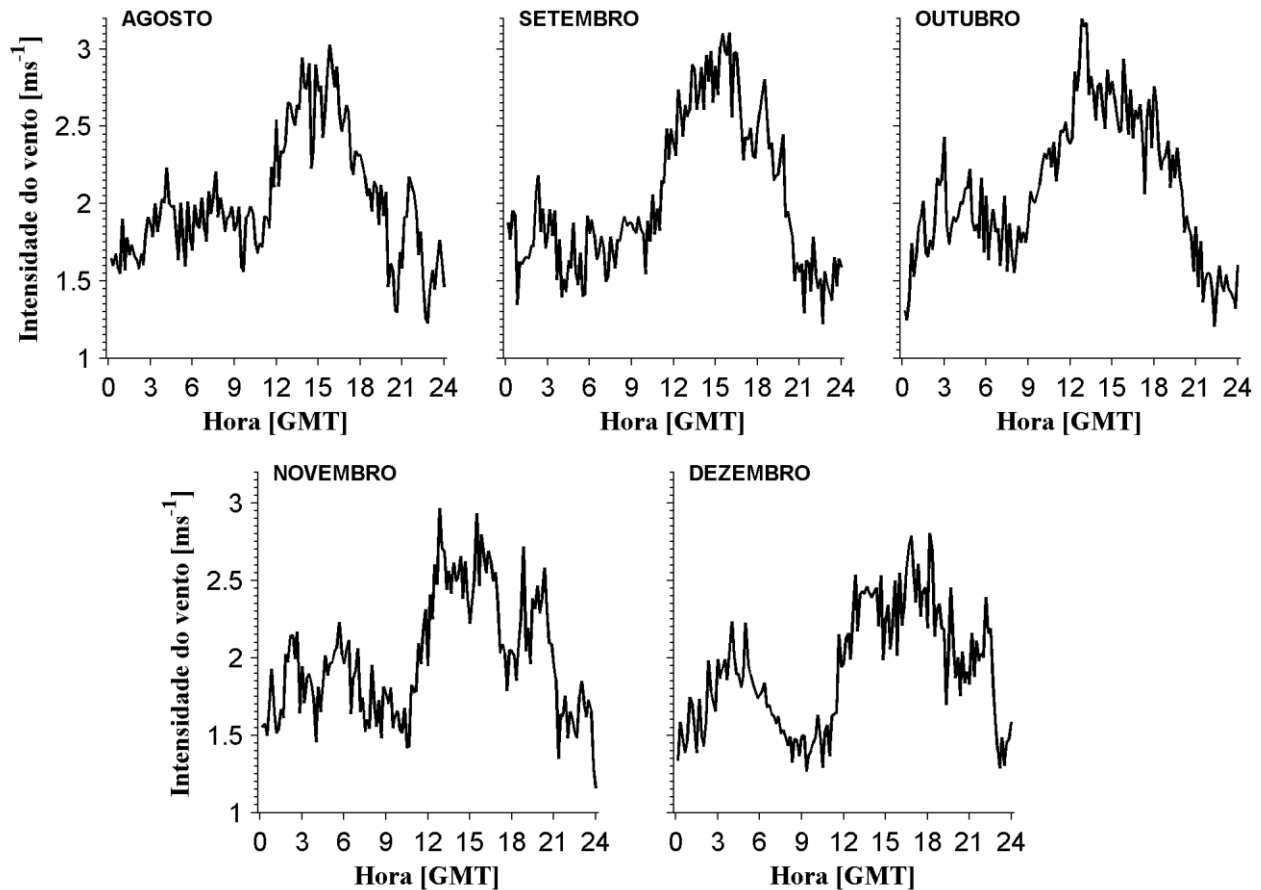
### **Resultados preliminares**

Com o objetivo de avaliar tendências de variações diárias de cada parâmetro e verificar o comportamento dessas variações em diferentes meses (de agosto a dezembro de 2013), foram realizadas médias mensais de cada parâmetro em cada instante de tempo (no caso, 10 minutos). Os resultados serão apresentados em formas de figura a seguir e estão subdivididos em dados meteorológicos (amostrados no SIMA) e dados subaquáticos (SIMA e SIMA-Aquicultura).

No caso dos dados subaquáticos, foram descartados os períodos onde foram verificados problemas de descalibração do sensor, ou mesmo de sensores com calibrações mal sucedidas, de modo que estes dados errôneos não afetassem a análise. Adicionalmente, houveram períodos sem coleta de dados devido a retirada das sondas para manutenção.

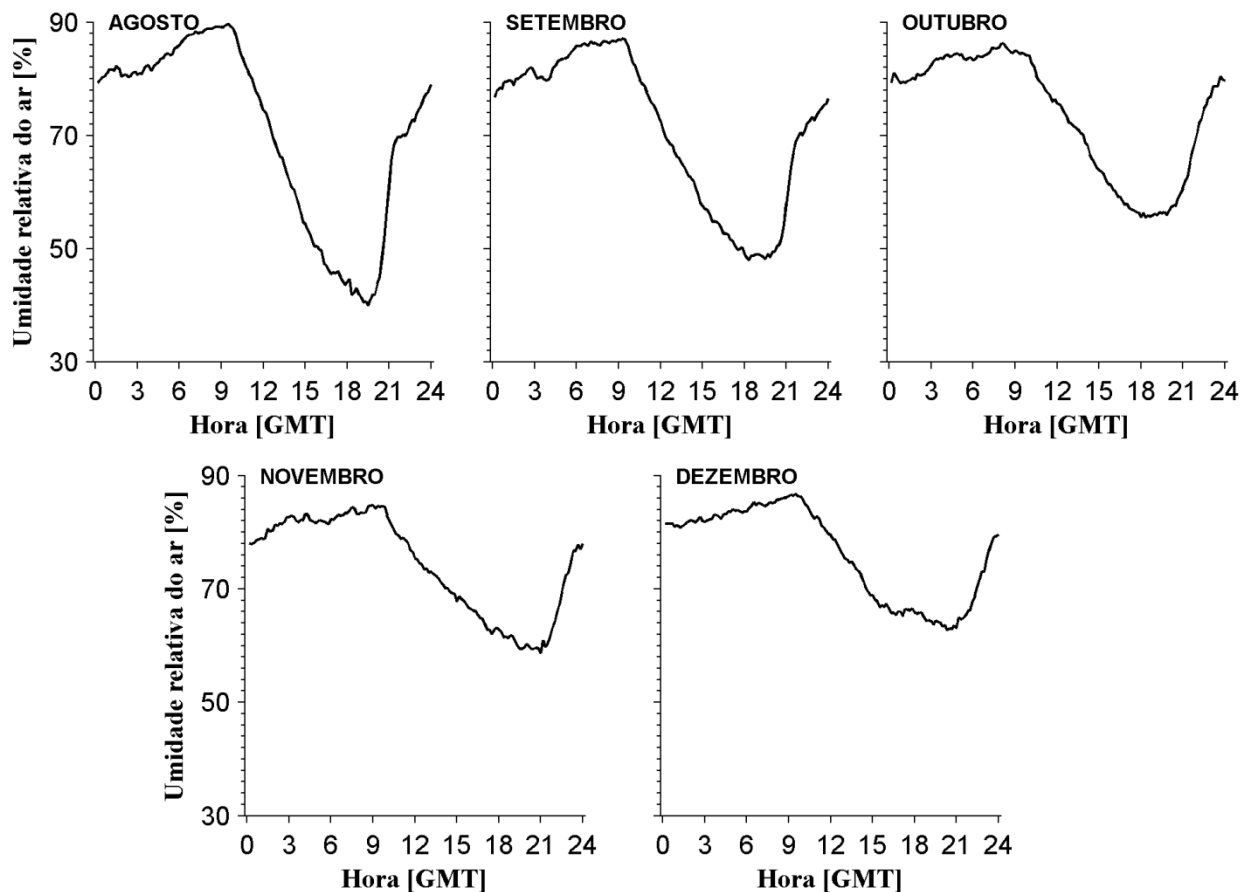
Todos os horários estão referenciados à Hora Média de Greenwich (GMT), de modo a evitar equívocos com relação a períodos com horário de verão. Para a localidade do reservatório de Furnas, a hora local corresponde a três horas a menos que a GMT, desconsiderando o horário de verão.

## Dados meteorológicos



**Figura 22:** Médias mensais da variabilidade diária da intensidade do vento.

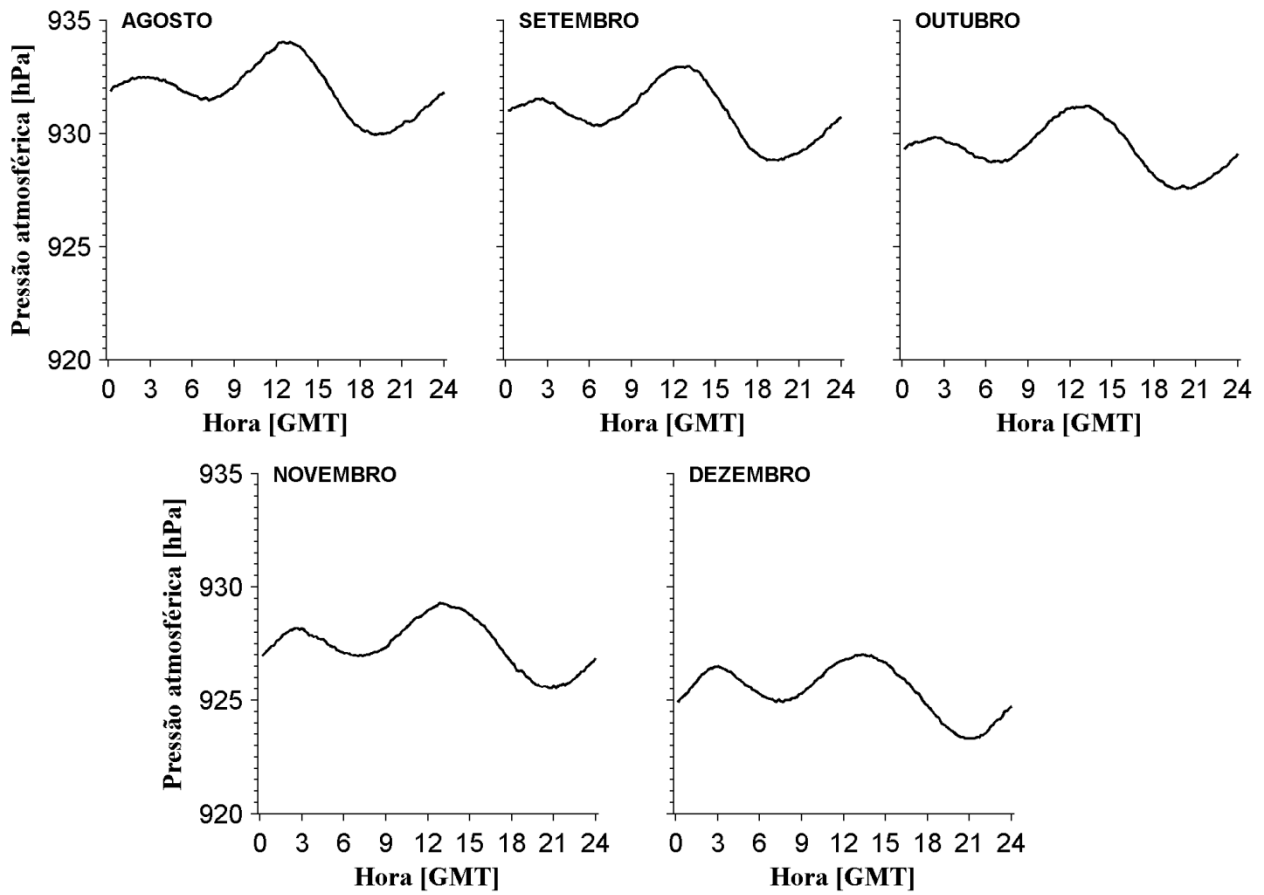
A intensidade do vento apresentou um comportamento padrão persistente ao longo dos meses analisados, com picos de valores entre às 13 e 19 horas (aproximadamente 3 ms<sup>-1</sup>). No mês de dezembro é observado uma diminuição dos picos de intensidade, entretanto o período dessas maiores intensidades é maior (entre 12 e 21 horas).



**Figura 23:** Médias mensais da variabilidade diária da umidade relativa do ar.

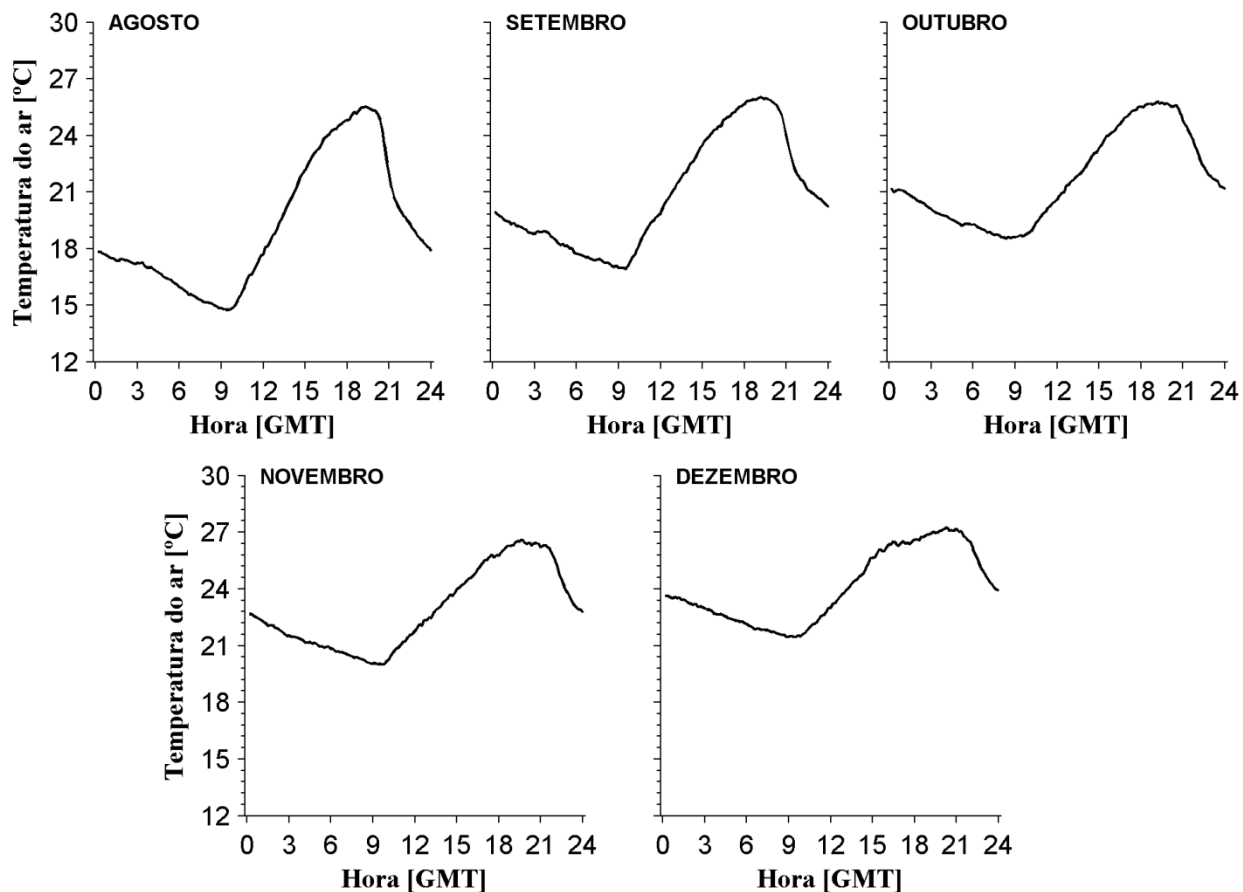
A umidade relativa diária apresentou comportamento típico de latitudes baixas, com decréscimo durante o dia e aumento no começo do período noturno (21 à 1 hora – GMT). No restante do período noturno (1 às 10 horas) a umidade relativa permanece quase contante. Os maiores valores são encontrados às 10 horas (7 horas local) e os menores às 20 horas (17 horas local).

Observa-se uma gradual diminuição na amplitude da variação ao longo dos meses Agosto-Dezembro.



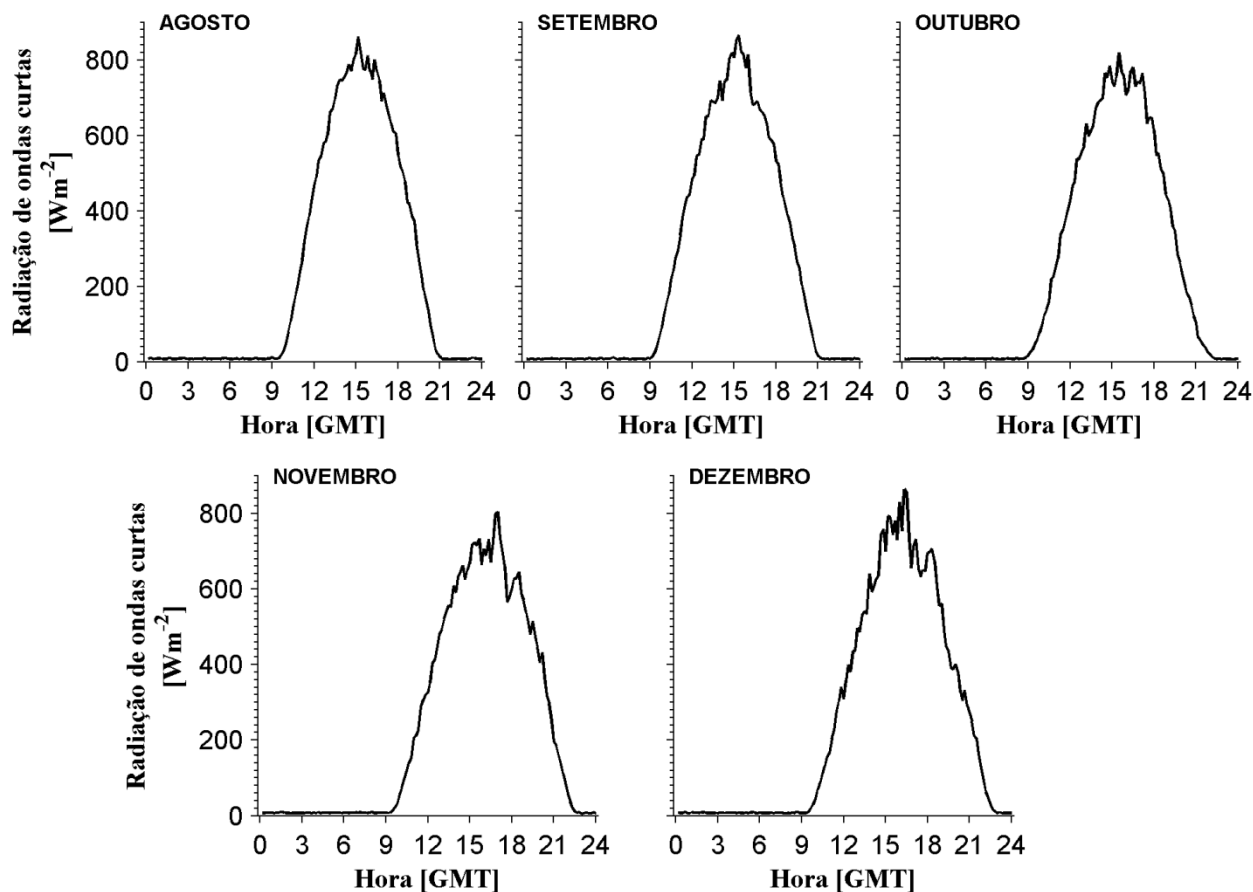
**Figura 24:** Médias mensais da variabilidade diária da pressão atmosférica.

A pressão atmosférica apresentou uma modulação diária típica, com variações não ultrapassando 5 hPa. Observa-se um decréscimo gradual ao longo dos meses analisados, da ordem de 10 hPa.



**Figura 25:** Médias mensais da variabilidade diária da temperatura do ar.

A temperatura do ar apresentou um gradual aumento ao longo dos meses analisados, enquanto que a variabilidade diária diminuiu, sendo esta variabilidade da ordem de 10°C em Agosto ao passo que em Dezembro esta variabilidade foi da ordem de 6°C.



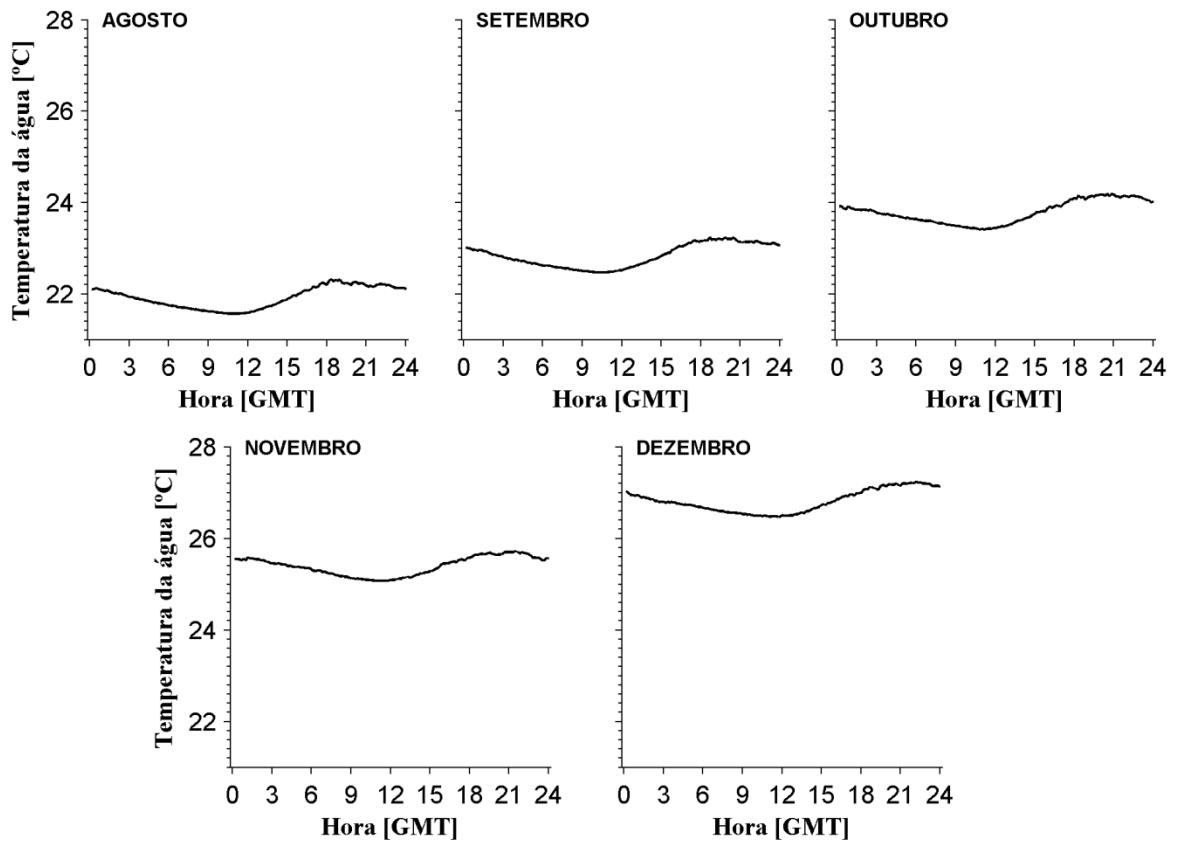
**Figura 26:** Médias mensais da variabilidade diária radiação de ondas curtas incidente.

As médias mensais da variabilidade diária da radiação de ondas curtas incidente não apresentaram grandes diferenças entre si.

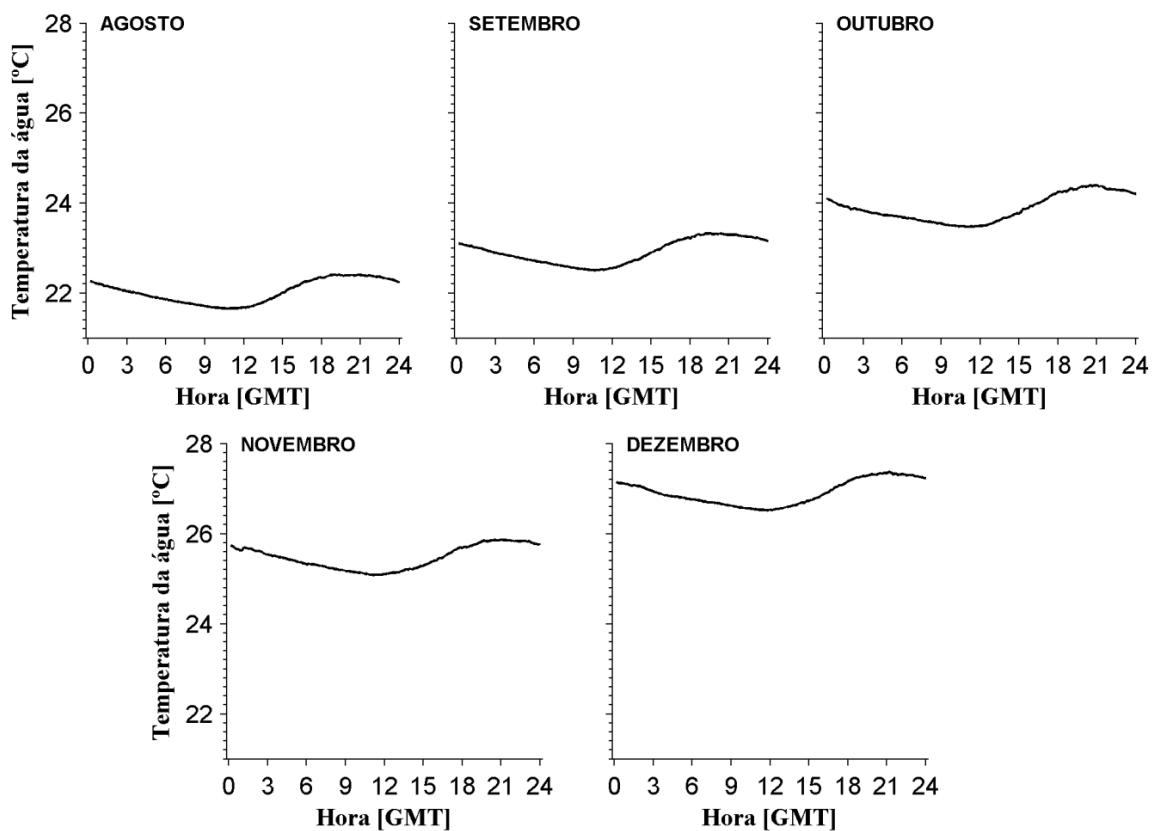
## Dados subaquáticos

Os dados subaquáticos apresentados neste Relatório são os de temperatura da água (sonda multiparamétrica), pH e oxigênio dissolvido.

Os dados de condutividade se apresentaram praticamente constantes ao longo do período analisado, com variações aproximadas entre 35 e 45 mS/cm, e sem variabilidades diárias evidentes. O mesmo se aplica aos dados de turbidez, com variações entre 0 e 10 NTU. Também os dados de concentração de clorofila não foram ajustados com medidas *in situ* e, portanto, não foi realizada uma análise deste parâmetro.



**Figura 27:** Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 1).



**Figura 28:** Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 2).



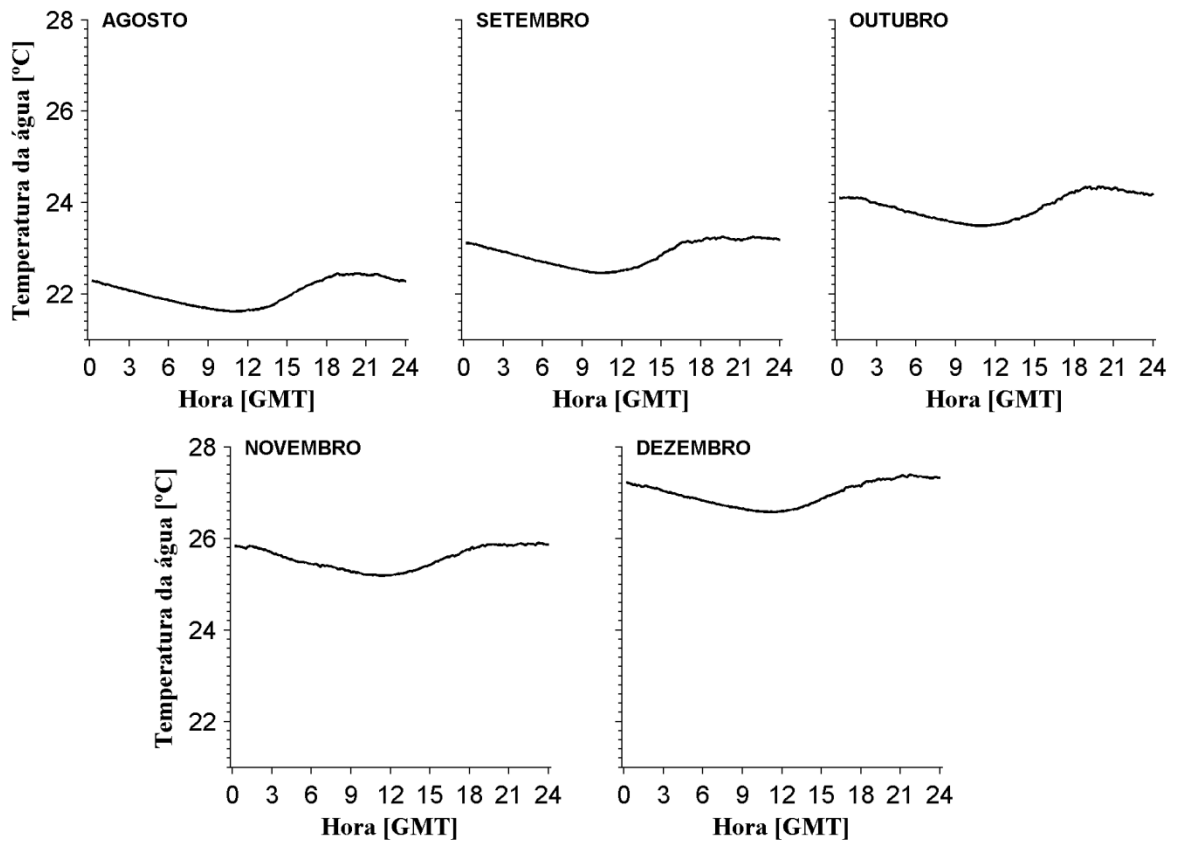


Figura 29: Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 3).

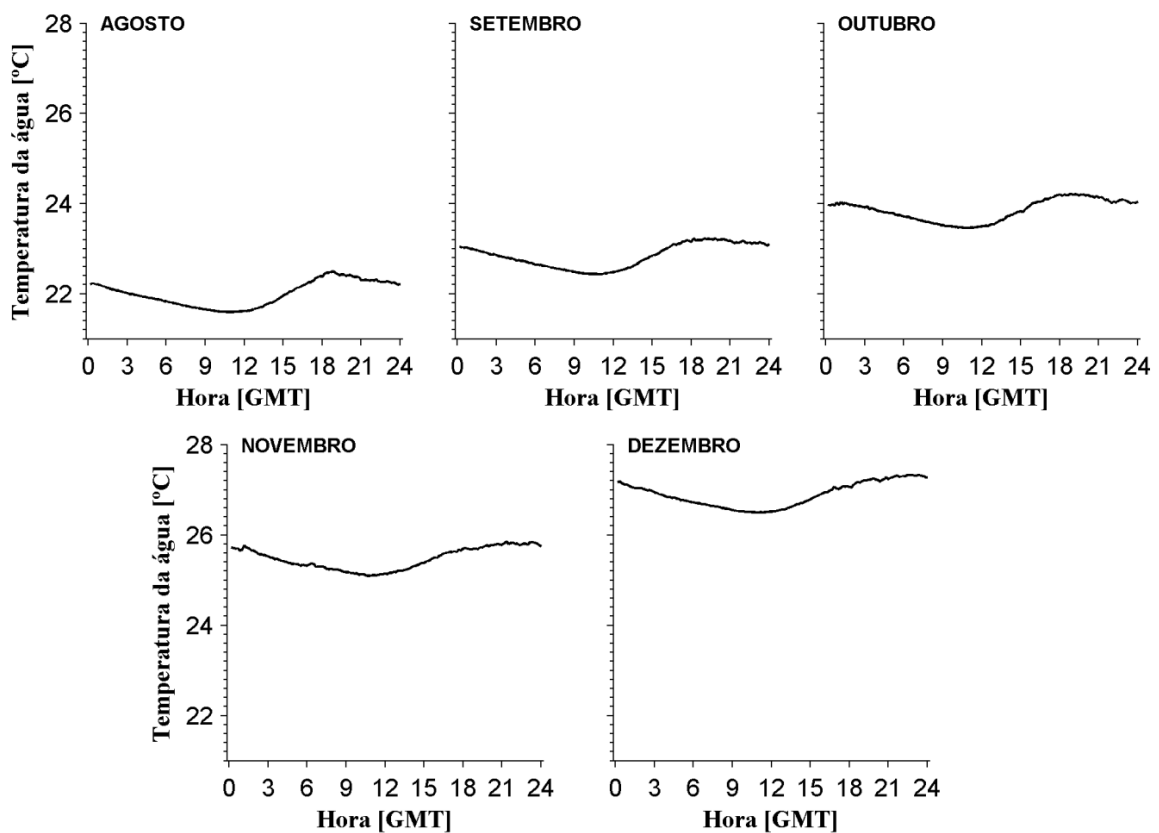


Figura 30: Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 4).

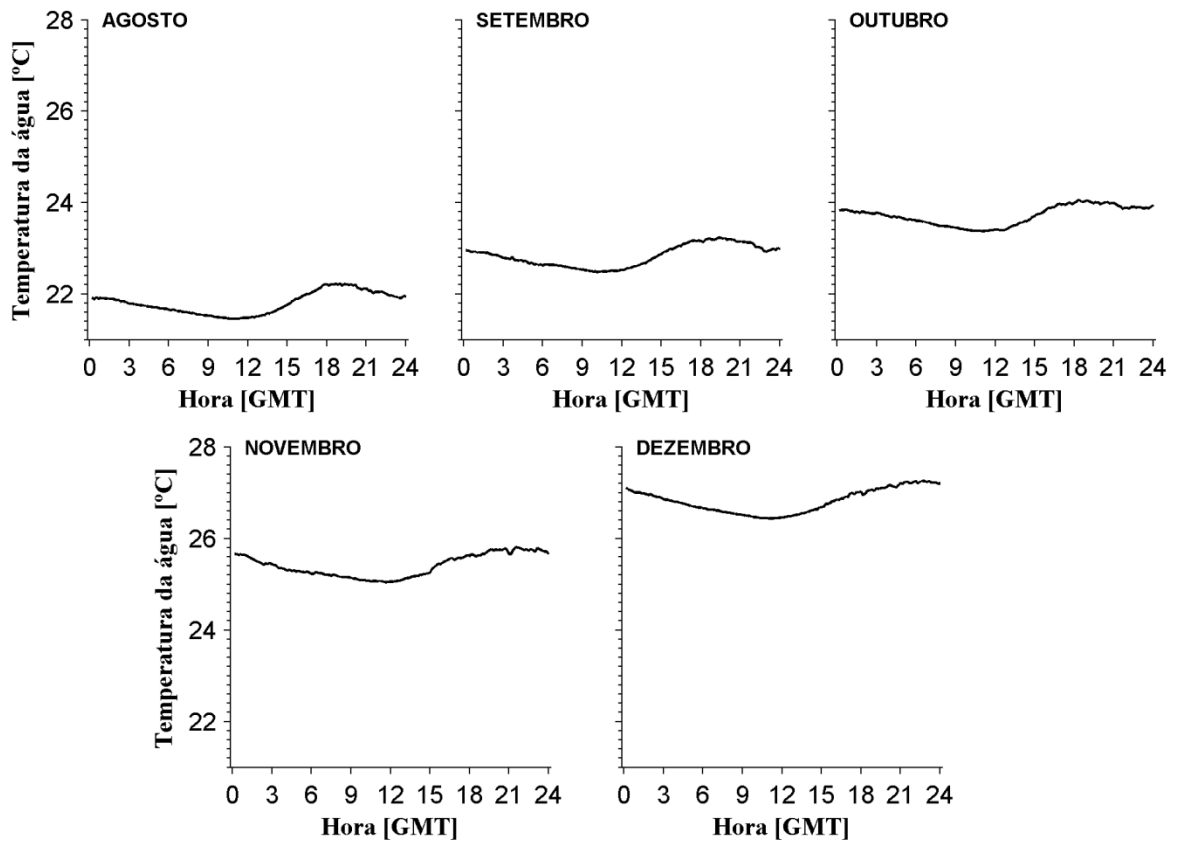


Figura 31: Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 5).

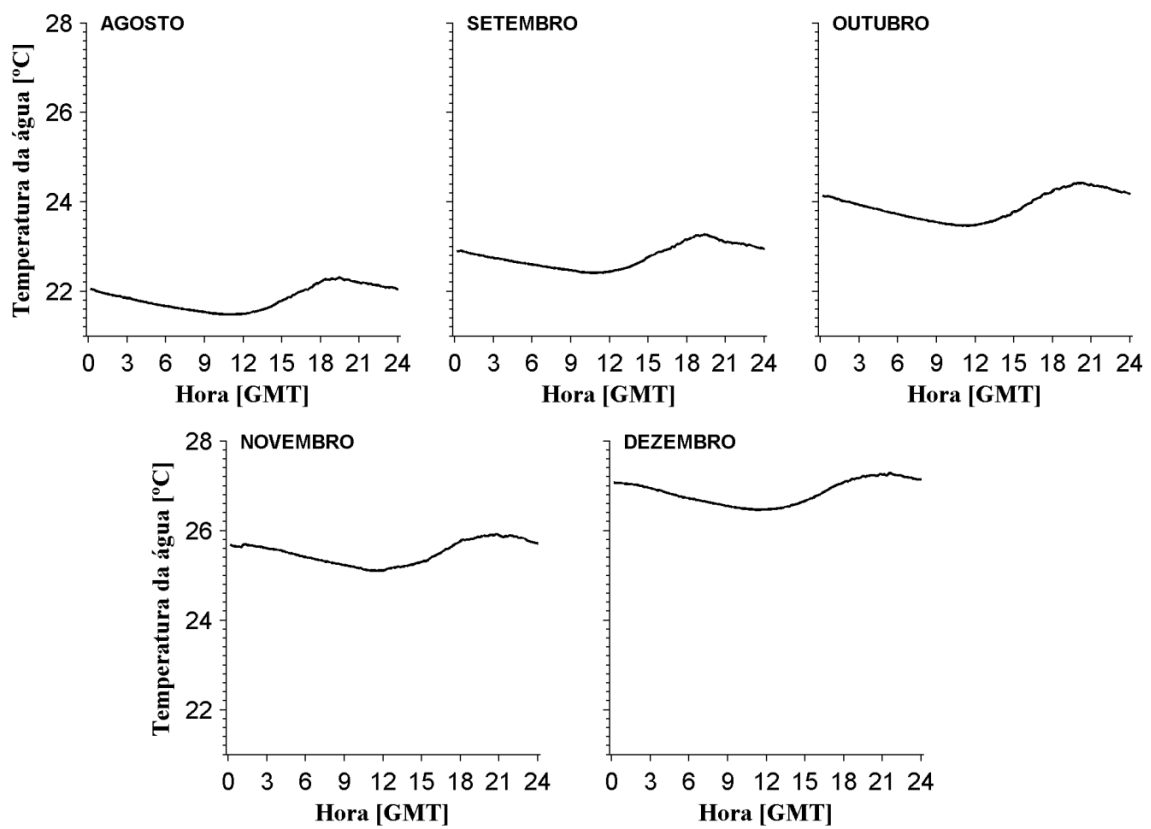
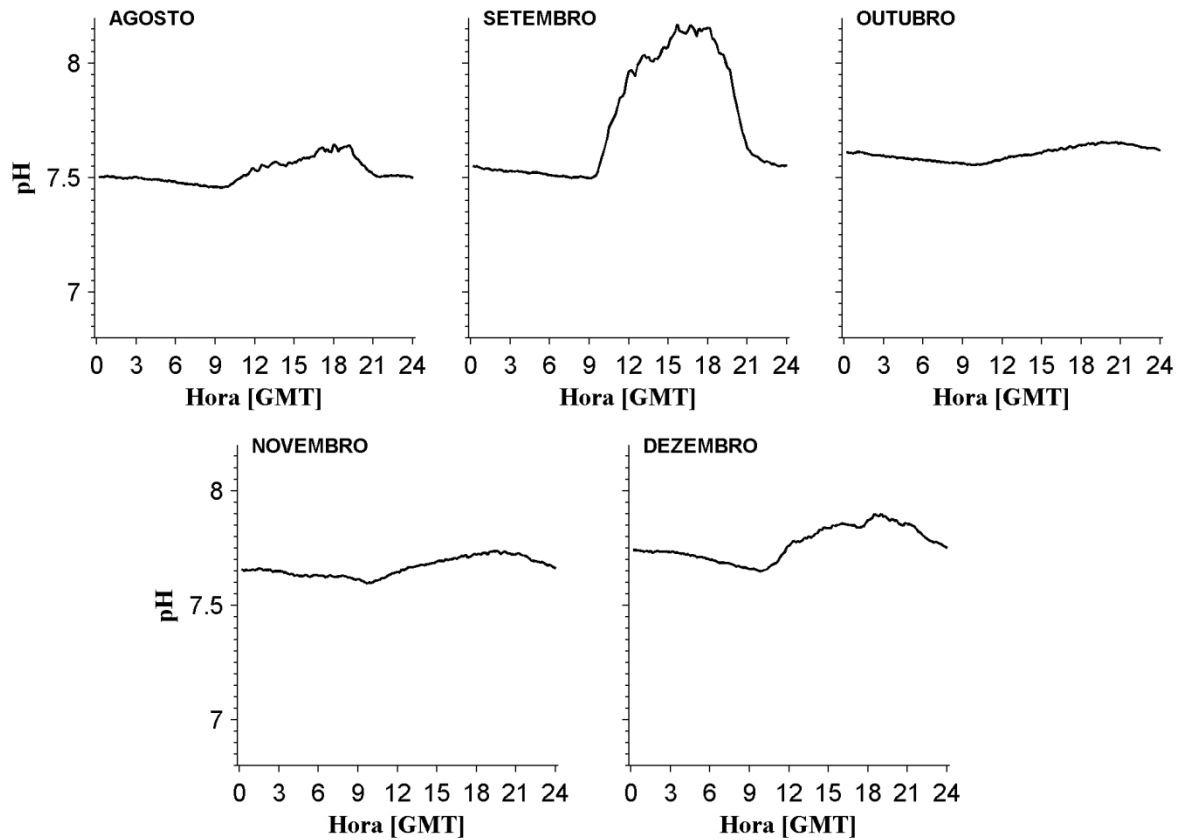
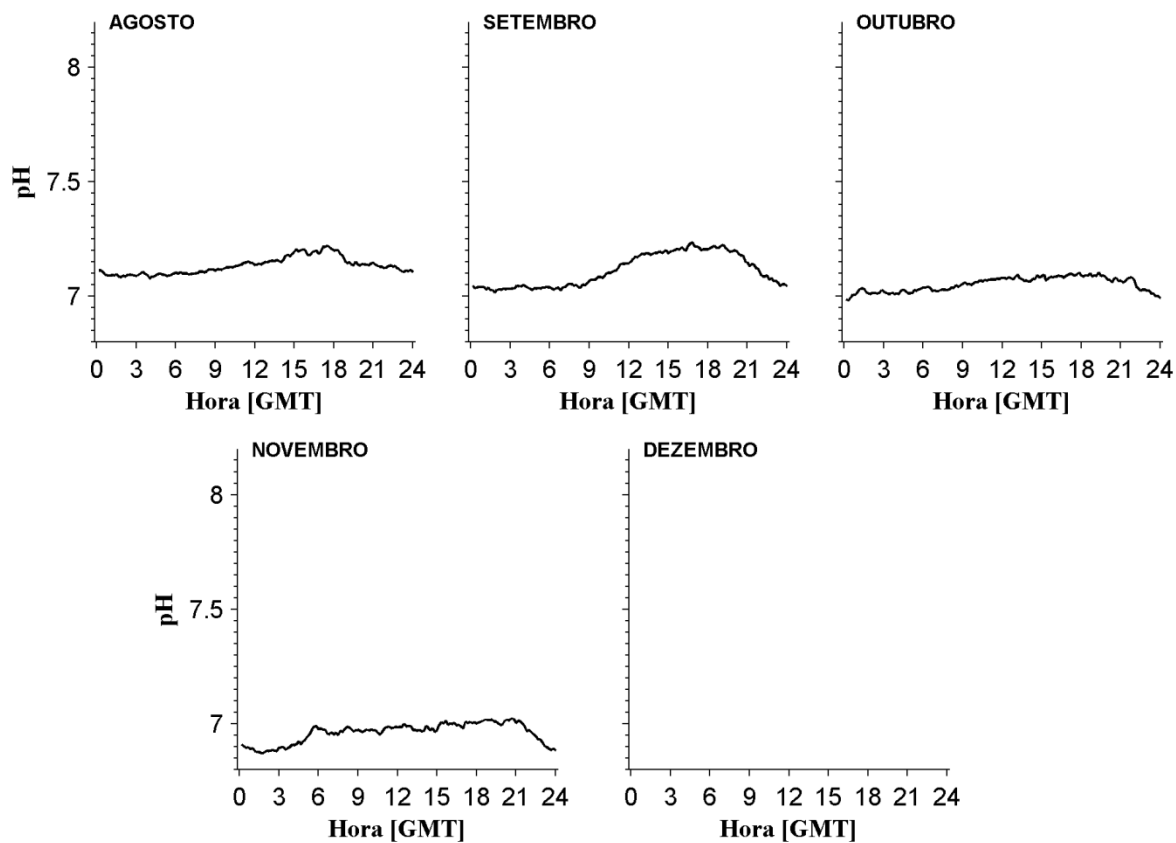


Figura 32: Médias mensais da variabilidade diária da temperatura da água (Plataforma 6).

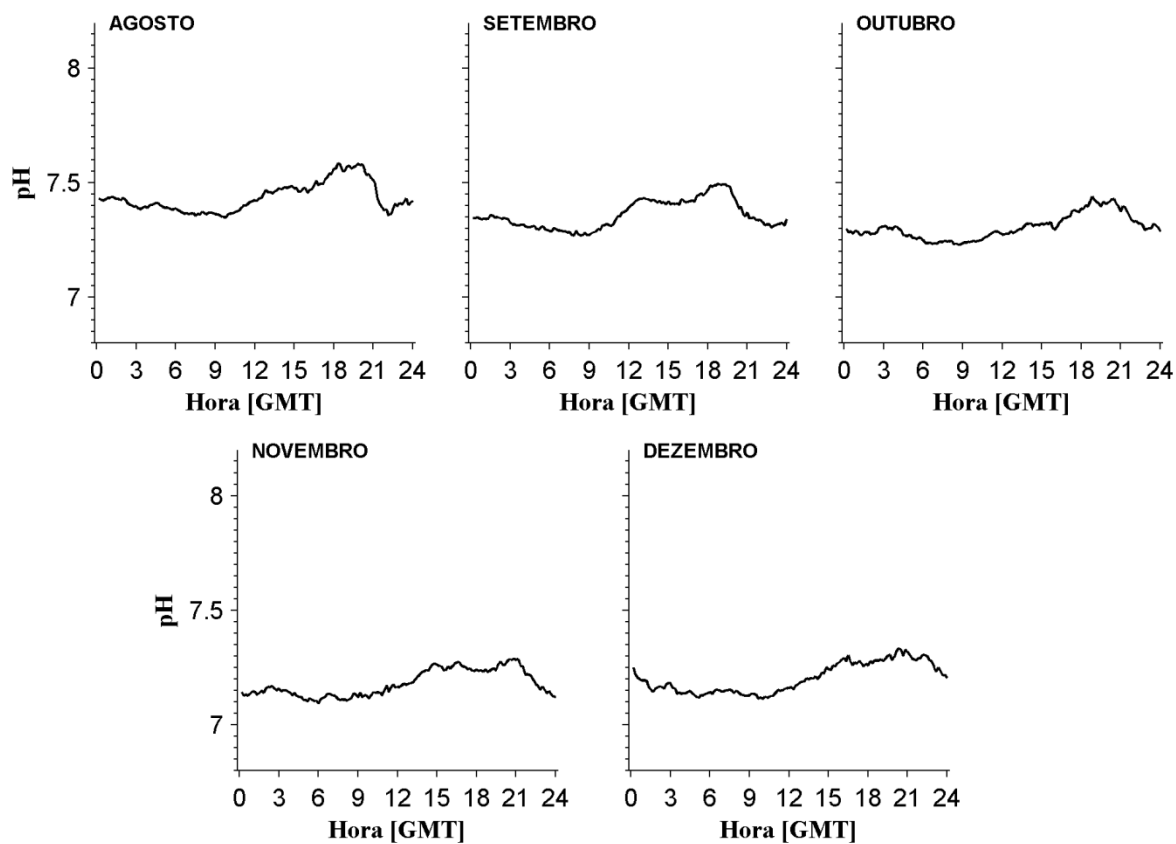
Os dados de temperatura da água das 6 Plataformas apresentaram comportamento semelhante, tanto na variabilidade diária quanto mensal. A variabilidade diária se deu através do esfriamento da água no período noturno (21 às 10 horas – GMT) e aquecimento no período diurno (10 às 21 horas – GMT). Já a variabilidade mensal se deu através de um gradual aumento, da ordem de 5º C, no decorrer dos meses agosto-dezembro.



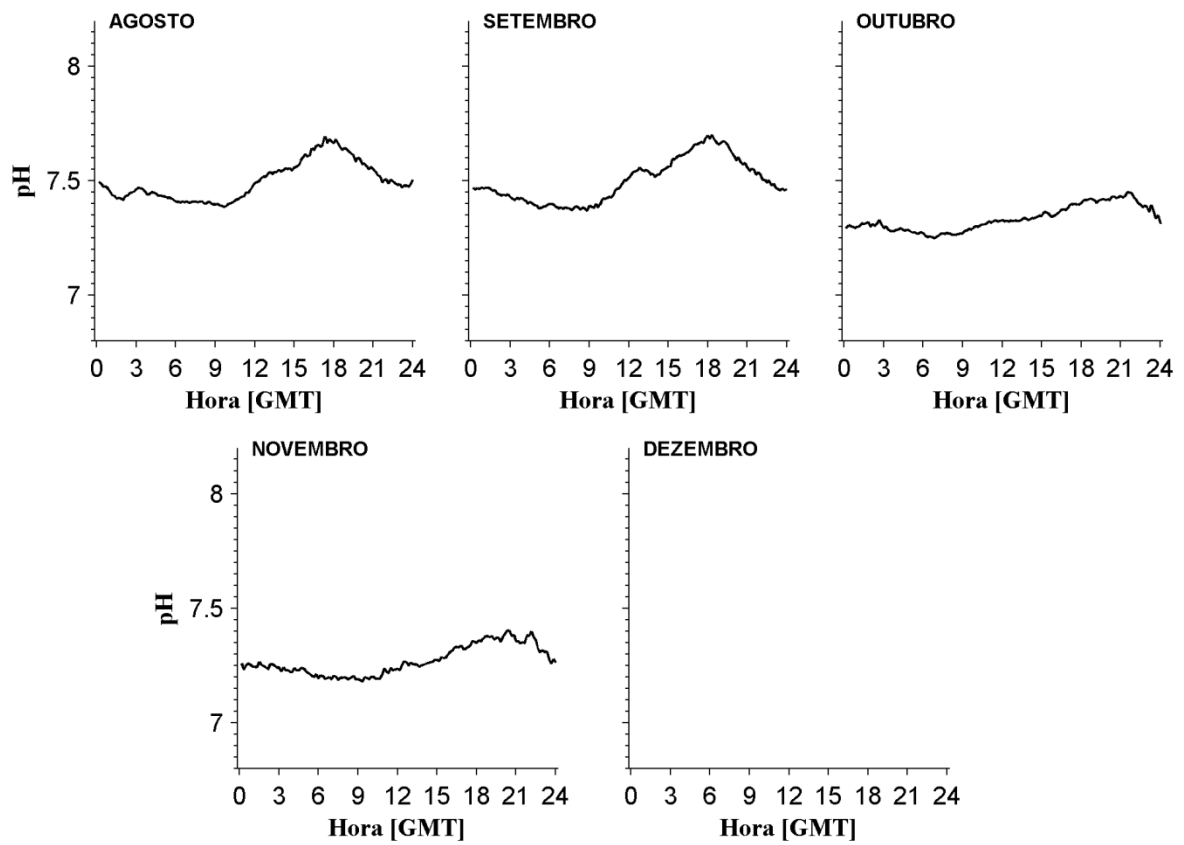
**Figura 33:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 1).



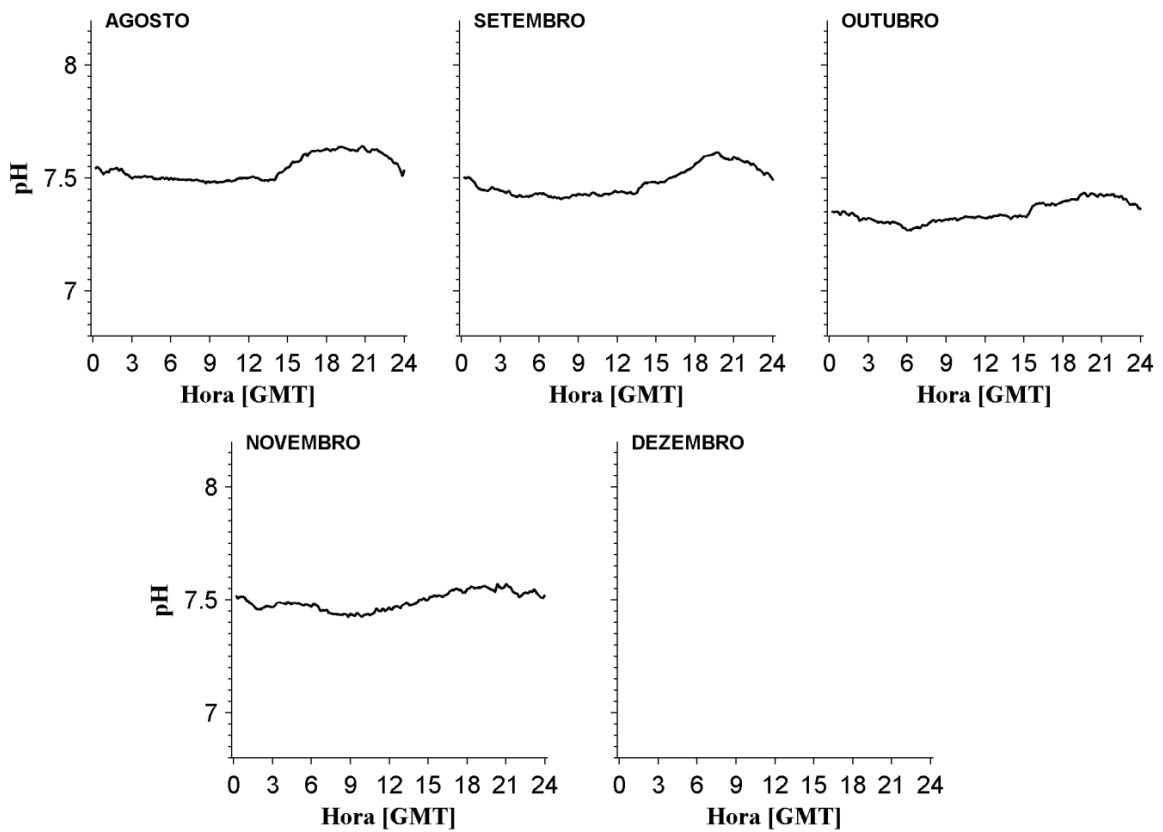
**Figura 34:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 2).



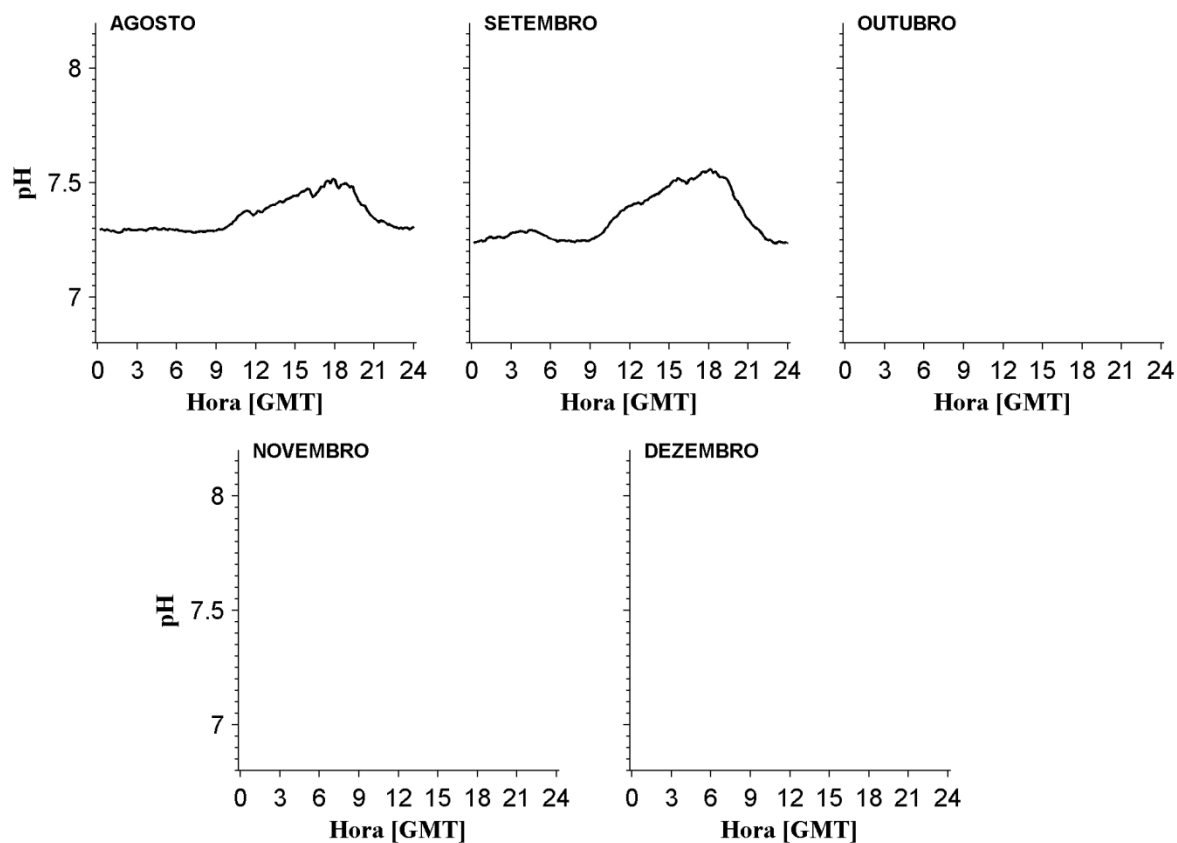
**Figura 35:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 3).



**Figura 36:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 4).

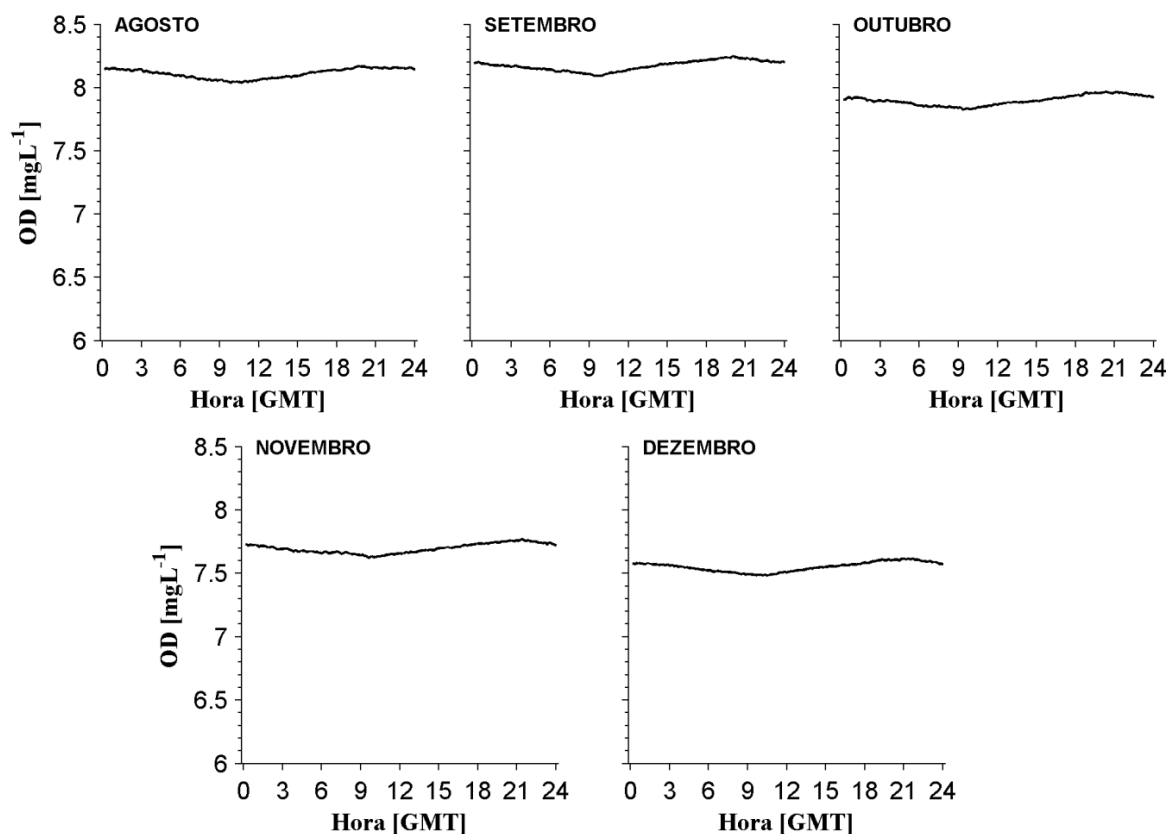


**Figura 37:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 5).

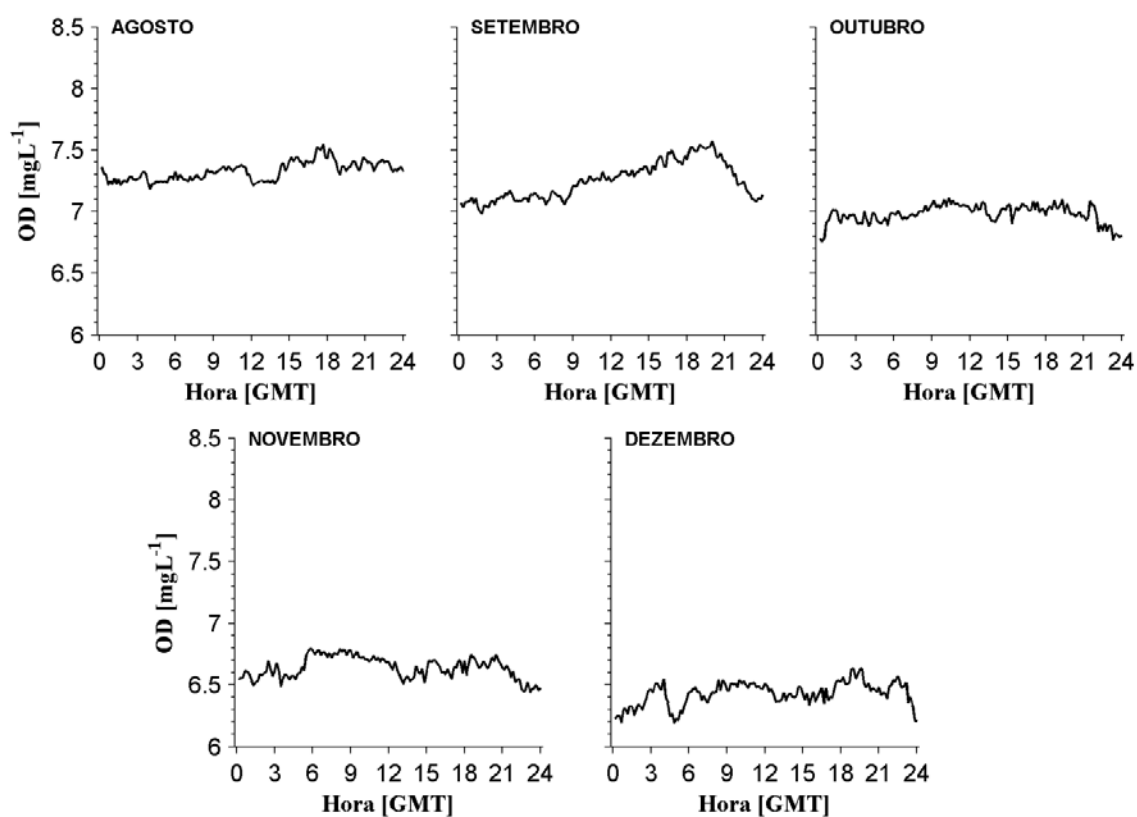


**Figura 38:** Médias mensais da variabilidade diária do pH (Plataforma 6).

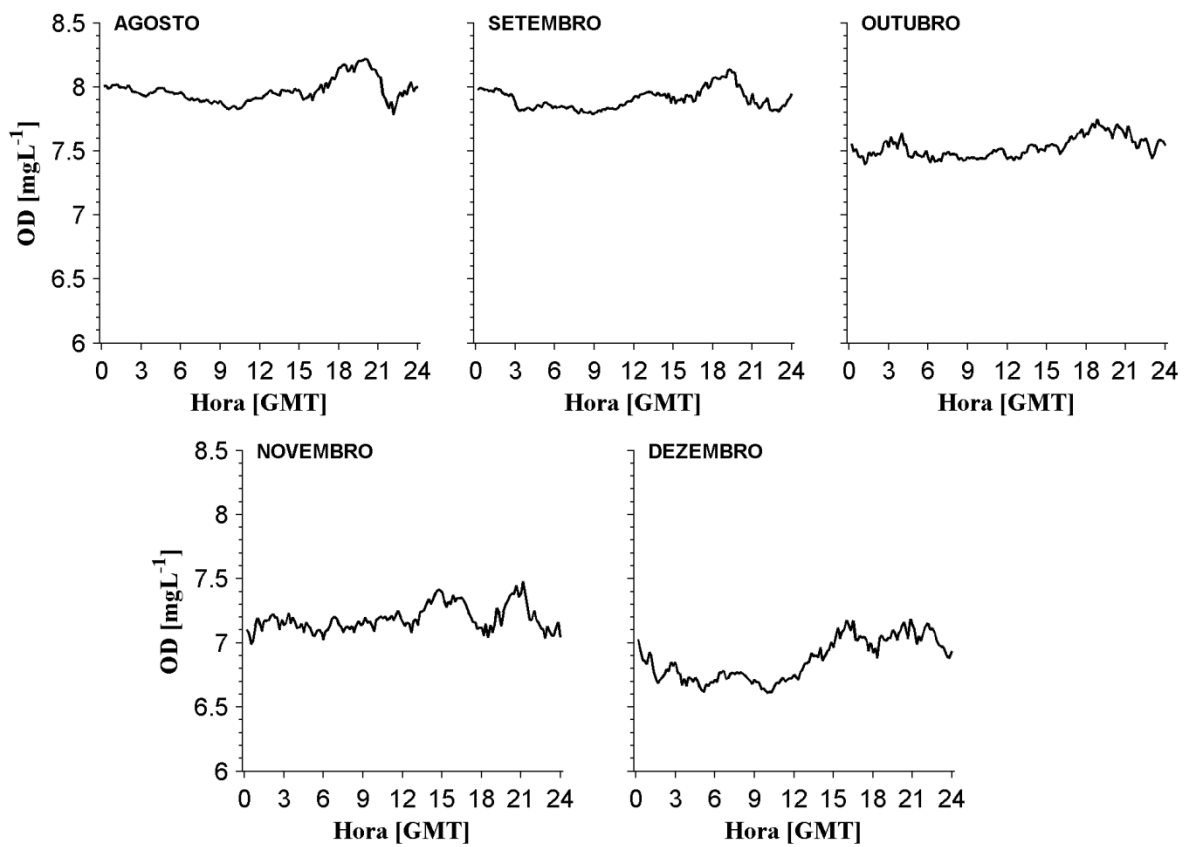
O pH apresentou um padrão de variabilidade diária em todas as Plataformas, com aumento no decorrer do dia e relativa estabilização no decorrer da noite. Este aumento no decorrer do dia foi mais evidente na Plataforma 1, no mês de setembro, da ordem de 0,7. Nesta Plataforma foi observado um pequeno aumento em média, da ordem de 0,3, nos meses de Novembro e Dezembro. Nas Plataformas 2, 3 e 4 foi observado uma gradual diminuição no decorrer dos meses.



**Figura 39:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 1).

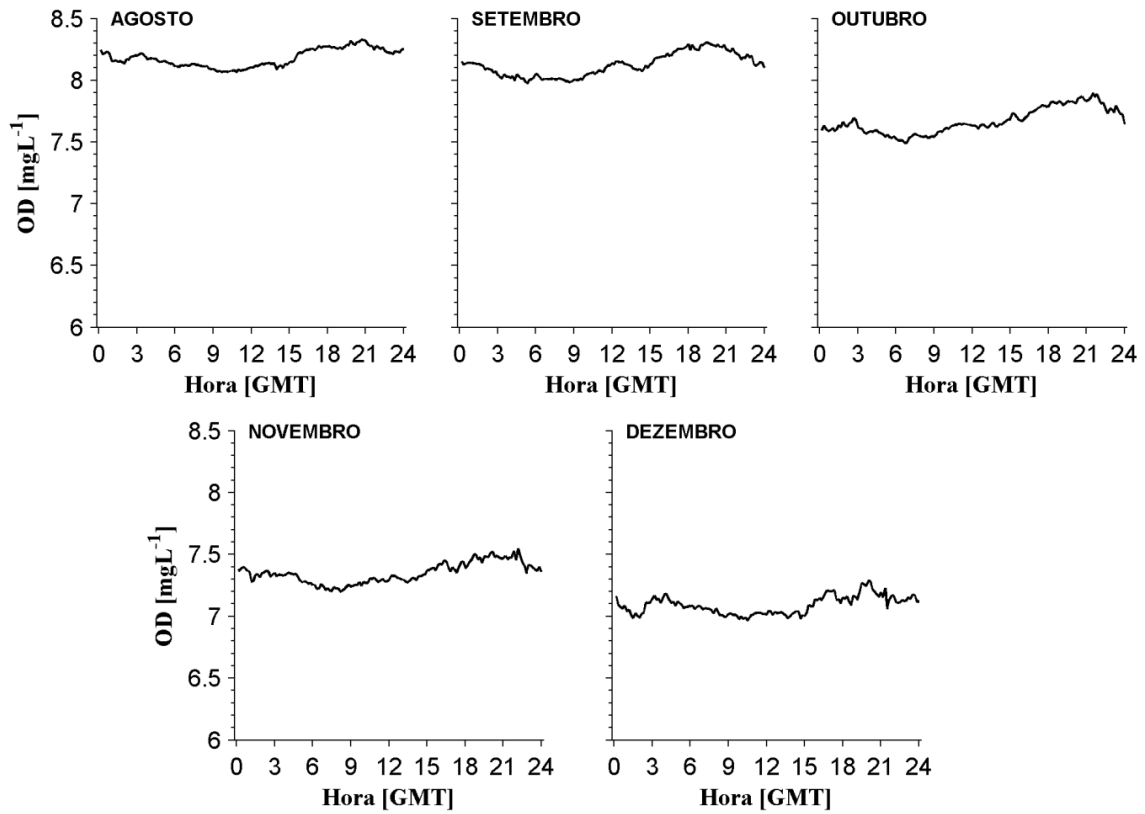


**Figura 40:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 2).

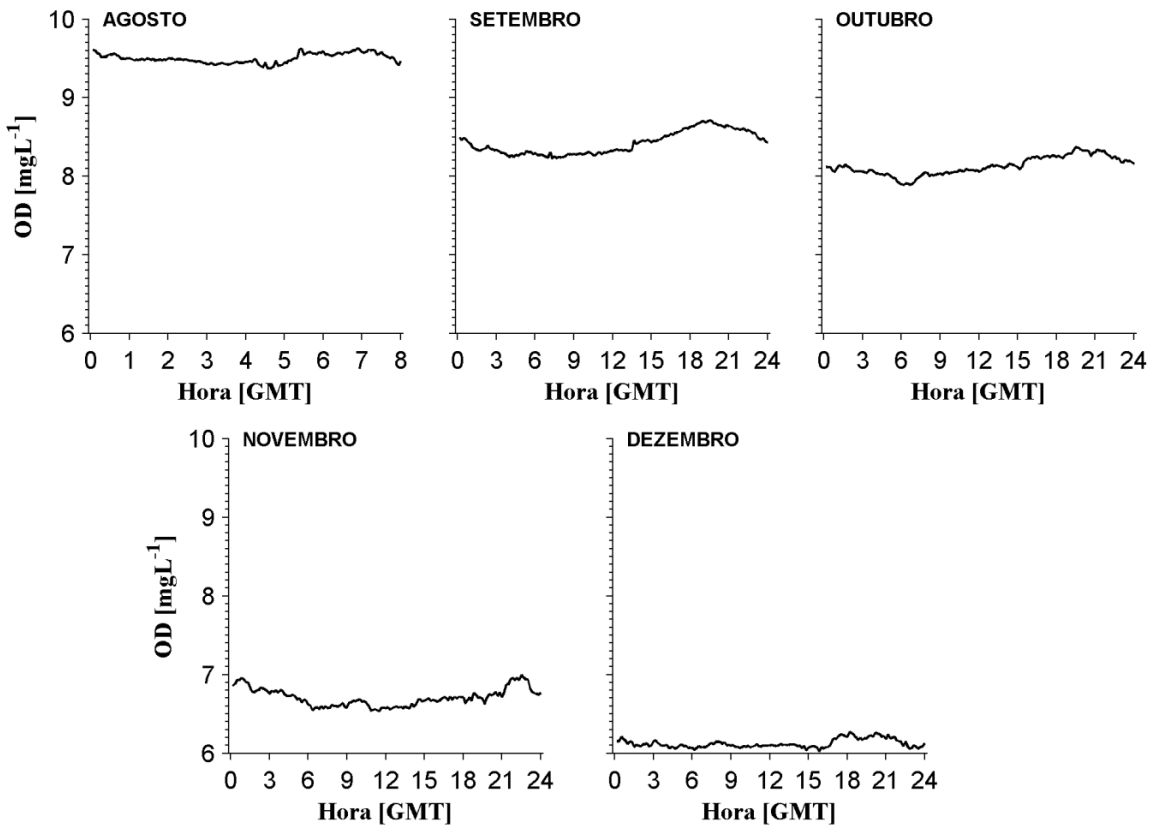


**Figura 41:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 3).

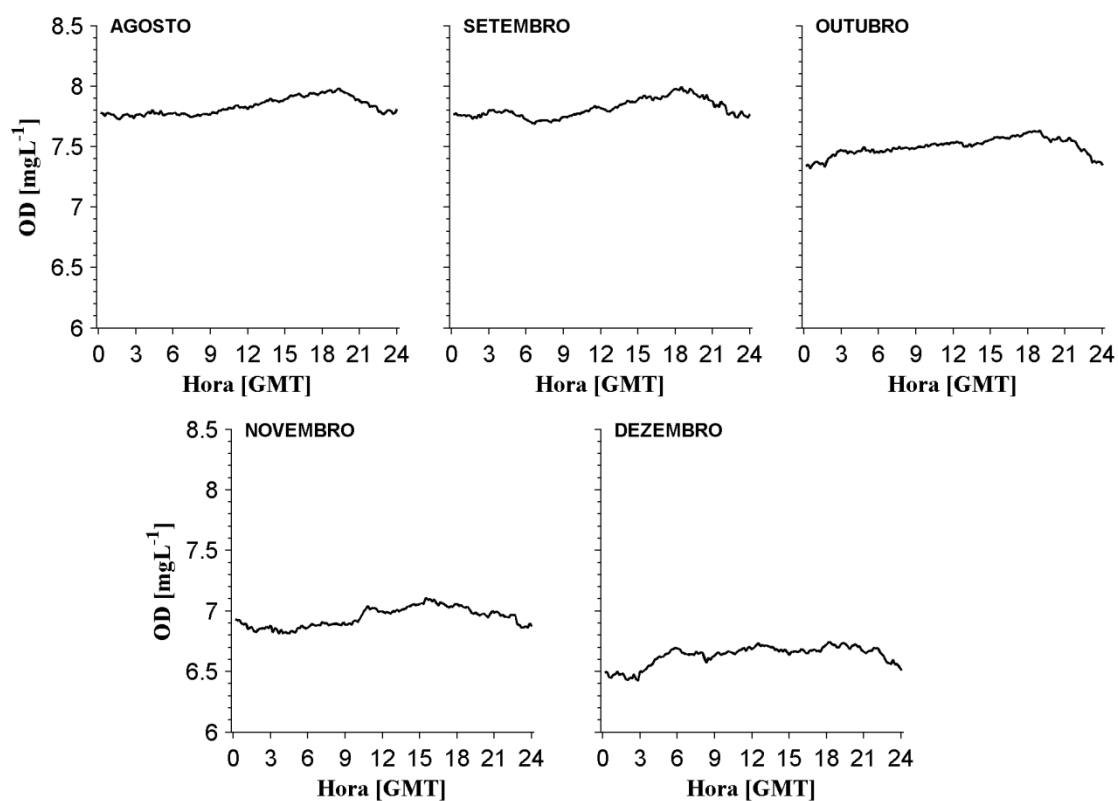




**Figura 42:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma. 4).



**Figura 43:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma 5).



**Figura 44:** Médias mensais da variabilidade diária da concentração de oxigênio dissolvido (Plataforma 6).

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou comportamento inverso à temperatura no decorrer dos meses, com gradual diminuição. Isto pode ser explicado pela menor solubilidade deste gás com o aumento da temperatura. De modo geral, também é observado nos dados um gradativo aumento deste parâmetro no decorrer do dia, ao passo que ocorre a diminuição no período noturno. Cabe ressaltar que na Plataforma 1 a variação da concentração de oxigênio dissolvido no decorrer do dia é menor quando comparada com as outras Plataformas.

### **Análise de efeitos de perturbações atmosféricas sobre a estratificação e mistura na coluna d'água**

Em ambientes lânticos, como é o caso de alguns reservatórios, onde os fluxos advectivos (i.e. a mudança de qualquer propriedade da água em um determinado local devido ao próprio movimento da água) são reduzidos, a estrutura termal será determinada primariamente pelo balanço de calor, que ocorre na interface água-ar.

Parâmetros meteorológicos como o vento, a temperatura, a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica, são responsáveis, dentre outros fatores, pelos mecanismos de troca de calor entre a superfície de um corpo de água e a atmosfera.

Estes mecanismos de troca de calor podem ser divididos em radiação de ondas curtas incidente, radiação de ondas longas (emitida e incidente) e fluxos de calor latente e sensível. A radiação de ondas curtas é aquela oriunda do sol, que após sofrer atenuação pela atmosfera e parte ser refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre (albedo), é absorvida pelo corpo d'água. Já a radiação de ondas longas, situadas no intervalo de comprimentos de onda do infravermelho (entre 1 $\mu$ m e 30 $\mu$ m) é tanto emitida pelo corpo d'água como pela atmosfera, sendo portanto responsável pela perda ou ganho de calor na superfície da água. O fluxo de calor latente é aquele responsável pela perda ou ganho de energia por mudanças de estado da água, sendo no caso de corpos d'água situados em latitudes tropicais o mais comum a perda por evaporação, enquanto que o fluxo de calor sensível é a troca de calor devido à mudanças de temperatura. A somatória de todos os componentes da troca de calor compõem o balanço total de energia que ocorre na superfície do corpo d'água.

O balanço de calor na superfície de um lago ou reservatório possui padrões sazonais e diários bem estabelecidos e são fortemente caracterizados pela sua latitude. Esta sazonalidade e variação diária determina, em alguns casos, períodos de mistura ou estratificação da coluna d'água. Por sua vez, esta estratificação funciona como barreira na troca de propriedades entre águas do fundo (hipolímnio) e de superfície (epilímnio), configurando distintas características físicas, químicas e biológicas entre estas duas zonas.

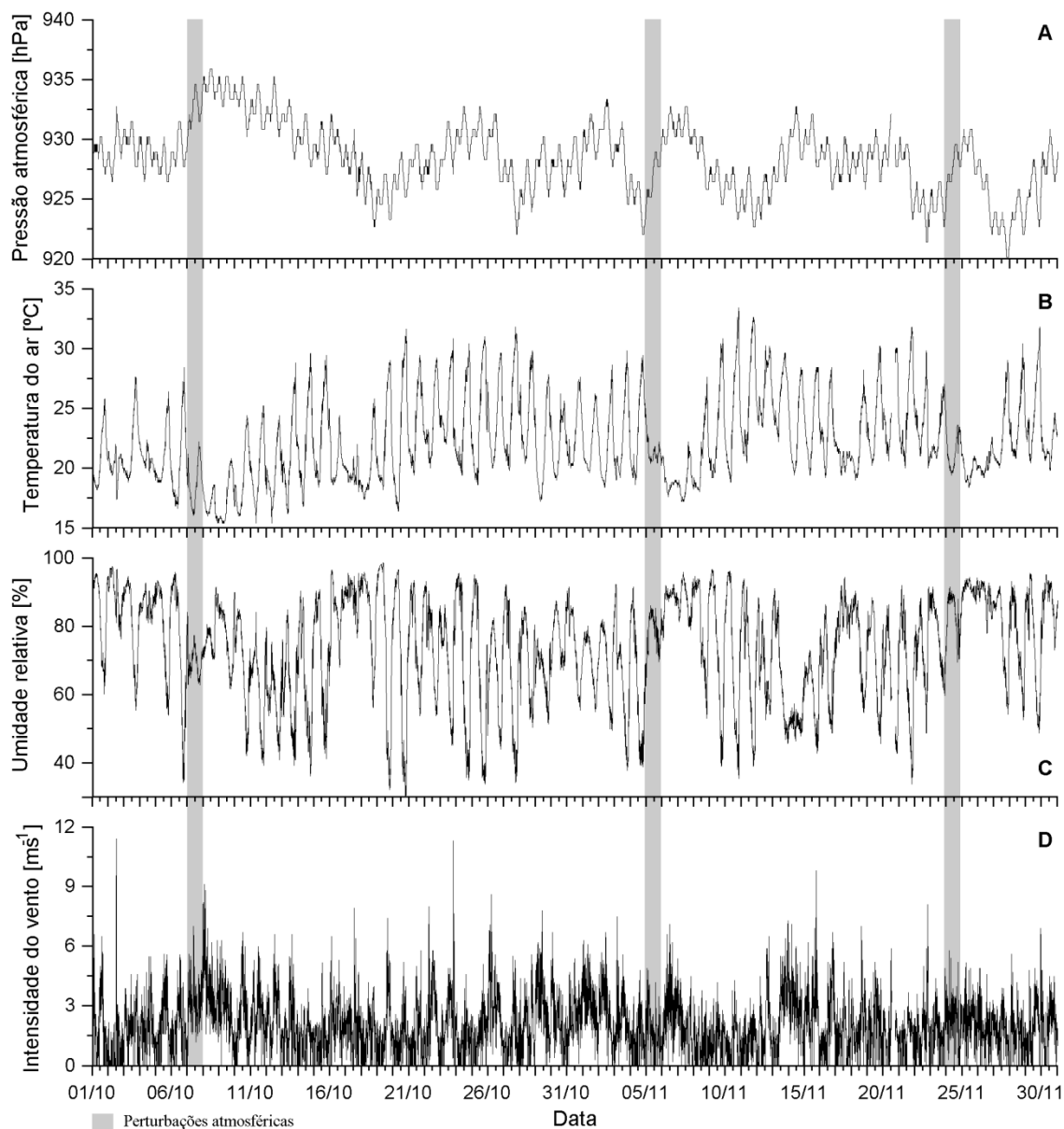
Entretanto, os padrões sazonais e diários do balanço de calor podem sofrer anomalias, como quando ocorre da passagem de frentes frias (Curtarelli et al., 2013; Alcântara et al., 2010), consequentemente alterando os padrões de estratificação e mistura e que, por sua vez, alteram os parâmetros de qualidade da água (Tundisi et al., 2004).

Na tentativa de obter uma melhor compreensão sobre os processos atmosféricos e suas influências na qualidade da água do reservatório de Furnas uma série temporal foi analisada e calculado o balanço de calor, a metodologia utilizada e os resultados obtidos serão discutidos a seguir.

## Dados meteorológicos e cálculo dos fluxos de calor

Foi baixada uma série temporal de dois meses do banco de dados do SIMA (disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura>), do período de 01/10 a 31/11/2013, relativo aos dados gravados internamente e com frequência de amostragem de 10 minutos.

Os parâmetros meteorológicos para este período encontram-se na Figura 45.



**Figura 45:** Parâmetros meteorológicos amostrados no SIMA para o período de 01/10 a 31/11/2013.

Para o período analisado foram identificados três eventos os quais alteraram os padrões dos parâmetros meteorológicos, e que foram aqui denominados genericamente como perturbações atmosféricas.

Estas perturbações foram caracterizadas por:

- a) Decaimento abrupto na pressão atmosférica, seguido de um aumento logo na sequência;
- b) Decréscimo na temperatura do ar e com diminuição da oscilação diária normal;
- c) Diminuição da oscilação diária normal da umidade relativa do ar, sendo os valores permanecendo mais próximos do máximo (por volta de 80-90%) e;
- d) Pequeno aumento da intensidade do vento, sendo este fato mais difícil de identificar na série analisada.

Levando em conta estas mudanças nos parâmetros meteorológicos, as datas das perturbações atmosféricas foram consideradas como tendo início, aproximadamente, nos dias 07/10, 06/11 e 25/11. Outras mudanças nestes parâmetros também ocorreram, mas que não foram considerados por não alterarem significativamente os fluxos de calor, como mostra a Figura 46.

O balanço de calor foi calculado levando em conta a seguinte equação:

$$S = S_w(1-\alpha) + L_w - (E + H)$$

onde  $S$  é o balanço total de calor,  $S_w$  é a radiação de ondas curtas,  $\alpha$  é o albedo para radiação de ondas curtas,  $L_w$  é a radiação de ondas longas,  $E$  é o fluxo de calor latente e  $H$  é o fluxo de calor sensível. A unidade utilizada para todos estes componentes do balanço de calor é  $Wm^{-2}$ .

A radiação de ondas curtas é medida diretamente pelo SIMA através de um piranômetro. O albedo para radiação de ondas curtas foi calculado levando em conta o ângulo de elevação do sol e a cobertura de nuvens, conforme descrição feita em Iqbal (1983) e Martin and McCutcheon (1999).

A radiação de ondas foi calculada como:

$$L_w = L_{winc}(1 - \alpha_{LW}) + L_{wemi}$$

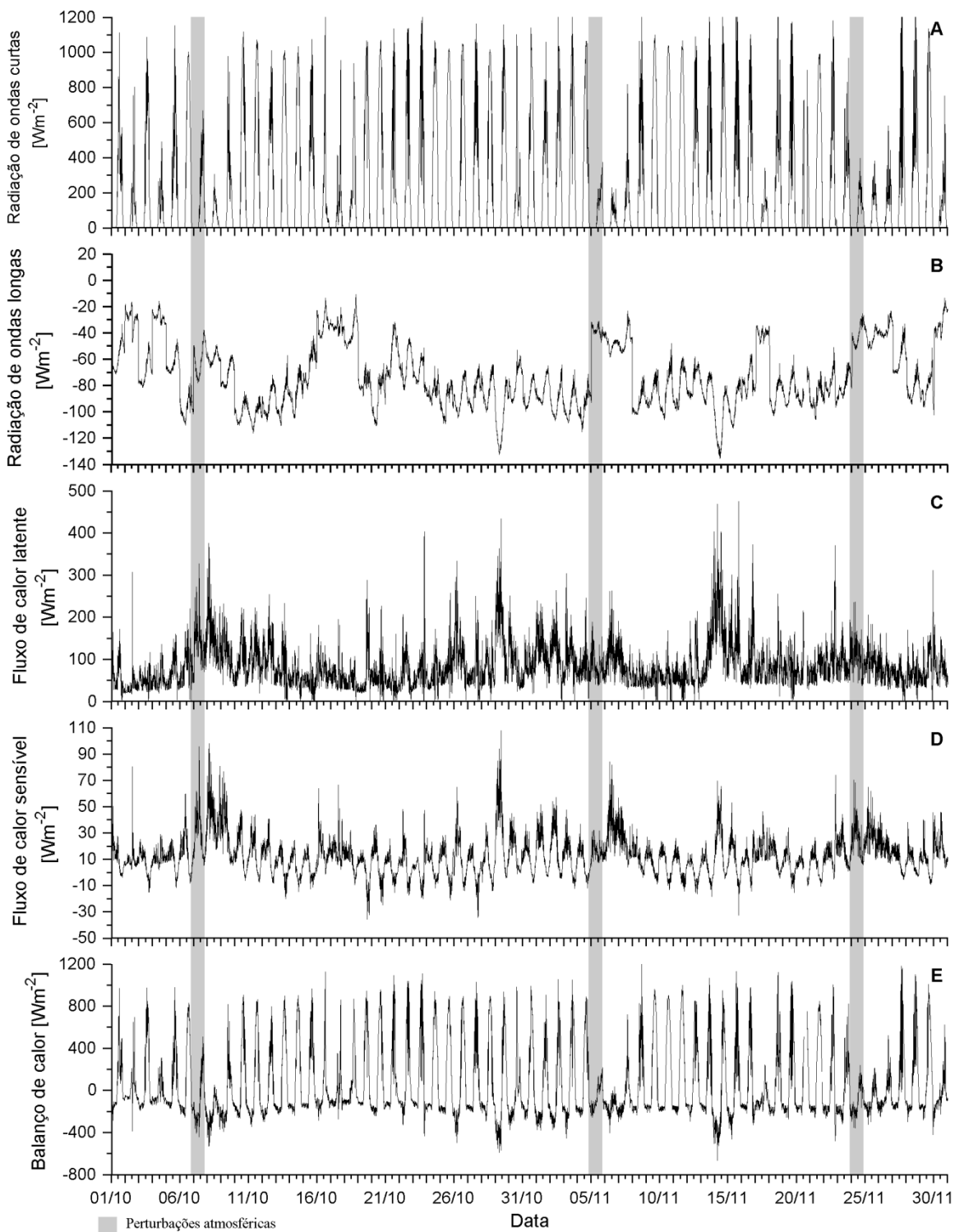
onde  $L_{winc}$  é a radiação de ondas longas incidente (em  $Wm^{-2}$ ), emitida pela atmosfera,  $\alpha_{LW}$  é o albedo para radiação de ondas longas (= 0.03), emitida pela atmosfera,  $L_{wemi}$  é a radiação de ondas longas incidente (em  $Wm^{-2}$ ), emitida pela atmosfera. Detalhes da formulação utilizada para os cálculos de  $L_{winc}$  e  $L_{wemi}$  podem ser obtidos em Henderson-Sellers (1986).

Os fluxos turbulentos de calor latente e sensível foram estimados utilizando o “*Bulk Aerodynamic Transfer Method*”, levando em conta a dependência dos coeficientes de transferência da estabilidade atmosférica (Imberger & Patterson, 1989; Verburg & Antenuci, 2010). Os parâmetros do SIMA medidos e utilizado no cálculo dos fluxos foram: temperatura do ar ( $T_a$ , em °C), temperatura da superfície da água ( $T_w$ , em °C), umidade relativa do ar (em %), pressão atmosférica (em hPa) e velocidade do vento ( $U_z$ , em  $\text{ms}^{-1}$ ). As equações utilizadas foram:

$$E = \rho_a L_V C_E U_z (q_s - q_z)$$

$$H = \rho_a C_a C_H U_z (T_w - T_a)$$

onde  $\rho_a$  é a densidade do ar ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  $L_V$  é o calor latente de vaporização ( $\text{J kg}^{-1}$ ),  $C_E$  e  $C_H$  são os coeficientes de troca de calor latente e sensível, respectivamente, onde  $\rho_a$  é a densidade do ar ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  $q_s$  é a umidade específica na saturação e  $q_z$  é a umidade específica (ambos em  $\text{kg kg}^{-1}$ ).



**Figura 46:** Balanço de calor e cada um de seus componentes para o período analisado.

O resultado de cada um dos componentes do balanço de calor é apresentado na Figura 46. Observa-se que, de modo geral, após as três perturbações atmosféricas houve mudanças significativas nestes parâmetros.

A radiação de ondas mostrou valores muito baixos quando comparados a situações normais, isto pode ser explicado pela presença de nuvens que atenuou esta radiação na atmosfera,

fazendo com que somente uma pequena parte chegasse até a superfície do Reservatório. A presença de nuvens também pode explicar os valores mais elevados da radiação de ondas longas, uma vez que a radiação de ondas longas incidente é proporcional à cobertura de nuvens.

Os fluxos de calor latente e sensível também foram intensificados durante e após as perturbações atmosféricas. Esta conjuntura de modificações nos componentes do balanço de calor ocasionou uma diminuição significativa no balanço resultante (Figura. 46E).

De maneira simplificada, quando o balanço de calor é negativo significa que o corpo d'água perde calor para a atmosfera e quando é positivo o oposto ocorre. A perda de energia acarreta em um resfriamento da superfície da água e o ganho em um aquecimento. Na série temporal analisada é possível verificar que o padrão é o ganho de energia durante o dia e a perda durante a noite, em um certo equilíbrio. Quando na ocorrência das perturbações atmosféricas observa-se que o balanço de calor permanece negativo durante o dia, ou com valores muito baixos.

### **Dados de temperatura na coluna d'água, pH e oxigênio dissolvido**

Também foram baixados do site <http://www.drs.inpe.br/hidrosfera/aquicultura> os dados de temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido (OD) para as seis Plataformas. Os dados de temperatura da água referem-se àqueles obtidos por cadeias de termistores instaladas em cada uma das Plataformas, contendo cerca de treze termistores cada uma, distribuídos ao longo da coluna d'água, sendo o maior adensamento na camada superior, onde ocorrem as maiores flutuações de temperatura. Já os dados de pH e OD referem-se àqueles obtidos por sensores conectados às sondas multiparamétricas, instaladas em cada uma das Plataformas e situadas a aproximadamente 1,5 m abaixo da superfície da água.

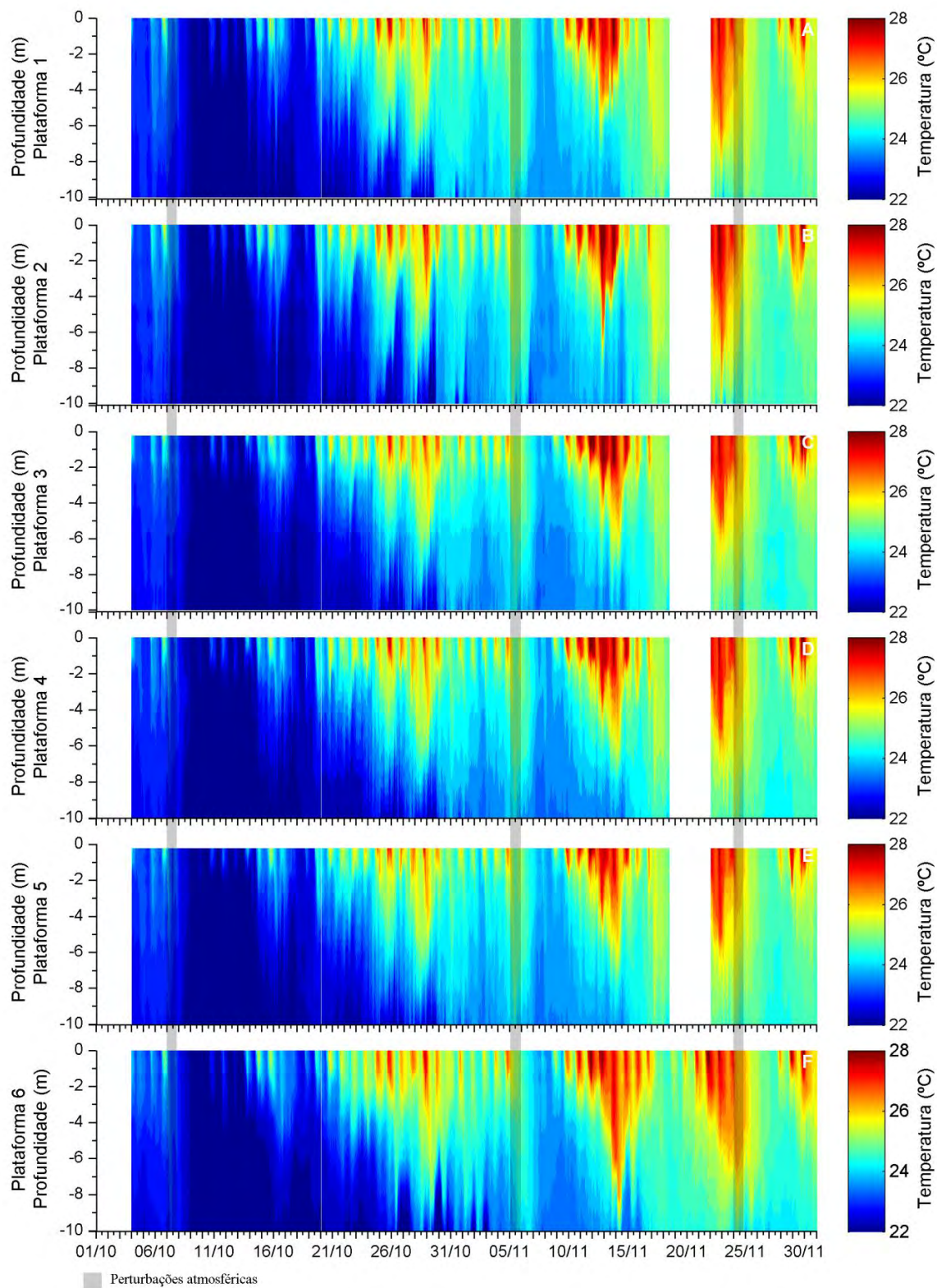
Na Figura 47 são mostradas a distribuição vertical da temperatura nas seis Plataformas. Para uma melhor visualização optou-se por mostrar as temperaturas somente até o nível de 10 m. Dados faltantes no início de outubro e meados de novembro referem-se a períodos de manutenção, onde as cadeias foram retiradas e os dados foram baixados.

Observa-se que a distribuição vertical de temperatura comportou-se de maneira bastante semelhante nas seis Plataformas, indicando que as quatro reentrâncias do Reservatório onde as Plataformas estão instaladas (Figura 07) estão sujeitas aos mesmos processos de estratificação e mistura. Nota-se também um padrão bastante evidente de variação diária de temperatura nas camadas superiores, revelando um aquecimento diurno e resfriamento noturno. Este variação diária de temperatura na superfície ocasiona a chamada camada de mistura diurna, conforme

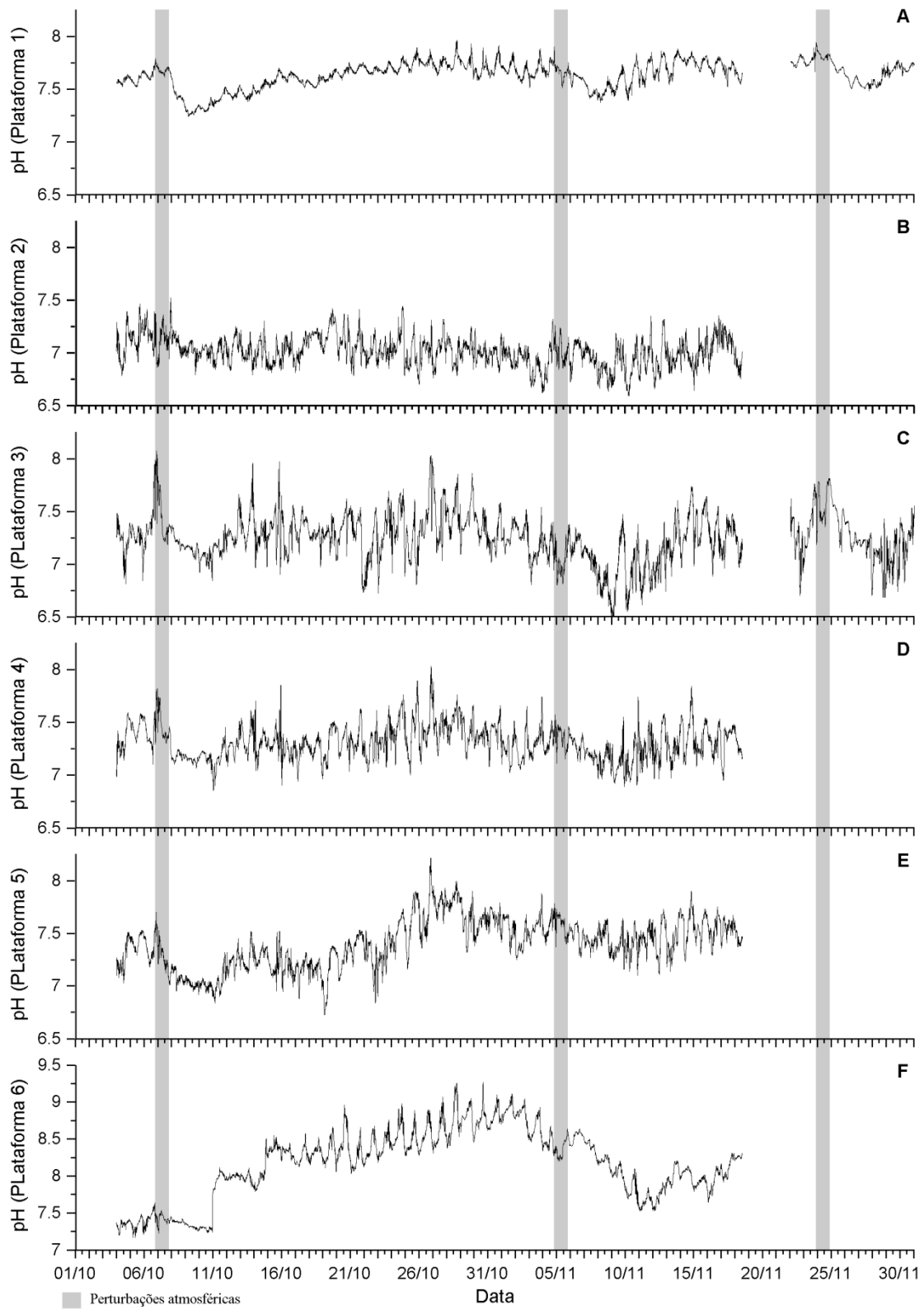


descrito em Imberger (1985), e ela responde diretamente ao efeito da variação do balanço de calor.

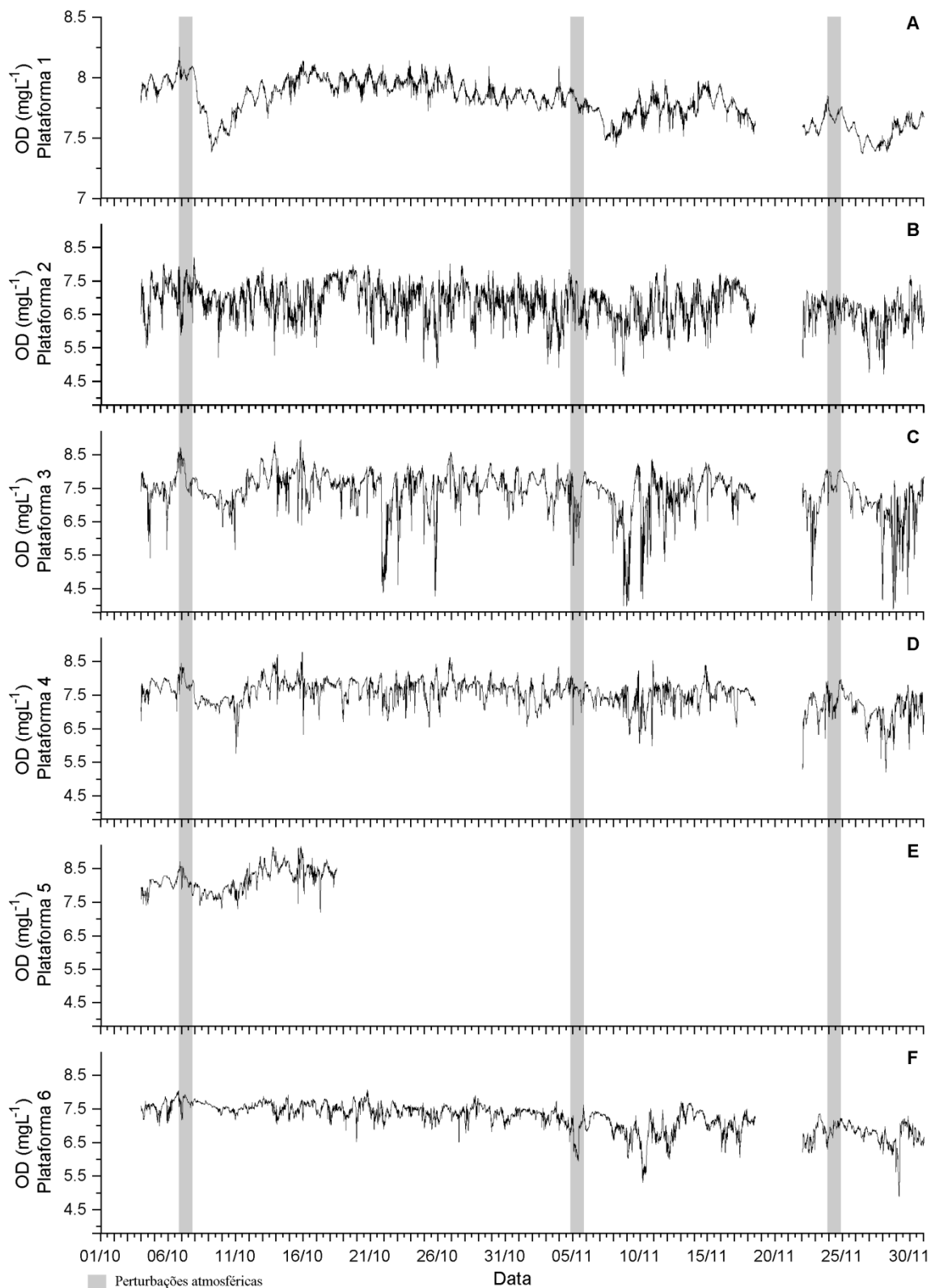
As perturbações atmosféricas destacadas revelam que o perfil de temperatura da coluna d'água foi modificado após estes eventos, ocasionando uma mistura de água. Em outras palavras, as perturbações atmosféricas ocasionaram uma grande diminuição dos valores do balanço de calor, e este efeito por sua vez quebrou a estratificação do Reservatório, gerando a mistura de águas das partes mais profundas com as águas de superfície, como mostra a Figura 48.



**Figura 48:** Distribuição vertical da temperatura (até 10 m) para as seis Plataformas instaladas no reservatório de Furnas.



**Figura 49:** Variação temporal do pH nas seis Plataformas (amostragem a 1,5 m).



**Figura 50:** Variação temporal do oxigênio dissolvido nas seis Plataformas (amostragem a 1,5 m).

Assim como para os dados das cadeias de termistores, os dados faltantes de pH e OD referem-se a períodos aos quais as sondas foram submetidas a manutenção. Adicionalmente, também foram retirados dados em que houve descalibração dos sensores e/ou calibração mal sucedida, como os dados de pH das Plataformas 2, 4, 5 e 6, de meados de novembro em diante.

O comportamento temporal do pH (Figura 49) apresentou padrão de variação diurno bem definido, principalmente na Plataforma 1 (onde não há cultivo de peixes), com os valores estando dentro dos limites de 7 à 8. Nas outras Plataformas esta oscilação foi maior e também atingindo maiores valores, chegando o máximo até aproximadamente 9,5 na Plataforma 6. Nesta Plataforma também foi onde os maiores valores de pH ocorreram e persistiram.

O efeito da mistura na coluna d'água foi observado nos valores de pH, os quais tiveram um decaimento com conseqüente perda de oscilação após este processo. Este efeito também foi mais evidente na Plataforma 1, embora também possa ser observados nas demais.

As mesmas observações feitas para o pH também se verificaram para o OD. A Plataforma 1 apresentou uma oscilação diária bem definida, variando de aproximadamente 7,25 a 8,25 mgL<sup>-1</sup> (Figura 50A). As oscilações diárias de OD para as demais Plataformas também foram verificadas, no entanto os picos de oscilação se deram com maior amplitude e de maneiras mais abruptas (notar a diferença de escala do eixo das ordenadas nas Figuras de 50B a 50F quando comparadas com a 50A). A Plataforma 3 foi onde ocorreram os menores valores de OD, não raramente mais baixos que 5 mgL<sup>-1</sup> (Figura 51 C). O efeito dos processos de mistura também ocasionou diminuição dos valores de OD, sendo mais evidente na Plataforma 1.

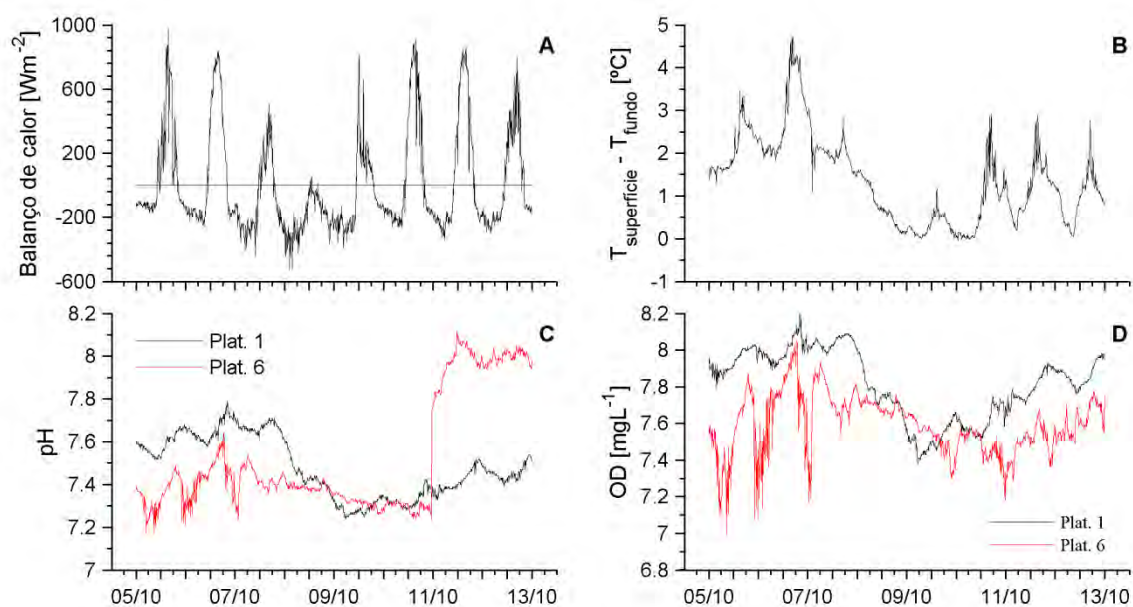
Não foram observadas variações significativas nos parâmetros condutividade e turbidez, tanto temporalmente quanto espacialmente, quando os dados de cada Plataforma são comparados entre si. A condutância específica, que é a condutividade normalizada para 25°C, esteve no intervalo de variação entre 35 e 42  $\mu\text{Scm}^{-1}$ , enquanto que a turbidez esteve no intervalo aproximado de 1 a 10 NTU. Cabe ressaltar que valores muito altos (> 20 NTU) podem estar associados a problemas de medição do sensor, uma vez que incrustações afetam diretamente a sua leitura e que estes valores não foram observados logo após a sua limpeza e calibração. Desta forma, os efeitos de mistura causados por perturbações atmosféricas não resultaram em efeitos visíveis nestes parâmetros.

Com relação às variações observadas de pH e OD é notável que a Plataforma 1 possui menor variância quando comparada às demais. Este fato pode estar relacionado à influência da presença de tanques rede nas demais Plataformas, que podem alterar estes parâmetros através do seu manejo.

A fotossíntese utiliza íons H<sup>+</sup> em seu processo, e isto faz com que os valores de pH se elevem ( $pH = -\log_{10}[H^+]$ ). Por outro lado, a respiração e a decomposição tende a diminuir os valores de pH. Da mesma maneira, a fotossíntese produz O<sub>2</sub>, ocasionando um aumento de sua concentração, ao passo que a respiração e a decomposição da matéria orgânica consomem O<sub>2</sub>.

A diminuição relativa dos valores de pH e OD na superfície (1,5 m) após os eventos de mistura evidenciam que as águas mais profundas possuem valores mais baixos destes parâmetros quando comparados com a superfície e, quando ocorre a mistura, este perfil vertical tende a se homogeneizar. Tal fato também mostra que o processo de fotossíntese ocorre mais na superfície, o que é esperado uma vez que é onde há a maior disponibilidade de luz, enquanto que os processos de respiração e decomposição predominam nas alterações destes parâmetros em regiões mais profundas.

A Figura 52 mostra um realce para um período de perturbação atmosférica no balanço de calor, na diferença de temperatura de superfície com relação ao fundo, e o pH e o OD para duas Plataformas. As observações de correlação entre as mudanças dos parâmetros ficam ainda mais evidentes.



**Figura 52:** Variações no balanço de calor, da diferença de temperatura de superfície com relação ao fundo, pH e OD, para um período de perturbação atmosférica.

### Considerações finais

Nesta análise foram discutidos os efeitos de perturbações atmosféricas nos componentes de balanço de calor para a superfície do reservatório de Furnas, e por sua vez a sua influência nos processos de estratificação e mistura na coluna d'água, acarretando em mudanças nos parâmetros de qualidade da água.

Esta análise só foi possível com a utilização de um banco de dados com amostragem contínua, com frequência de 10 minutos, e seria impossível identificar estes processos com amostragem discretas, ou seja, com amostragens pontuais no tempo.

---

## ATIVIDADES:

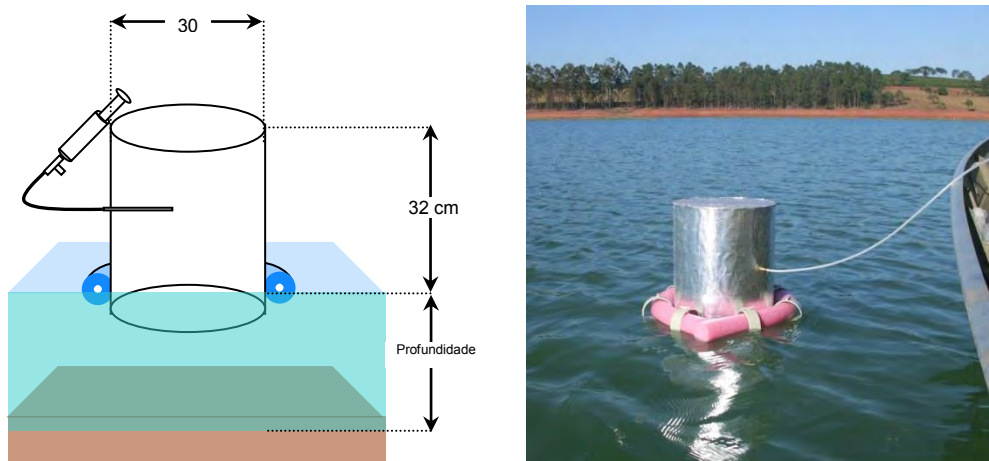
### 3.8 Coleta de amostras para determinação dos fluxos de metano

---

## RESULTADOS 3.8

Esta componente propõe avaliar qual o impacto da piscicultura nas emissões de metano da área objeto de estudo no reservatório de Furnas (MG). Para obtenção dos fluxos de metano, foram realizadas coletas de amostras de ar, tanto em áreas onde ocorre a piscicultura em tanques rede, bem como em locais distantes e que não sofrem influência deste sistema de criação.

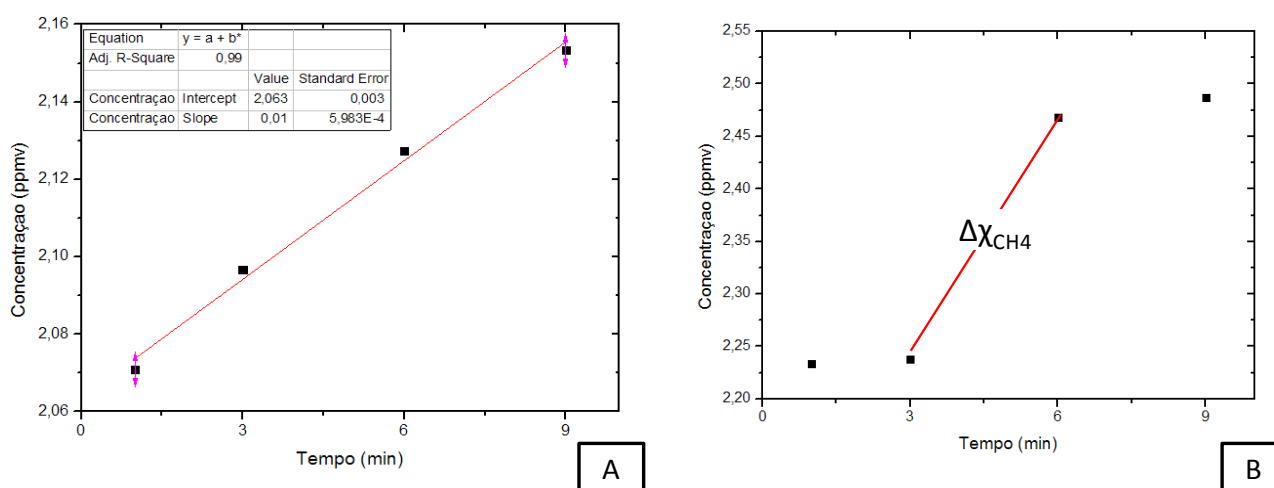
As coletas foram realizadas por meio da técnica de câmara estática (Khalil et al., 1998; Marani e Alvalá, 2007), sendo o fluxo de metano determinado pela variação da concentração do gás no interior da câmara de PVC, com volume de 21,12 litros e contendo flutuadores de espuma acoplados em sua base, para sustentação na água. Na Figura 53 é apresentado o conjunto utilizado na coleta das amostras de ar, formado pela câmara estática de coleta com flutuadores e a seringa.



**Figura 53** - Conjunto para coleta de ar com a câmara estática e seringa.

Amostras do ar no interior da câmara foram coletadas a intervalos de 1, 3, 6 e 9 minutos em seringas de poliuretano de 60 ml. Para cada fluxo foram utilizadas quatro coletas de amostras de ar das câmaras, mais uma de ar ambiente como referência. A validação dos fluxos difusivos obedeceu a dois critérios: a) coeficiente de correlação ( $r^2 \geq 0,90$ ), para a reta de regressão da

variação da concentração com o tempo igual a 0 ( $t=0s$ ) deve apresentar uma concentração próxima ao valor obtido para o ar ambiente. Quando ocorre um crescimento abrupto entre duas amostras, o fluxo é analisado para se determinar trata-se de um fluxo ebulitivo. Neste método, mesmo não sendo possível identificar a ocorrência individual de bolhas, têm-se uma média da emissão de metano através do fluxo ebulitivo no intervalo de tempo entre as seringas na qual ocorreu o crescimento abrupto. Exemplos de fluxo difusivo e ebulitivo são mostrados na Figura 54, onde pode-se ver o crescimento linear da concentração de metano no interior da câmara no caso de fluxo difusivo em (A) e o aumento abrupto causado pela ocorrência de uma bolha entre os minutos 3 e 6, em (B).



**Figura 54 - Crescimento da concentração de metano no interior da câmara estática para os casos difusivo (A) e ebulitivo (B).**

Em conjunto com as coletas de ar, também foram realizadas medidas de parâmetros ambientais da coluna d'água: pH, temperatura da água, potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos (TSD) através de uma sonda multiparâmetros de qualidade de água da marca Horiba, modelo U-51.

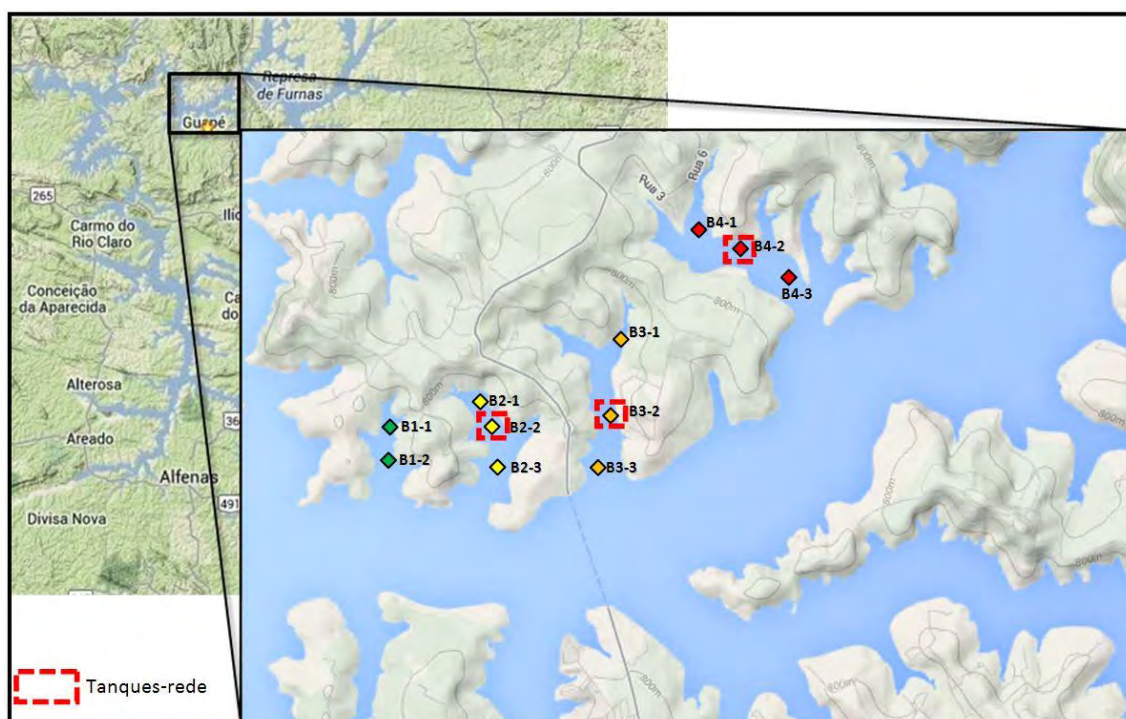
Para a determinação do metano dissolvido foi utilizada a técnica conhecida como *head space*, na qual 30 ml de água e 30 ml de ar são agitados em uma seringa equipada com válvula de 3 vias por 2 minutos e, após 2 minutos de repouso, os 30 ml de ar são transferidos para um frasco para análise posterior.

Após a coleta das amostras, as concentrações dos gases de interesse são determinadas laboratorialmente através da técnica de cromatografia gasosa, no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de São José dos Campos-SP.



## Campanha e resultados

Entre 26 e 30 de agosto de 2013, a equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, realizou o primeiro trabalho de campo no Reservatório de Furnas (MG). Devido à ocorrência de fortes ventos, dos três dias planejados para coletas, só foi possível a realização de um dia de amostragem. A segunda campanha foi realizada entre os dias 18 e 22 de novembro de 2013, com coletas realizadas nos dias 19, 20 e 21. Uma terceira campanha foi realizada em fevereiro de 2014, entre os dias 11 e 14. Em todas as campanhas, foram escolhidos 11 pontos de coleta, sendo três pontos selecionados em cada um dos braços monitorados na área objeto de estudo, como mostrado na Figura 55 e listados na Tabela 4.



**Figura 55** - Distribuição dos pontos de coleta, com destaque para os pontos na área de piscicultura.

Nas três campanhas realizadas foram obtidas e analisadas 1.380 amostras para a determinação de concentração de metano no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (1.248 para medidas de fluxo, com 271 amostras em agosto e 573 em novembro de 2013 e 469 em fevereiro de 2014 e 132 para medidas de metano dissolvido, com 33 nas campanhas de agosto e novembro de 2013 e 66 na campanha de fevereiro de 2014). Os valores dos fluxos difusivos e metano dissolvido, obtidos após a análise laboratorial são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Em cada ponto, foram obtidas 3 amostras para determinação do metano dissolvido na água nas duas primeiras campanhas e 6 amostras na campanha de fevereiro de 2014.

**Tabela 4.** Pontos de coleta, com latitude e longitude, utilizados na área objeto de estudo no reservatório de Furnas (MG).

Ponto	Latitude	Longitude
B4 - 1	20°41'49"S	45°54'31"O
B4 - 2	20°41'55"S	45°54'14"O
B4 - 3	20°42'12"S	45°53'53"O
B3 - 1	20°42'34"S	45°55'08"O
B3 - 2	20°43'18"S	45°55'14"O
B3 - 3	20°43'30"S	45°55'17"O
B2 - 1	20°43'01"S	45°56'12"O
B2 - 2	20°43'08"S	45°56'06"O
B2 - 3	20°43'31"S	45°56'04"O
B1 - 1	20°43'14"S	45°56'54"O
B1 - 2	20°43'28"S	45°56'53"O

Também foram realizadas medidas de variáveis ambientais que podem estar associadas à emissão de gases do Reservatório e suas médias são mostradas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Média e Desvio Padrão das variáveis ambientais obtidas com a sonda multiparâmetros.

	T. água (°C)	pH	ORP (mV)	C. Eletr. (mS/cm)	TSD (mg/L)	
<b>B4</b>	<i>Ago/13</i>	20,4 ± 0,2	6,9 ± 1,4	345,7 ± 70,5	0,030 ± 0,001	19 ± 1
	<i>Nov/13</i>	25,1 ± 0,7	5,8 ± 1,6	347,8 ± 88,9	0,036 ± 0,001	23 ± 1
	<i>Fev/14</i>	28,0 ± 0,1	7,6 ± 0,3	230,0 ± 32,1	0,037 ± 0,000	24 ± 0
<b>B3</b>	<i>Ago/13</i>	21,5 ± 0,1	8,3 ± 0,2	246,7 ± 12,2	0,030 ± 0,000	20 ± 1
	<i>Nov/13</i>	24,8 ± 0,3	6,2 ± 1,0	336,0 ± 51,1	0,035 ± 0,000	23 ± 0
	<i>Fev/14</i>	29,3 ± 0,6	7,1 ± 0,3	273,7 ± 16,6	0,038 ± 0,000	25 ± 0
<b>B2</b>	<i>Ago/13</i>	22,9 ± 0,2	7,7 ± 0,3	273,0 ± 17,3	0,031 ± 0,000	20 ± 0
	<i>Nov/13</i>	25,0 ± 0,3	6,6 ± 0,6	295,3 ± 37,8	0,035 ± 0,001	23 ± 1
	<i>Fev/14</i>	27,6 ± 0,1	8,4 ± 0,1	200,3 ± 4,9	0,037 ± 0,000	24 ± 0
<b>B1</b>	<i>Ago/13</i>	22,7 ± 0,1	7,4 ± 0,0	301,0 ± 5,7	0,031 ± 0,001	20 ± 0
	<i>Nov/13</i>	25,0 ± 0,4	6,9 ± 0,6	392,2 ± 114,2	0,035 ± 0,001	23 ± 1
	<i>Fev/14</i>	27,4 ± 0,1	4,3 ± 0,3	421,5 ± 40,3	0,036 ± 0,000	24 ± 0

**Tabela 6.** Média e Desvio Padrão do fluxo difusivo de metano e metano dissolvido por ponto de amostragem.

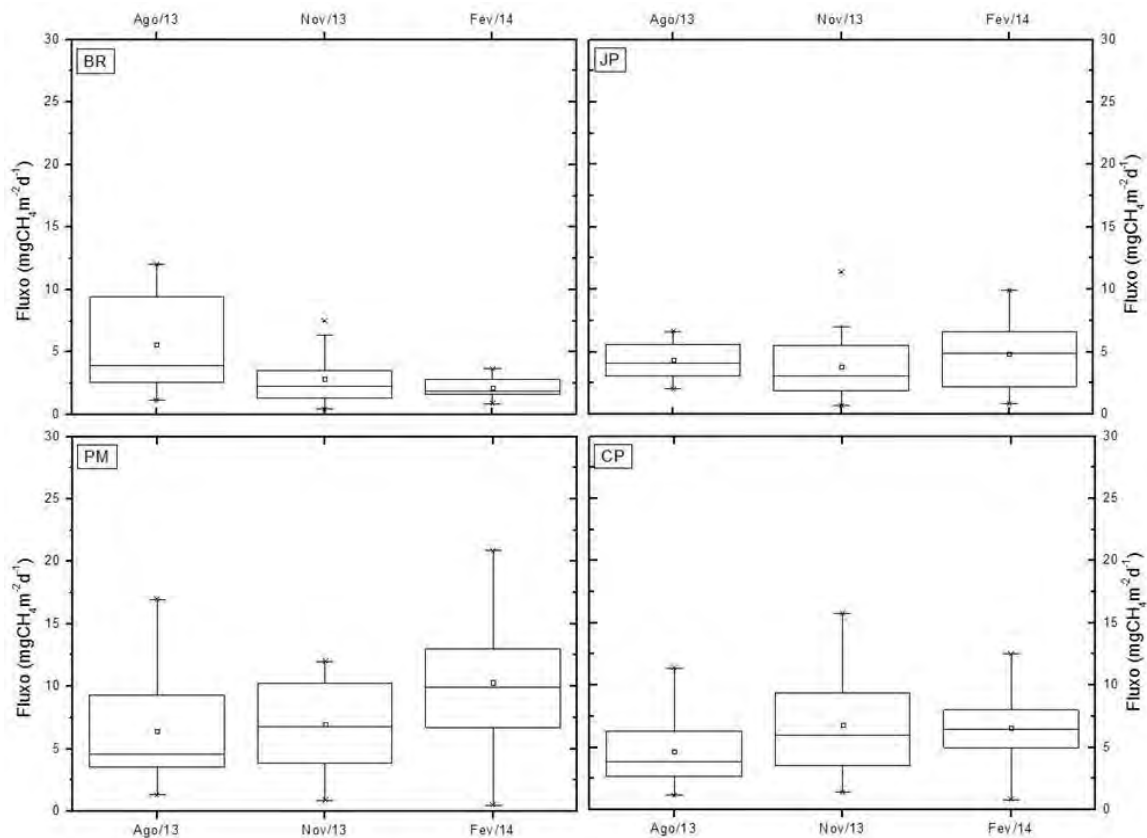
	Fluxo Difusivo (mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )			Metano Dissolvido (µg/L)		
	Ago/13	Nov/13	Fev/14	Ago/13	Nov/13	Fev/14
<b>B4 - 1</b>	4,8 ± 1,3	5,1 ± 3,0	6,8 ± 1,5	2,2 ± 0,8	2,0 ± 0,4	3,1 ± 1,9
<b>B4 - 2</b>	4,2 ± 1,5	3,6 ± 2,3	5,9 ± 2,3	1,3 ± 0,4	0,8 ± 0,6	1,3 ± 0,9
<b>B4 - 3</b>	4,1 ± 1,6	2,8 ± 1,6	2,2 ± 1,2	0,8 ± 0,1	0,5 ± 0,3	1,3 ± 0,9
<b>B3 - 1</b>	3,5 ± 2,7	7,9 ± 3,9	7,3 ± 2,2	2,8 ± 1,7	4,0 ± 0,5	2,9 ± 1,4
<b>B3 - 2</b>	5,7 ± 3,1	8,1 ± 3,8	6,0 ± 3,1	3,7 ± 0,8	3,0 ± 1,9	1,7 ± 0,7
<b>B3 - 3</b>	5,0 ± 2,9	4,6 ± 3,3	6,4 ± 2,4	3,1 ± 0,8	1,4 ± 0,2	1,7 ± 1,4
<b>B2 - 1</b>	4,8 ± 2,7	3,8 ± 3,0	8,2 ± 3,9	4,8 ± 0,2	4,2 ± 0,2	2,5 ± 1,5
<b>B2 - 2</b>	10,1 ± 7,4	*	12,4 ± 5,8	5,5 ± 2,2	8,5 ± 0,2	1,6 ± 1,0
<b>B2 - 3</b>	5,8 ± 2,9	9,0 ± 8,7	11,9 ± 4,9	3,2 ± 1,2	1,7 ± 0,6	0,9 ± 0,3
<b>B1 - 1</b>	6,4 ± 4,5	3,0 ± 2,0	2,1 ± 0,9	1,2 ± 0,5	0,7 ± 0,3	0,8 ± 0,3
<b>B1 - 2</b>	5,0 ± 3,3	2,6 ± 1,9	2,1 ± 0,8	1,1 ± 0,2	0,7 ± 0,1	1,4 ± 1,2

\*bolhas foram detectadas em todos os fluxos.

**Tabela 7.** Média e desvio padrão do fluxo difusivo de metano e metano dissolvido por braço, com o número de fluxos validados (n).

	Fluxo Difusivo (mg CH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )			Metano Dissolvido (µg/L)		
	Ago/13 (n)	Nov/13 (n)	Fev/14 (n)	Ago/13	Nov/13	Fev/14
<b>B4</b>	4,4 ± 1,4 (16)	3,8 ± 2,4 (23)	4,9 ± 2,7 (24)	1,4 ± 0,8	1,1 ± 0,8	1,9 ± 1,5
<b>B3</b>	4,7 ± 2,9 (17)	6,8 ± 3,9 (26)	6,6 ± 2,6 (27)	3,2 ± 1,1	2,8 ± 1,5	2,1 ± 1,3
<b>B2</b>	6,4 ± 4,2 (14)	6,9 ± 3,7 (15)	10,3 ± 4,7 (20)	4,5 ± 1,6	4,8 ± 3,1	1,7 ± 1,2
<b>B1</b>	5,6 ± 3,8 (11)	2,8 ± 1,9 (18)	2,1 ± 0,8 (17)	1,1 ± 0,3	0,7 ± 0,3	1,1 ± 0,9

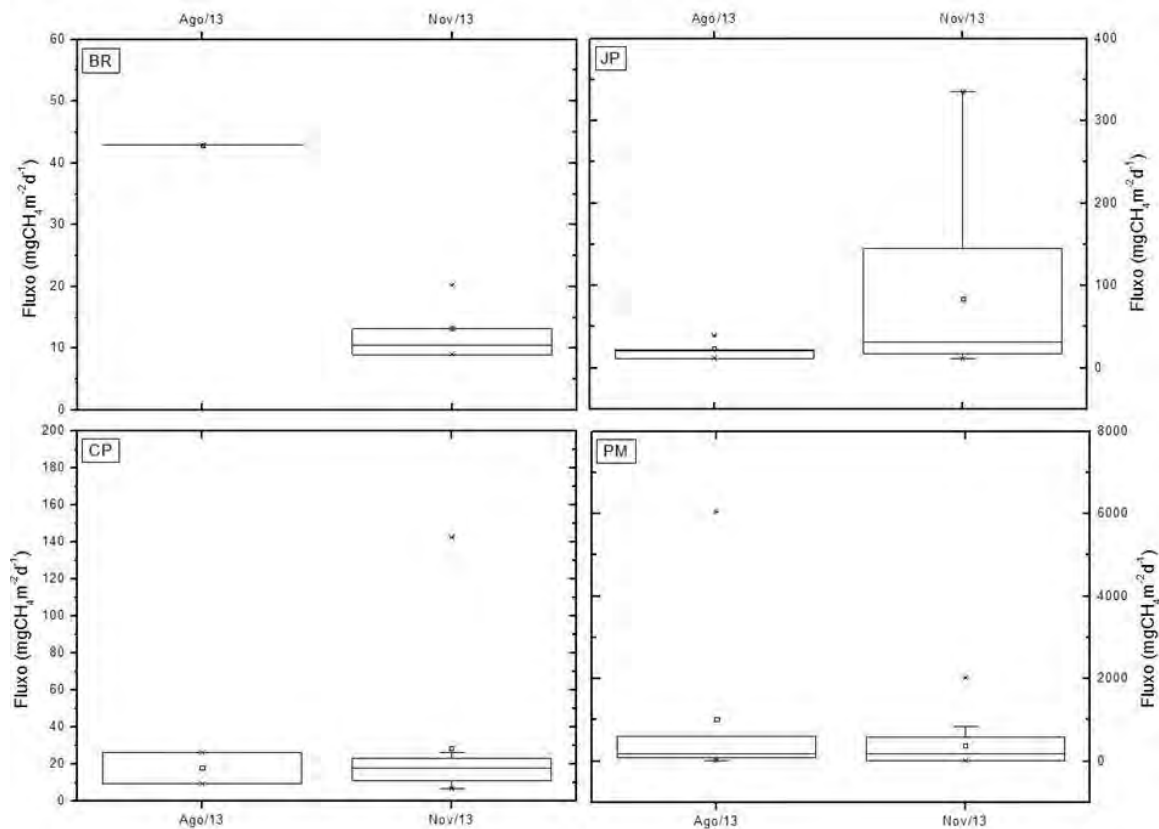
Os fluxos difusivos por braço são apresentados na Figura 56, que traz o *boxplot* com os valores médios, medianas e desvio padrão obtidos em cada campanha.



**Figura 56.** *Boxplot* do fluxo difusivo para cada braço nas três campanhas já realizadas.

A comparação entre os fluxos difusivos obtidos nos aproveitamentos em área sem criação de peixes e nos braços com tanques rede (B4, B3 e B2), mostra valores de fluxo ligeiramente superiores, mas com diferença estatística principalmente na campanha de novembro de 2013 e fevereiro de 2014, quando todos os sítios localizados nas áreas de tanques rede tiveram fluxos difusivos de metano superiores aos observados no sítio sem criação. O mesmo foi observado para o metano dissolvido, mostrando assim que, nas áreas dos tanques rede, ou a produção do gás no sedimento aumentou ou que o consumo ao longo da coluna d'água diminuiu. Da observação dos parâmetros ambientais, verifica-se que no B2 o potencial de oxirredução (ORP) apresentou a menor média em relação aos demais braços evidenciando uma disponibilidade de material orgânico na coluna d'água, no entanto, para melhor avaliar o comportamento observado nos braços, faz-se necessário a determinação das abundâncias das populações de microrganismos metanogênicos nos sedimentos e metanotróficos presentes na coluna d'água em projetos futuros.

Os fluxos ebulitivos obtidos nas campanhas de agosto e novembro de 2013 são mostrados na Figura 57. Os fluxos observados na campanha de fevereiro de 2014 ainda estão em análise.



**Figura 57.** *Boxplot* do fluxo ebulitivo para cada braço nas campanhas de agosto e novembro de 2013.

Nestas campanhas, pode-se observar que os fluxos ebulitivos nas áreas de piscicultura tiveram valores significativamente mais intensos que os obtidos na área controle (B1). Além disso, como é mostrado na Tabela 8, a ocorrência foi mais frequente nas áreas com tanques rede. O braço B2, além de apresentar a maior taxa de ocorrência de bolhas em todas as campanhas, também apresentou os valores de fluxo ebulitivo mais intensos nas duas campanhas disponíveis.

Para comparar a contribuição do fluxo ebulitivo com a do fluxo difusivo para a emissão de metano, os valores dos fluxos ebulitivos mostrados na Tabela 8 foram ponderados pela ocorrência na área amostrada, considerando-se o fluxo total de bolhas pela área total coberta pelas câmaras colocadas no braço.

**Tabela 8.** Ocorrência e fluxo ebulitivo de metano ponderado por área de ocorrência por braço.

	Agosto/2013		Novembro/2013		Fev/14	
	Ocorrência	Fluxo Ebulitivo (mgCH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Ocorrência	Fluxo Ebulitivo (mgCH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Ocorrência	Fluxo Ebulitivo (mgCH <sub>4</sub> m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )
<b>B4</b>	4 de 18 (22%)	21,0	13 de 27 (48%)	40,4	6 de 27 (22%)	Em análise
<b>B3</b>	2 de 17 (12%)	4,2	10 de 27 (37%)	10,7	1 de 27 (4%)	Em análise
<b>B2</b>	7 de 18 (39%)	2.802,9	15 de 27 (55%)	207,9	14 de 27 (52%)	Em análise
<b>B1</b>	1 de 12 (8%)	3,6	4 de 18 (22%)	2,9	1 de 18 (4%)	Em análise

Com os dados acima se evidencia que na área controle (B1) a contribuição para a emissão de metano ocorrendo através de bolhas é equivalente à contribuição através da difusão do metano na superfície. Já nas áreas de piscicultura a emissão ebulitiva domina. Este comportamento parece indicar que a produção de metano nos sedimentos em torno das áreas de tanques rede foi significativamente aumentada. A introdução de matéria orgânica oriunda das sobras de ração e dos dejetos dos peixes pode estar relacionada com a maior produção nestas áreas. Outro ponto ainda não avaliado está relacionado a variação da altura da coluna d'água e sua influência na emissão de metano para a atmosfera.

### Considerações finais

A partir dos resultados de três campanhas, nota-se que os valores de fluxo difusivo de metano nas áreas de piscicultura estão acima do observado na área controle, assim como os valores obtidos para o metano dissolvido. Outro ponto importante é a ocorrência e intensidade do fluxo ebulitivo (através da emissão de bolhas), o qual foi significativamente maior, principalmente nas áreas amostradas no meio dos tanques rede, evidenciando que a implementação desta atividade tem potencial de alterar a emissão de metano.

## Referências bibliográficas

- ALCÂNTARA, E. H. Análise da turbidez na planície de inundação de Curuaí (PA, Brasil) integrando dados telemétricos e imagens MODIS/terra. 2006. 220f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.
- ALCÂNTARA, E. H.; BONNET, M. P.; ASSIREU, A. T.; STECH, J. L.; NOVO, E. M. L. M. AND LORENZZETTI, J. A. 2010. On the water thermal response to the passage of cold fronts: initial results for Itumbiara reservoir (Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences Discussions (Online)*, v. 7, p. 9437-9465, 2010.
- CURTARELLI, M.P.; ALCÂNTARA, E.; RENNÓ, C. D; STECH, J. L..2013. Effects of cold fronts on MODIS-derived sensible and latent heat fluxes in Itumbiara Reservoir (Central Brazil). *Advances in Space Research*, v. 01, p. 1-15.
- HENDERSON-SELLERS, B. 1986. Calculating the surface energy balance for lake and reservoir modelling: a review. *Reviews of Geophysics*, 24(3): 625-649.
- IMBERGER, J. 1985. The diurnal mixed layer. *Limnology and oceanography*, 30: 737-770.
- IMBERGER, J.; PATTERSON, J. C. 1989. Physical limnology, *Advances in Applied Mechanics*, 27: 303-475.
- IQBAL, M. 1983. *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press, 390p.
- LIMA, I. B. T.; BARBOSA, C. C.; NOVO, E. M. L. M.; CARVALHO, J. C.; STECH, J. L. Localização de áreas de monitoramento telemétrico em ambientes aquáticos da Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 331–334, 2006.
- MAGINA, F. C.; REIS, B. J.; ALVES, M. L.; SANTOS, R. J. T. P. Rede de plataformas de coleta de dados para monitoramento automático da qualidade da água do rio Paraíba do Sul. *Anais... XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, Natal: INPE, abril de 2009.
- MARTIN, J. L., MCCUTCHEON, S. C. 1999. *Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modelling*. Florida, CRC Press. 794p.
- NOVO, E. M. L. DE M.; STECH, J. L.; LONDE, L. R. et al. Integração de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA) e de imagens orbitais na avaliação do estado trófico do Reservatório da UHE Funil. In: *XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*. Anais... Natal: INPE, 2009. p. 4797- 4804.
- SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques rede em reservatórios. *Informe Agropecuário. Piscicultura: uma visão para o futuro*. Belo Horizonte, v.34, n.272, p.1-11, 2013.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ARANTES JUNIOR, J. D.; TUNDISI, J. E. M.; MANZINI, N. F., DUCROT, R. 2004. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical chemical and biological variables. *Brazilian Journal of Biology*, 64 (2004), pp. 177–186.

VERBURB, P., J.P. ANTENUCCI. 2010. Persistent unstable atmospheric boundary layer enhances sensible and latent heat loss in a tropical great lake: Lake Tanganyika, *Journal of Geophysical Research*, 115, D11109.

YSI, 2010. Calibration, Maintenance & Troubleshooting Tips For YSI 6-Series Sondes & Sensors. 35 p.

YSI, 2011. 6-Series Multiparameter Water Quality Sondes User Manual – Rev. H.



## **META 04**

---

### **Avaliação Zootécnica e Ambiental**



#### **Coordenador de Execução da Meta**

MS.c. Marcos Eliseu Losekann e Dra. Fernanda Garcia Sampaio  
pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna, 2014

## **Equipe Técnica**

### **Avaliação zootécnica**

M.Sc. Marcos Eliseu Losekann  
Pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Hamilton Hisano  
Pesquisador – Embrapa Agropecuária Oeste

Dr. Julio Ferraz de Queiroz  
Pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

### **Análises limnológicas**

Cláudio Milton Montenegro Campos  
Professor – Universidade Fedearl de Lavras

Gabriela de Castro Tironi  
Bolsista – graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Lavras

Diego Bedin Marin  
Bolsista – graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Lavras

Marcus Vinícius de Oliveira Melo  
Bolsista – graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Federal de Lavras

Guilherme Cleto de Carvalho  
Colaborador – Universidade Federal de Lavras

M.Sc. Bruno Olivetti de Mattos  
Colaborador – Universidade Federal de Lavras

Gino Vitório Zambon  
Assistente - Embrapa Meio Ambiente

### **Amostragem de sedimento e concentração de metais**

Dra. Ana Paula Contador Packer  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Daniella Carolyne Gregório da Silva  
Bolsita – graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Pontifícia Universidade Católica/Campinas

Viviane Cristina Bettanin Maximiliano  
Assistente - Embrapa Meio Ambiente

Victor Sanches Ribeirinho  
Bolsita – doutorando no Instituto Agronômica de Campinas

### **Avaliação fisiológicas e hematológicas**

Dra. Fernanda Garcia Sampaio  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Dra. Diana Amaral Monteiro  
Pesquisadora Colaboradora - Universidade Federal de São Carlos

Dr. Francico Tadeu Rantin  
Professor - Universidade Federal de São Carlos

Dra. Ana Lucia Kalini  
Professora - Universidade Federal de São Carlos

Dra. Juliana Montovani Thomaz  
Professora - Faculdade de Jaguariúna

Dra. Ana Flávia de Carvalho  
Professora - Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos

Genoefa Amália Dal´Bó  
Colaboradora – aluna de pós graduação do Instituto Brasileiro de Veterinária

Maria Lídia Carra  
Bolsita – graduanda em Engenharia Ambiental – Faculdade de Jaguariúna

Vitória Teodoro Gonçalves  
Bolsita – graduanda em Engenharia Ambiental – Faculdade de Jaguariúna

Fabíola da Silva Santana  
Bolsita – graduanda em Medicina Veterinária – Faculdade de Jaguariúna

### **Análise de resíduos de pesticidas**

Dra. Vera Lúcia Ferracini  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Maria Aparecida Rosa  
Analista - Embrapa Meio Ambiente

Débora Renata Cassoli de Souza Dutra  
Analista - Embrapa Meio Ambiente

### **Avaliação da macrofauna-bentônica**

Dra. Mariana Silveira Guerra Moura e Silva  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Ana Lúcia Silva Marigo  
Assistente - Embrapa Meio Ambiente

Marisa Carvalho do Nascimento  
Assistente - Embrapa Meio Ambiente

Nayara Cyrino Carvalho  
Bolsista – graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária – Pontifícia Universidade Católica

## I. Introdução

Durante o ano de 2013, foi dada sequencia as atividades pertinentes as ações de avaliação zootécnica e ambiental na área objeto de estudo. O Relatório é apresentado conforme as atribuições da equipe técnica envolvida no Projeto. Para cada atividade correlata, está descrito o que foi realizado e também os principais resultados obtidos.

Foram executadas atividades relativas ao levantamento dos piscicultores associados/privados da cadeia produtiva da piscicultura na área objeto de estudo, amostragens de água para análises limnológicas pontuais no tempo, coleta de sedimentos para determinação da concentrações de metais e da macrofauna bentônica, amostragem biótica para análise de pesticidas (organoclorados e organofosforados) e de biomarcadores fisiológicos.

## II. Metas Empregadas

---

### ATIVIDADE:

4.1 Avaliação zootécnica: serão coletados junto aos produtores do Parque Aquícola os seguintes parâmetros: espécie utilizada, conversão alimentar, biomassa produtiva, densidade de estocagem, frequência alimentar, origem das formas jovens, concentração de fósforo na ração, caracterização das estruturas de cultivo, etc. Periodicidade: mensal.

---

### RESULTADOS 4.1

Originalmente, para a execução desta atividade foi idealizado que a partir das informações/anotações realizadas pelos piscicultores do reservatório de Furnas – MG teríamos como fazer um levantamento mensal de indicadores zootécnicos. De encontro a isso, ainda durante a realização de várias campanhas de campo entre o ano de 2012, todo o entorno do reservatório foi percorrido. Desta maneira, foi possível constatar que o nível de tecnificação utilizado nas pisciculturas não permitia que fossem obtidas as informações ou os indicadores de produção da maneira como foi proposto inicialmente no Projeto. Ou seja, praticamente não existe por parte dos piscicultores nenhum registro mínimo de dados sobre a produção que viesse a subsidiar as avaliações zootécnicas.

Portanto, de maneira a contemplar a atividade de avaliação zootécncia a equipe decidiu optar pelo uso de alguma ferramenta que culminasse em um levantamento real do manejo utilizado. Desse modo, para a execução desta atividade foi realizado o “Levantamento dos piscicultores associados/privados da cadeia produtiva da piscicultura na região do entorno do

reservatório de Furnas – MG”. A partir de visitas técnicas e a aplicação de questionários aos produtores/piscicultores de peixes em tanques rede do município de Guapé, MG, foi realizado um levantamento de indicadores mínimos da cadeia produtiva local. Na sequência é apresentada a reunião das informações de maior relevância que foram analisadas até o momento, coletadas por meio da aplicação de um questionário *in loco*, contemplando a execução da atividade relativa ao acompanhamento e avaliação da produção de peixes em tanques redes na área objeto de estudo do referido Projeto.

Neste sentido, são apresentados dados sobre a espécie utilizada, biomassa produtiva, densidade de estocagem, origem das formas jovens, caracterização das estruturas de cultivo, etc. Alguns dados como fósforo na ração e conversão alimentar serão respectivamente estimados após a verificação da composição fornecida no rótulo da embalagem conforme a marca do fornecedor atual (Tabela 1) e pela quantidade total de ração utilizada em um ciclo de produção. Esses indicadores ainda necessitam uma avaliação mais ponderada e estarão disponíveis brevemente. O objetivo da realização da atividade é ao final do Projeto correlacionar o desempenho zootécnico com parâmetros da qualidade da água, sedimentos e da fauna macrobentônica para proposição de Boas Práticas de Manejo (BPM).

**Tabela 1.** Níveis de garantia do fabricante em relação ao fósforo nas rações utilizadas pelos produtores entrevistados.

<b>% PB da ração</b>	<b>Fósforo (mínimo)</b>
25, 28, 32 e 36	10 g
42	15 g
44 e 48	20 g

#### **- Entrevista aos piscicultores associados/privados da cadeia produtiva da piscicultura na região do município de Guapé, MG - reservatório de FURNAS**

A entrevista foi baseada de acordo com uma sequência de questões objetivas e dissertativas em questionário adaptado para a realidade dos sistemas de produção local, de modo a permitir uma abordagem dinâmica e interativa com os piscicultores, ou seja, buscando a observação e anotação das práticas de manejo mais utilizadas por eles. O objetivo foi realizar um diagnóstico rápido e hábil dos sistemas de produção de peixe em tanques rede nas pisciculturas em operação, na área objeto de estudo do Projeto.

O questionário para avaliação zootécnica e ambiental das pisciculturas é constituído por uma série de questões e/ou observações relacionadas às principais características dos sistemas locais de produção de peixes em tanques rede, as quais foram agrupadas em cinco módulos:

- I caracterização do piscicultor associado/privado
- II caracterização da propriedade
- III alevinos
- IV caracterização da piscicultura
- V caracterização da produção

As questões contidas nos módulos procuram abordar as principais situações encontradas geralmente nas pisciculturas. O questionário na íntegra encontra-se no Anexo I.

### - Principais Aspectos de Manejo Diagnosticados nas Pisciculturas

#### · Localização

Este trabalho possibilitou um aprofundamento do conhecimento de aspectos zootécnicos e ambientais das pisciculturas localizadas na área objeto de estudo em braços do reservatório de Furnas, município de Guapé, MG (Figura X).



**Figura 1.** Localização da área objeto de estudo – Rio Grande, na região do município de Guapé – MG. Pontos redondos em amarelo representam os produtores entrevistados nas visitas técnicas com aplicação do questionário.

As propriedades piscícolas foram visitadas individualmente com a realização de entrevistas presenciais com o proprietário/gerente de cada piscicultura. Desse modo, foi possível diagnosticar as principais práticas de manejo utilizadas nesses empreendimentos. É importante ressaltar que o levantamento dessas informações possibilitará futuramente a indicação de algumas recomendações de Boas Práticas de Manejo (BPM) que serão transferidas aos produtores visitados.

Houve o relato de um produtor que justificou a descrença em processos de transferência, pois conforme comunicação pessoal, “a transferência e assistência técnica de extensão rural pública local deixam muito a desejar”. Não existe a presença de um técnico com experiência na produção de peixes em tanques rede. De fato, a assistência quando prestada é basicamente sobrevinda por meio dos técnicos que representam os fornecedores de ração.

O questionário foi aplicado em visitas presenciais num total de 10 pisciculturas na área objeto de estudo durante o mês outubro de 2013. Quando possível foi realizado o contato prévio via telefone com os proprietários e/ou responsáveis das propriedades para agendamento das visitas técnicas e aplicação do questionário.

Também foram determinadas as coordenadas geográficas locais (latitude, longitude e altitude) de cada piscicultura com o auxílio de um GPS. A partir dessas coordenadas foi possível fazer a tomada área do local onde as pisciculturas estão inseridas, utilizando para isso o aplicativo gratuito Google Earth.



**Figura 2.** Entrevistas presenciais com os produtores.

Como a adoção de BPM é uma das estratégias fundamentais para alcançar melhores índices de desempenho zootécnico e ambiental, o aprimoramento da atividade piscícola leva a possibilidade de um manejo sustentável da piscicultura, pois com um manejo correto é possível diminuir ou evitar eventuais impactos negativos que a piscicultura pode causar sobre o ambiente e aumentar a eficiência zootécnica do processo de produção. Em vista disso ao final do Projeto pretende-se que algumas recomendações de BPM sejam elaboradas e difundidas para cada piscicultura visitada. Estas BPM serão então difundidas/transferidas aos piscicultores como sugestões para melhoria de sua produção, cabendo aos produtores a decisão final voluntária de adotar ou não as recomendações. Para o alcance deste objetivo se fará a tentativa de envolvimento com o Setor de Implementação da Programação de T&T da Embrapa Meio Ambiente (negociação já iniciada). Dessa maneira, se possível buscar-se-á a articulação junto a atores de extensão locais para a realização de um dia de campo ou evento similar para capacitação básica dos produtores. Esse tipo de ação será importante para que os produtores tenham noções mínimas de BPM e possam avaliar o seu real desempenho produtivo.

#### · **Licenciamento Ambiental**

As pisciculturas foram visitadas independentes da sua situação legal (registro nos órgãos competentes e licenciamento ambiental). Foram consideradas como propriedade piscícola tanques redes sob uma mesma administração. Os responsáveis e/ou proprietários das pisciculturas declararam a insatisfação quanto a morosidade dos processos para legalização e concretização da atividade piscícola. Independentemente disso, alguns dos produtores afirmaram que planejam expandir a produção.

#### · **Espécies de peixes**

Em relação às espécies de peixes produzidas nas pisciculturas, há o predomínio de somente uma espécie cultivada, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que ocorreu em todas as pisciculturas. A tilápia é uma espécie exótica consolidada que realmente está bem adaptada às condições agroclimáticas da maior parte do Brasil e, evidentemente é a principal espécie cultivada nas pisciculturas visitadas.

Também foi relatado por alguns produtores que na maioria das pisciculturas existem cardumes de peixes de pequeno porte, como o mandi (*Pimelodus sp*), que habitam naturalmente o Reservatório. Alguns produtores relataram comercializar os mandis, podendo ser uma fonte de



renda. O aparecimento destes cardumes pode estar associado ao manejo alimentar, visto que, há um atrativo desta espécie principalmente pelo alimento (ração) não consumido ou desperdiçado na produção dos peixes em tanques rede (Figura 3).



**Figura 3.** Margem adjacente aos tanques rede repleta de ração não consumida, evidenciando problemas quanto as práticas de manejo alimentar.

#### · **Origem das formas jovens**

Uma característica peculiar na maioria das pisciculturas, é que, as formas jovens são predominantemente adquiridas de fora da propriedade, sendo que somente uma piscicultura incide a produção própria (larvicultura e alevinagem). A origem dos fornecedores de alevinos para as demais pisciculturas é variada. Tivemos relatos de alevinos adquiridos de cidades vizinhas ao reservatório de Furnas e de fornecedores de animais do Estado de São Paulo.

Com relação à saúde dos peixes, alguns produtores entrevistados confirmaram que doenças são observadas esporadicamente. É importante ressaltar que todos (universo de 10 empreendimentos piscícolas) os entrevistados argumentaram que não fazem uso indiscriminado de produtos para o tratamento de doenças, sendo que o sal de cozinha é rotineiramente administrado como medida preventiva contra possíveis enfermidades, além de sulfato de cobre e cal. Porém, de maneira informal 50% dos produtores declararam já ter utilizado substâncias como antibióticos (AQUAFLO®) e permanganato de potássio. Estes produtos são aplicados de forma bastante empírica, não havendo acompanhamento sistemático dos seus efeitos sobre os peixes, bem como sobre a qualidade da água.

## · **Caracterização das estruturas de cultivo**

Todas as pisciculturas estão localizadas no município de Guapé, MG. Destas, apenas uma piscicultura desenvolve a produção de peixes em tanques rede em área arrendada. As demais são todas declaradas propriedades próprias. A distância média das propriedades ao município é de 11,6 quilômetros, tendo vias de acesso terrestres e navegáveis trafegáveis o ano inteiro. A característica de atividade com finalidade comercial perfaz 100% dos empreendimentos os quais tem média de 5,5 anos de existência. Em relação às características dimensionais dos tanques rede, prevalece o formato retangular e a relação área da base versus profundidade de 3 x 3 x 2 (largura, comprimento e profundidade). Quanto ao tipo de material o qual o tanque rede é confeccionado prevalece o uso de estruturas de madeira. Apenas duas pisciculturas tem preferência pela estrutura em metal (alumínio naval ou metalon). Além da produção de peixes como atividade principal, existem outras atividades econômicas predominantes como avicultura, bovinocultura leiteira e lavouras de milho e café. Todas as pisciculturas dispõem de alguma infraestrutura de apoio sendo 100 % para Galpão/depósito, barco, motor, puça e balança. Somente uma declarou possuir Kit e sonda multiparâmetros para análise de água.

Vale destacar que outros aspectos do sistema de produção levantados pela aplicação do questionário ainda estão sendo analisados e estarão apresentados no próximo relatório. Abaixo segue um quadro resumo dos principais indicadores zootécnicos, econômicos e sociais compilados e estimados para este relatório.

A característica principal da área objeto de estudo, quanto ao aspecto de gestão dos empreendimentos, é predominantemente de base familiar. Por outro lado, constata-se que a atividade de produção de peixes em tanques rede está em processo de expansão, além disso, empreendimentos de grande porte são potencialmente favorecidos pelas características do reservatório de Furnas, que inclusive já conta com uma piscicultura empresarial que visa a produção de peixes em tanques rede em escala comercial, muito superiores aos valores dos indicadores estimados na tabela anterior. Deste modo, ao final do Projeto pretende-se ter uma visão geral do sistema de produção da área objeto de estudo.

**Tabela 2.** Caracterização produtiva das pisciculturas localizadas na área objeto de estudo do Projeto Furnas.

Indicadores zootécnicos, econômicos e sociais	Estimativas
Nº de pisciculturas em produção	11
Média de tempo na atividade (anos)	5,5
Nº de Tanques rede	817
Volume médio dos tanques rede (m <sup>3</sup> )	18
Produção anual total estimada (Kg/Ciclo de produção)	608.300
Nº de ciclos por ano (média)	1,4
Peso médio do peixe para venda (Kg)	1
Preço médio de venda Peixe Inteiro (R\$/Kg)	5,00
Preço médio de venda Filé (R\$/Kg)	18,00
Custo médio de produção (R\$/Kg)	3,45

---

#### **ATIVIDADE:**

4.2 **Amostragem de água:** para melhor entender a variabilidade da qualidade da água do reservatório serão coletadas amostras para determinação das variáveis descritas na Tabela 1. Periodicidade: quinzenal.

---

#### **RESULTADOS 4.2**

De forma complementar as análises limnológicas realizadas pela Plataforma Principal e Plataformas Secundárias, foram propostas coletas de água mensais em pontos amostrais. Esta atividade está sendo realizada pela equipe do Laboratório de Análises de Água do Departamento de Engenharia (LAADEG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG, em parceria com a Empresa Meio Ambiente. Os dados avaliados estão descritos na Tabela 3, onde é feita a comparação entre os parâmetros mínimos solicitados na CONAMA 413 de 26 de junho de 2009, e os que estão em análise no Projeto Furnas. As medições realizadas pela sonda e as análises mensais realizadas nas amostras coletadas permitirão que o Projeto monitore praticamente todos os parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA 413. Além da complementação das variáveis

que não são medidas pelas Plataformas as análises permitirão a comparação de amostragem realizada de forma pontual no tempo e em alta frequência, de modo a verificar a efetividade de se realizar as análises na frequência proposta na resolução do CONAMA. Esta correlação será realizada após um ano de amostragem de dados nas diferentes frequências.

**Tabela 3** - Comparação entre os parâmetros mínimos solicitados no Anexo VI da Resolução CONAMA 413 de 2009 – Programa de Monitoramento Ambiental - e os parâmetros medidos no Projeto Furnas.

<b>Parâmetros CONAMA 413*</b>	<b>Parâmetros Projeto FURNAS</b>	<b>Parâmetros CONAMA 413</b>	<b>Parâmetros Projeto FURNAS</b>
Amônia	x	OD	✓
Clorofila a	✓	pH	✓
Coliformes	✓	Salinidade	✓
Cor verdadeira	✓	Temperatura	✓
DBO	✓	Transparência	✓
Fosfato-P	✓	Turbidez	✓
Nitrato	✓	Silicato	x
Nitrito	✓	Material em suspensão	x

\* Parâmetros CONAMA 413\* –ANEXO VI – Programa de Monitoramento Ambiental – parâmetros mínimos. Onde: X = não será realizado. ✓ = parâmetros que serão realizados.

#### **Procedimentos de coleta e análise:**

Os locais de coleta de água são os mesmos pontos onde estão fundeadas as Plataformas utilizando-se a própria Plataforma para coleta. A denominação dos Pontos Amostrais segue conforme a Tabela 4 e a Figura 4.

**Tabela 4.** Pontos de coleta das amostras de água para avaliação de parâmetros limnológicos.

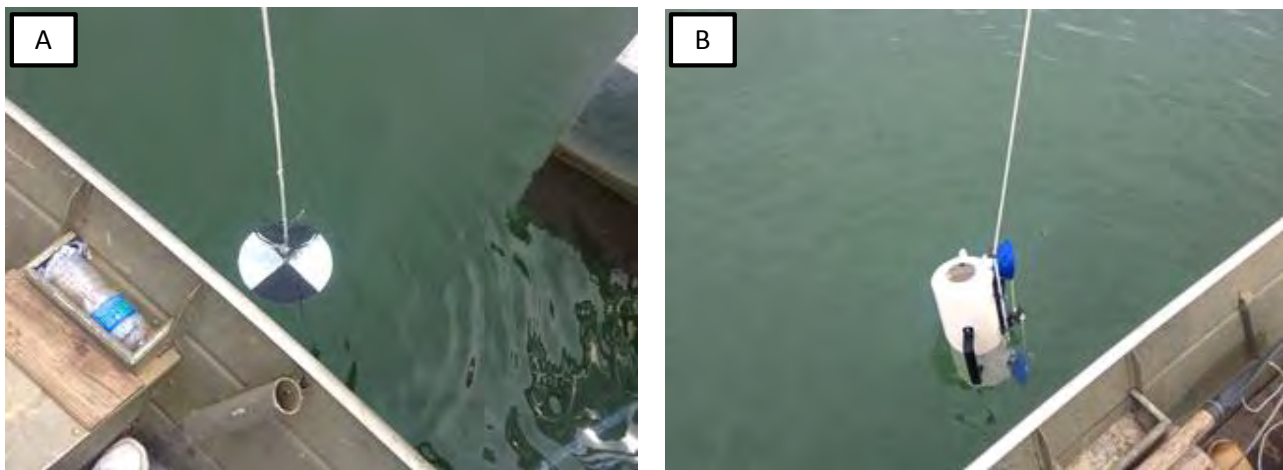
<b>Nomeclatura</b>	<b>Local</b>	<b>Plataforma</b>
<b>Ponto 1</b>	Parque Aquícola Guapé I	Plataforma 1
<b>Ponto 2</b>	Parque Aquícola Guapé I	Plataforma 2
<b>Ponto 3</b>	Parque Aquícola Guapé IV	Plataforma 3
<b>Ponto 3</b>	Parque Aquícola Guapé IV	Plataforma 4
<b>Ponto 3</b>	Parque Aquícola Guapé IV	Plataforma 5
<b>Ponto 4</b>	Área Aquícola	Plataforma 6



**Figura 4.** Localização dos pontos de coleta de água para avaliação de parâmetros limnológicos.

As coletas estão sendo realizadas mensalmente. Destaca-se que já foi realizado um total de 7 coletas (7 meses de monitoramento na frequência de uma vez por mês) realizadas entre os meses de setembro de 2013 a abril de 2014. Porém no presente Relatório apresentamos somente os dados analisados de setembro a dezembro de 2013, pois os do ano de 2014 ainda estão em análise.

As coletas são realizadas a 1,5 m de profundidade em frascos de 2,0 L em cada um dos pontos de amostragem utilizando a garrafa de Van Dorn. A Figura 5 mostra algumas etapas das coletas. Os parâmetros não medidos em campo são analisados no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia (LAADEG) da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Após a coleta, as amostras são acondicionadas em uma caixa térmica contendo gelo para preservar a temperatura das amostras à 4°C até a chegada ao Laboratório. No presente Relatório são apresentadas as coletas realizadas nos dias 18 de setembro, 22 de novembro e 09 de dezembro.



**Figura 5. A** - medida da transparência com o Disco de Secchi; **B** - coleta de água com a garrafa de Van Dorn.

O oxigênio dissolvido (O.D.; ppm) e a temperatura (T; °C) foram medidos com o *Dissolved Oxygen Meter*, modelo HI9146; o pH foi medido com um phmetro *Mettler Toledo AG 8603*, modelo *Seven Easy pH*; a turbidez (UNT) foi medida com turbidímetro *TECNAL*, modelo TB-100; e condutividade elétrica (CE;  $\mu\text{S}$ ) medida com equipamento da *Bel Engineering w180 conductivity meter*. Estes parâmetros foram medidos com equipamento portátil no campo. Também no momento da coleta a transparência (m) foi medida com disco de Secchi.

No LAADeg foram analisadas a Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ;  $\text{mg.L}^{-1}$ ) pelo teste de DBO 5 dias e a Demanda Química de Oxigênio (DQO;  $\text{mg.L}^{-1}$ ) pelo método de titulação refluxo fechado. A Cor e a Clorofila-a foram medidas por espectrometria. A acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e a alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram determinadas pelo método de titulação com base e indicador. A dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foi determinada pelo método de titulação com EDTA. O nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foi determinado pelo método de espectrometria ultravioleta blindado e o nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) pelo método colorimétrico. O nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram avaliados pelo método de Micro Kjeldhal. Os coliformes totais e coliformes fecais foram analisados pelo método dos múltiplos tubos. A concentração de fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) foram avaliados pelo método colorimétrico do ácido vanadomolibdofosfórico. Todas as variáveis foram analisadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Washington, 1998).

A comparação das médias entre os Pontos de coleta foram feitas pela Análise de Variância (ANOVA) com posterior aplicação do teste de Tukey para comparação das médias no nível de 0,05% de significância. Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio nas tabelas 5 a 13 e gráficos de 1 a 11. As tabelas 5 a 13 estão no final do texto da atividade 4.2.

## Resultados

Estudos que tenham como finalidade o cultivo de peixes tem como premissa básica a limnologia uma vez que os organismos de cultivos estão relacionados ao meio em que vivem. Portanto, para que ocorra um bom desenvolvimento e sobrevivência dos organismos em cultivo é de fundamental importância garantir condições ideais do meio de cultivo.

Reservatórios são considerados ecossistemas complexos caracterizados como um sistema híbrido entre rios e lagos, o que representa um novo desafio aos estudos ambientais (Thornton et al., 1990). Espíndola et al. (2004) se referem a criação de reservatórios como um novo ecossistema criado pelo homem. Os reservatórios são construídos para atender usos como produção de biomassa pesqueira, recreação e para sua maior finalidade que é a geração de energia. Ainda no livro de Espíndola et al. (2004) a caracterização feita para reservatórios é de um sistema híbrido, com fluxo de água controlado, com padrão de funcionamento modificado. Fatores chave para compreender os processos e mecanismos de funcionamento dos reservatórios são o tempo de retenção (controlado em função da disponibilidade de água e da demanda de produção de energia) e a posição do reservatório em relação ao rio (Espíndola et al., 2004).

Dados da literatura apontam que o reservatório de Furnas é caracterizado como sendo exemplo típico de reservatório de acumulação, que sofre um grande deplecionamento do nível de suas águas com o avançar da estação seca, principalmente entre os meses de julho a novembro (Bernacsek, 1984). O deplecionamento do reservatório já havia sido salientado no Estudo Técnico Científico (UFMG, 2009) e no Relatório de Atividade I.

De acordo com as informações da Eletrobras Furnas<sup>3</sup> o volume útil do Reservatório é de 17,217 bilhões m<sup>3</sup>. As figuras 6 e a tabela 5 mostram as variações de volume nos anos de 2011 a 2014, divulgados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)<sup>4</sup>. De acordo com os dados, o volume útil do reservatório de Furnas no ano de 2012 teve máxima de 94,84%, no mês de fevereiro e mínima de 12,35% no mês de dezembro, com diminuição de mais de 80% do volume útil. No ano de 2013 os valores foram de 71,51%, em abril, e mínimo de 32,25% em janeiro. No ano de 2014 em janeiro o volume útil do Reservatório já estava abaixo dos 50% e está decaindo atingindo 29,11% em abril.

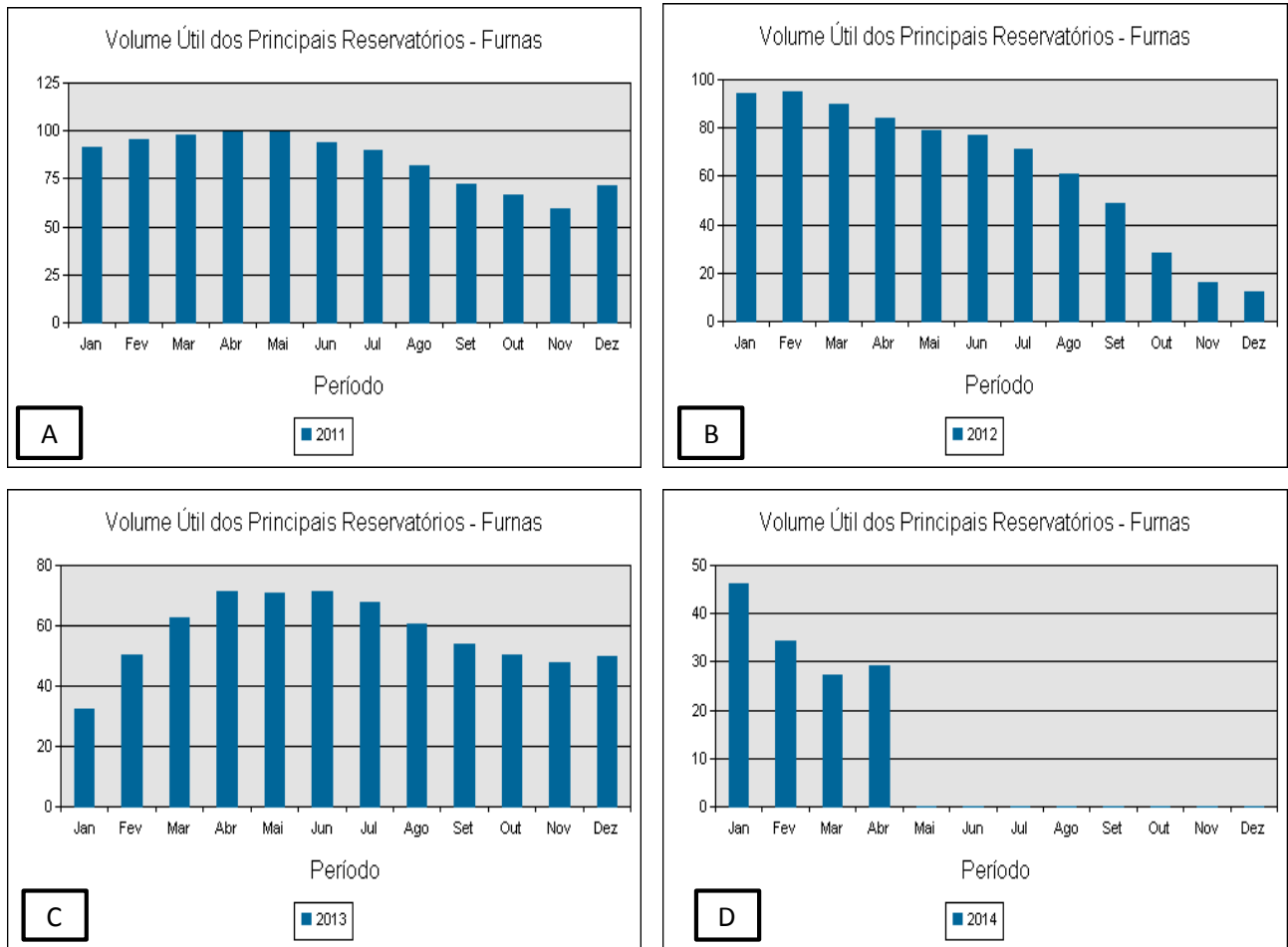
A constante e elevada diminuição do volume útil do reservatório de Furnas é fator preocupante ao desenvolvimento sustentável da piscicultura por interferir nos pilares econômicos, ambientais e sociais da cadeia produtiva. A diminuição do nível de água do Reservatório

---

<sup>3</sup> [http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina\\_hidr\\_furnas.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina_hidr_furnas.asp)

<sup>4</sup> [http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)

constantemente resulta em problemas para os produtores forçando o deslocamento dos tanques rede para áreas mais distantes das áreas de apoio demandando maior deslocamento para manejo dos sistemas de produção. Além disso, foi relatado nas campanhas de campo a aparição de áreas de paliteiros, dificuldades de navegação para trabalhar com os tanques rede dentre outras, podendo prejudicar outras atividades desenvolvidas no Reservatório, como turismo e lazer.



**Figura 6 A a D**– Conjunto de dados comparativos de volume útil (%) do reservatório de Furnas, MG nos anos de 2011 a 2014, respectivamente. Fonte Operadora Nacional de Sistema (ONS)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)



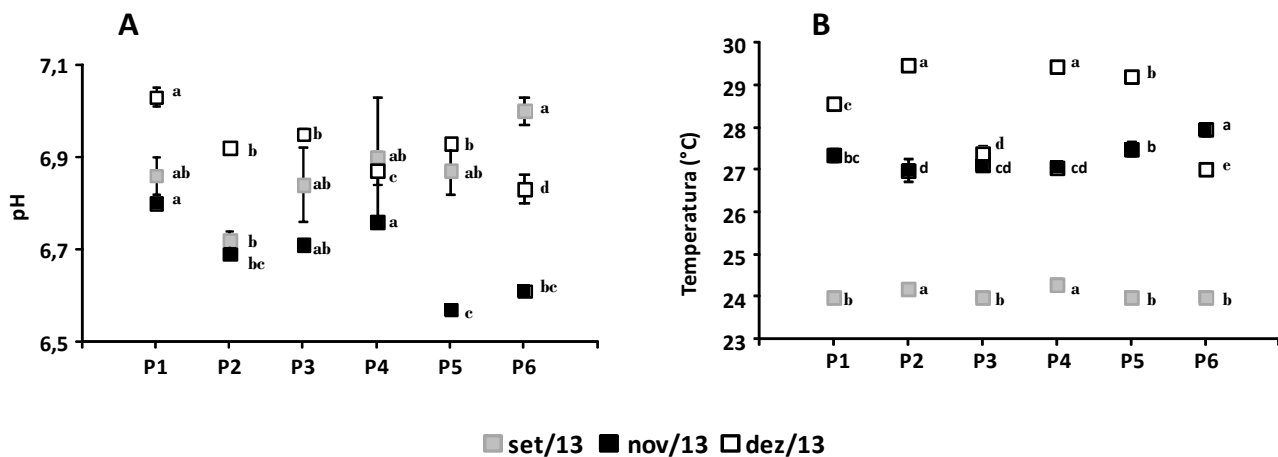
**Tabela 5** – Tabela de conjunto de dados comparativos de volume útil (%) do reservatório de Furnas, MG nos anos de 2011 a 2014, respectivamente.

	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Jan</b>	91,34	94,10	32,25	46,26
<b>Fev</b>	95,50	94,84	50,26	34,14
<b>Mar</b>	98,12	89,68	62,58	27,27
<b>Abr</b>	99,02	84,24	71,51	29,11
<b>Mai</b>	99,10	78,66	70,72	
<b>Jun</b>	94,02	77,08	71,29	
<b>Jul</b>	89,45	71,08	67,64	
<b>Ago</b>	81,45	60,94	60,61	
<b>Set</b>	72,30	48,45	53,69	
<b>Out</b>	66,34	28,10	50,32	
<b>Nov</b>	59,03	15,96	47,56	
<b>Dez</b>	71,44	12,35	49,89	

Fonte Operadora Nacional de Sistema (ONS)<sup>6</sup> .

Os valores mensais de pH podem ser observados na tabela 5, 8 e 11 e no gráfico 1 A. O menor valor de pH no mês de setembro foi de 6,72 medido no P2 e o maior de 7,00 medido no P6. No mês de novembro o menor foi de 6,57 no P5 e o maior de 6,80 no P1. No mês de dezembro o menor valor de pH foi de 6,83 no P4 e o maior foi de 7,03 no P1. De forma geral nos três meses medido a faixa de pH médio variou de 6,57 a 7,03. Conforme observado no gráfico 1 A nos seis pontos de coleta o pH foi menor no mês de novembro. Apesar das variações de pH encontrados os valores de pH estão na faixa considerada ideal para a espécie. Normalmente a tilápia pode sobreviver em uma faixa de pH de 5 a 10, mas seu melhor desempenho esta entre 6 a 9 (Popma e Masser, 1999). Dados do Estudo Técnico Científico da UFMG (UFMG, 2009) apontam que o pH do rio Grande nos períodos de coleta estiveram sempre abaixo de 8,0. De modo geral o pH dos seis pontos amostrais nos três meses analisados estiveram dentro do limite estabelecido pela CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que vai de 6,0 a 9,0 para cursos d água destinados à aquicultura.

<sup>6</sup>[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util.aspx)



**Gráfico 1 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** pH; **B:** temperatura ( $^{\circ}$ C), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

No trabalho de “Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas no reservatório de Furnas”, realizado pela EPAMIG (EPAMIG, 2013) os autores apontam que na área dos municípios de Capitólio, Guapé e Pimenta a água nas áreas de cultivo era de boa qualidade. E concluem que salvo algumas alterações pontuais, os valores observados para as variáveis de qualidade da água estavam dentro de padrões adequados à piscicultura e de acordo com a Resolução CONAMA 357. A tabela 6 apresenta os dados médios publicados nos estudo para a área que abrange a área objeto de estudo do Projeto Furnas. Como pode ser observado os dados do pH do presente Relatório, que variam de 6,57 a 7,03, estão fora da faixa apresentada pelos dados da EPAMIG (2013) de 7,12 a 7,83.

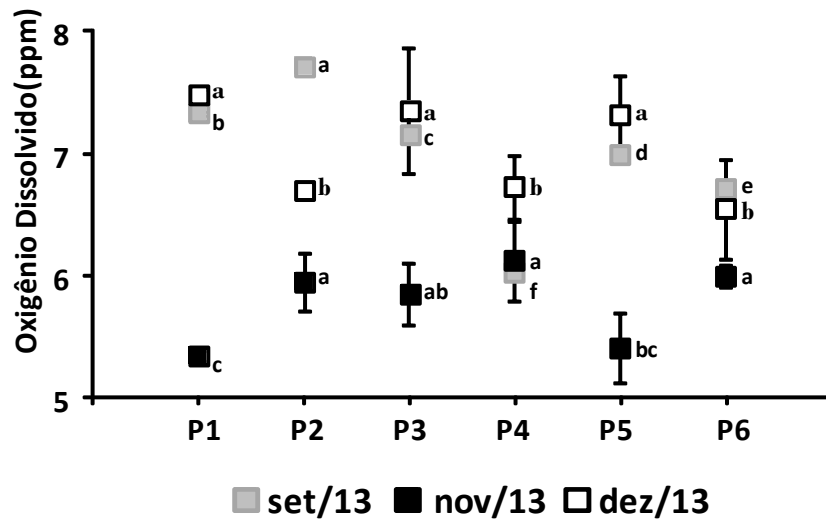
**Tabela 6** – Amplitude de variação dos parâmetros de qualidade da água, nas áreas de cultivo de tilápia do Nilo em tanques-rede, no Reservatório de Furnas, municípios de Capitólio, Guapé e Pimenta.

Variáveis	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	22,35	24,64
Condutividade específica ( $\mu$ S/cm)	29,30	34,00
pH	7,12	7,83
Nitrato – $\text{NO}_3^-$ (mg/L)	1,14	1,94
Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L)	4,37	8,22

Fonte: EPAMIG, 2013.

Os valores de mínimo e máximo da temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) medidos no mês de setembro foram de 24,00 no P1, P3, P5 e P6 e 24,30 no P4. No mês de setembro houve diferença estatística de temperatura média entre os pontos de coleta, apresentando as temperaturas mais elevadas os pontos nos P2 e P4 e menores nas demais. No mês de novembro a menor temperatura foi de 27,00 no P2 e a maior foi de 27,96 no P6. No mês de novembro houve diferença significativa entre a temperatura média dos pontos diferindo os pontos. No mês de dezembro o menor valor de temperatura foi de 27,02 no P6 e o maior valor de 29,50 no P2. De modo geral como verificado no gráfico 1 B a faixa de variação média de temperatura nos meses de setembro a dezembro foi de 24,00 a 29,50, com uma variação de  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Ao observarmos a amplitude de variação dos meses verificamos que no mês de setembro houve uma variação de apenas  $0,30^{\circ}\text{C}$ , em novembro de  $0,96^{\circ}\text{C}$  e em dezembro de  $2,48^{\circ}\text{C}$ , mostrando elevação da temperatura de setembro a dezembro, e aumento também da amplitude de variação entre os pontos.

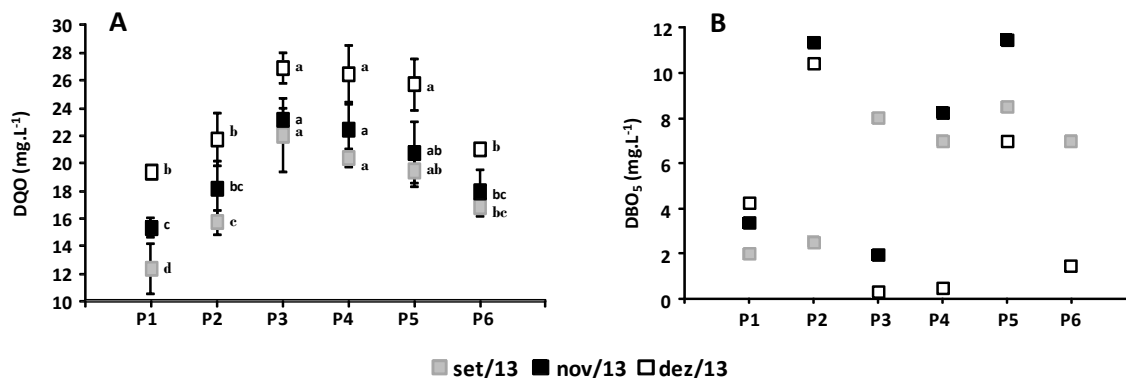
O oxigênio (OD) é um dos gases mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. A concentração de OD não é o fator mais limitante para a tilápia do Nilo que pode tolerar níveis baixos até  $3\text{-}4\text{ mg.L}^{-1}$  (Boyd, 2004). Os valores de mínimo e máximo de OD (ppm) medidos no mês de setembro foram de 6,03 no P4 e 7,71 no P2, respectivamente. No mês de setembro houve diferença de concentração média de OD entre os seis pontos de coleta, sendo a sequência dos pontos do maior para o menor como segue  $\text{P2} > \text{P1} > \text{P3} > \text{P5} > \text{P6} > \text{P4}$ . No mês de novembro a menor concentração de OD foi de 5,34 no P1 e a maior de 6,12 no P4. No mês de novembro houve diferença significativa entre a média dos grupos diferindo os pontos P2, P4 e P6 do P1. No mês de dezembro o menor valor foi de 6,55 no P6 e o maior de 7,47 no P1. De modo geral como verificado no gráfico 2 a faixa de variação média do OD nos meses de setembro a dezembro foi de 5,34 a 7,47. Conforme observado no gráfico nos seis pontos de coleta o OD foi menor no mês de novembro. Os dados da EPAMIG (2013) mostram que a variação de OD foi de 4,37 a 8,22 e que apontam que em um dos braços do município de Guapé foi encontrado valores de OD abaixo de  $5,0\text{ mg.L}^{-1}$  nas camadas mais superficiais da água.



**Gráfico 2 A.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de oxigênio dissolvido (OD; ppm), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Para os valores de DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro houve diferença entre os valores sendo o menor valor de 12,43 no P1 e o máximo de 22,06 no P3. No mês de novembro também houve diferença entre os valores médios de DQO entre os pontos de coleta tendo o menor de 15,36 no P1 e o maior de 22,44 no P3. No mês de dezembro o menor valor DQO foi de 19,38 no P1 e o maior valor de 26,94 no P3. Ao observarmos o gráfico 3 A verificamos que há aumento nos valores de DQO do mês de setembro para novembro e deste para dezembro. Ainda neste mesmo gráfico podemos observar que nos três meses de coleta os valores do P1 são menores e os do P3 os maiores, voltando a cair no P6.

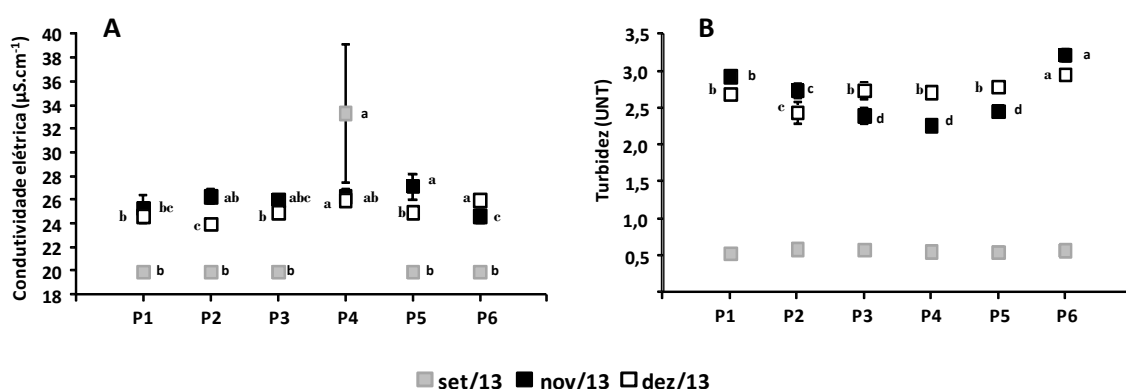
Nos três primeiros meses de coleta a  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) não foi feita em triplicata, por isso não foi feita comparação estatística entre os dados, porém as próximas coletas já estão sendo realizadas em triplicata. Os valores de mínimo e máximo de  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 2,00 no P1 e 8,50 no P5, respectivamente. No mês de novembro a menor concentração de  $\text{DBO}_5$  foi de 1,95 no P3 e a maior de 21,80 no P6. No mês de dezembro o menor valor foi de 0,45 no P4 e o maior de 10,40 no P2. O gráfico 3 B apresenta os dados de  $\text{DBO}_5$  dos meses de setembro, novembro e dezembro. Conforme observado no gráfico 3 B o P1 é o que apresenta a menor variação entre os meses de setembro e dezembro, já os outros pontos apresentam grandes variações entre os 3 meses de coleta.



**Gráfico 3 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** Demanda Química de Oxigênio (DQO; mg.L<sup>-1</sup>); **B:** Demanda Bioquímica de Oxigênio<sub>5</sub> (DBO<sub>5</sub>; mg.L<sup>-1</sup>), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Os valores de condutividade medidos no mês de setembro foram de 20,00 nos pontos P1, P2, P3, P5 e P6 e de 33,33 no P4. No mês de novembro a menor condutividade foi de 24,66 no P6 e a maior foi de 27,21 no P5. No mês de dezembro o menor valor de condutividade foi de 24,00 no P2 e o maior valor de 26,00 no P4 e P6. De modo geral como verificado no gráfico 4 A os valores de condutividade do mês de setembro são todos menores que dos meses de novembro e dezembro, exceto para o P4. Segundo dados do Estudo Técnico Científico da UFMG (UFMG, 2009) a condutividade média do rio Grande ao longo do ano foi 32,0  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ .

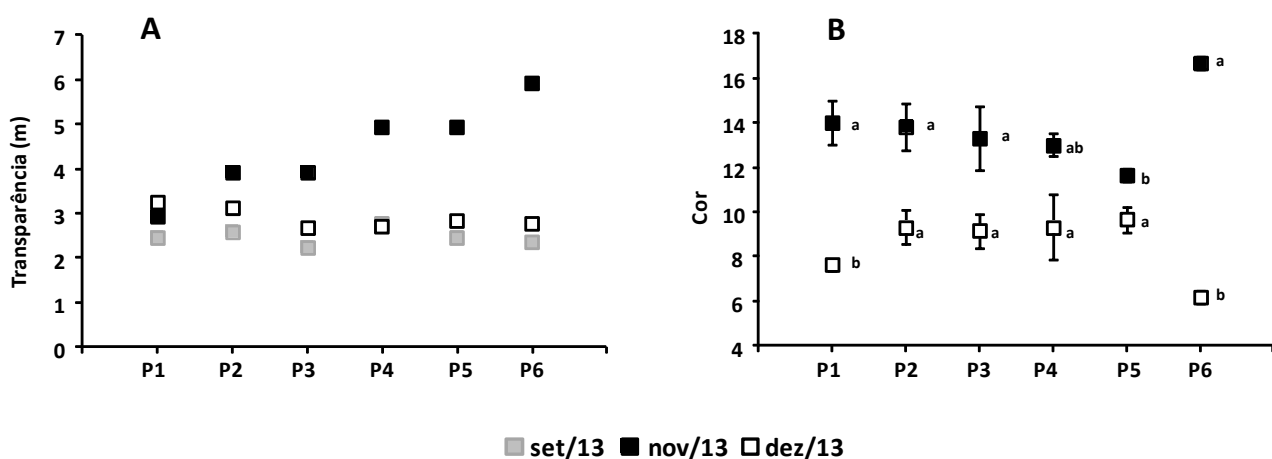
Os valores de mínimo e máximo de turbidez (UNT) medidos no mês de setembro foram de 0,53 no P1 e 0,59 no P2, respectivamente. No mês de novembro a menor turbidez foi de 2,27 no P4 e a maior de 3,22 no P6. No mês de dezembro o menor valor foi de 2,44 no P2 e o maior de 2,96 no P6. O gráfico 4 B apresenta os dados de turbidez dos meses setembro, novembro e dezembro.



**Gráfico 4 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** condutividade elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ); **B:** turbidez (UNT), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Nos três primeiros meses de coleta a transparência (m) não foi feita em triplicata, porém as próximas coletas já estão sendo realizadas desta forma. Os valores de mínimo e máximo de transparência medidos no mês de setembro foram de 2,24 no P3 e 2,79 no P4, respectivamente. No mês de novembro a menor transparência foi de 2,93 no P1 e a maior de 5,93 no P6. No mês de dezembro o menor valor foi de 2,68 no P3 e o maior de 3,26 no P1. O gráfico 5 A apresenta os dados de transparência dos meses de setembro, novembro e dezembro. Conforme observado no gráfico 5 A nos meses de setembro e dezembro a transparência era semelhante nos 6 pontos e que em novembro houve uma maior amplitude aumentando do P1 ao P6.

Os valores de Cor não foram medidos no mês de setembro, pois a técnica ainda não estava adaptada no Laboratório. No mês de novembro o menor valor de Cor foi de 11,66 no P5 e o maior de 16,66 no P6. No mês de dezembro o menor valor foi de 7,66 no P1 e o maior de 9,66 no P5. O gráfico 5 B apresenta os dados de Cor nos meses de novembro e dezembro. Conforme observado no gráfico 5 B nos meses de novembro a Cor foi maior do que no mês de dezembro nos seis pontos.

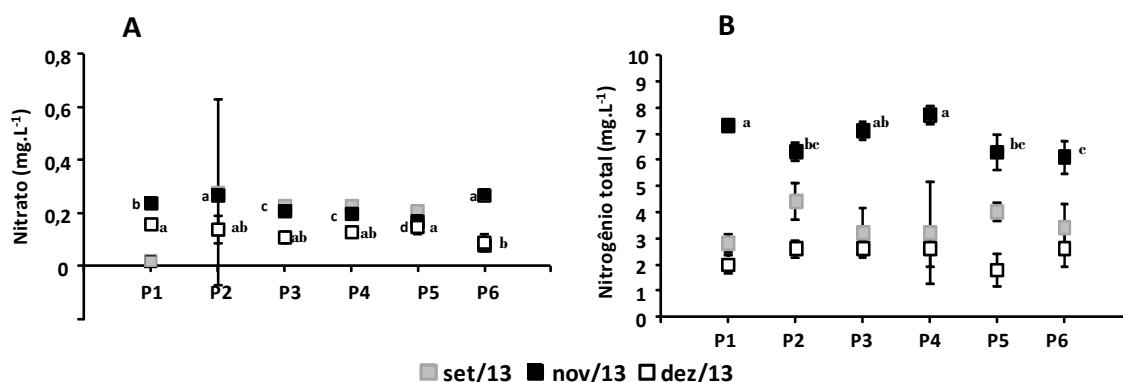


**Gráfico 5 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** transparência (m); **B:** Cor, coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Os valores de mínimo e máximo de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 0,02 no P1 e 0,28 no P2, respectivamente, porém não houve diferenças estatística entre a média dos seis pontos. No mês de novembro a menor concentração de nitrato foi de 0,17 no P5 e a maior de 0,27 no P2 e P6. No mês de novembro houve diferença significativa entre a média dos grupos diferindo os pontos  $\text{P2 e P6} > \text{P1} > \text{P3 e P4} > \text{P5}$ . No mês de dezembro o menor valor foi de 0,09 no P6 e o maior de 0,16 no P1, porém não houve diferença significativa entre os pontos.

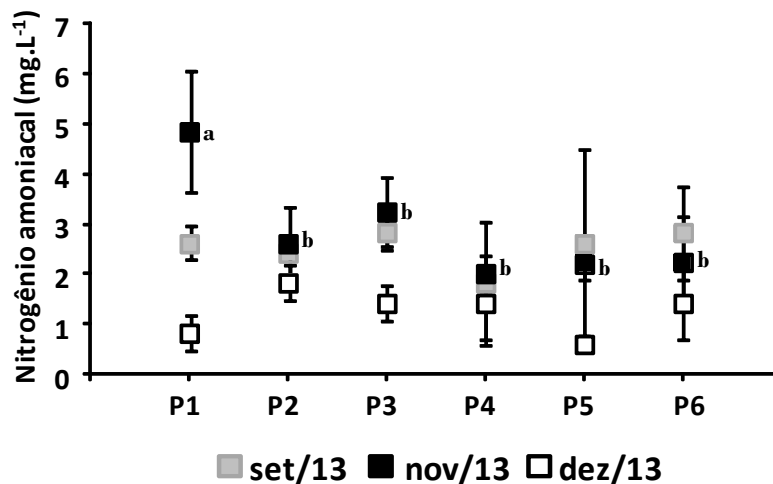
Não foram determinados valores de nitrito das amostras dos meses de setembro, novembro e dezembro, pois os valores estavam abaixo do limite de detecção do método.

Os valores de mínimo e máximo de nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 2,83 no P1 e 4,45 no P2, respectivamente, porém não houve diferenças estatísticas entre a média dos seis pontos. No mês de novembro a menor concentração de nitrogênio total foi de 6,13 no P6 e a maior de 7,75 no P4. No mês de novembro houve diferença significativa entre a média dos grupos diferindo os pontos  $\text{P1 e P4} \sim \text{P3} > \text{P2 e P5} > \text{P6}$ . No mês de dezembro o menor valor foi de 1,82 no P5 e o maior de 2,63 no P2, P3, P4 e P6, porém não houve diferença significativa entre os pontos. O gráfico 6 B apresenta os valores de nitrogênio total. De modo geral como verificado no gráfico 6 B os valores de novembro, indiferente dos pontos foram superiores aos dos meses de setembro e dezembro.



**Gráfico 6 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); **B:** nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

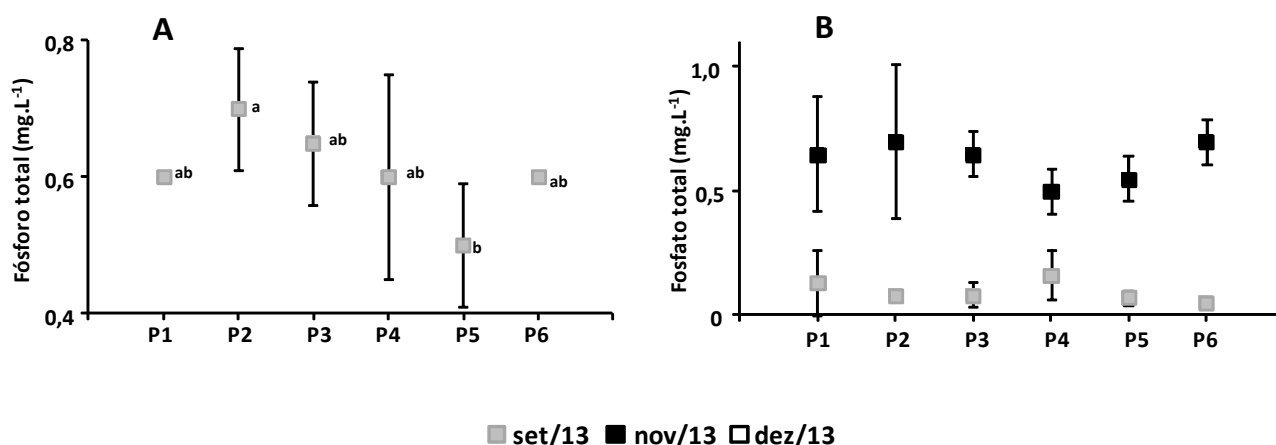
Os valores de mínimo e máximo de nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 2,43 no P2 e 2,83 no P3 e P6, respectivamente, porém não houve diferenças estatísticas entre a média dos seis pontos. No mês de novembro a menor concentração de nitrogênio amoniacal foi de 2,02 no P4 e a maior de 4,86 no P1. No mês de novembro houve diferença significativa entre a média dos grupos diferindo os pontos  $\text{P1} > \text{P2, P3, P4, P5 e P6}$ . No mês de dezembro o menor valor foi de 0,61 no P5 e o maior de 1,84 no P2, porém não houve diferença significativa entre os pontos. O gráfico 7 apresenta os valores de nitrogênio amoniacal. De modo geral como verificado no gráfico 7 os valores de novembro, indiferente dos pontos foram superiores aos do mês de dezembro. No mês de novembro o maior valor foi no P1, sendo este mesmo ponto o menor valor no mês de dezembro.



**Gráfico 7.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Os fósforo total medido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) só foi detectado no mês de setembro, e o menor valor foi de 0,50 no P5 e 0,70 no P2. Houve diferença significativa entre a média dos grupos diferindo os pontos  $\text{P2} \geq \text{P1}$ ,  $\text{P3}$ ,  $\text{P4}$  e  $\text{P6} \geq \text{P5}$ . O gráfico 8 A apresenta os valores de fósforo total.

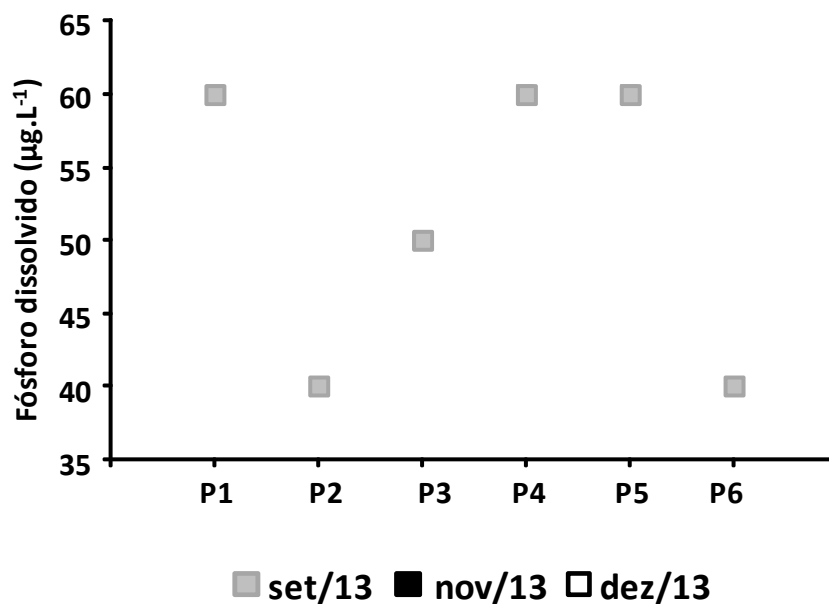
Os valores de mínimo e máximo de fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 0,05 no P6 e 0,16 no P4, respectivamente, porém não houve diferenças estatística entre a média dos seis pontos. No mês de novembro a menor concentração de fosfato total foi de 0,50 no P4 e a maior de 0,70 no P2 e P6, porém não houve diferença estatística entre a média dos seis pontos. No mês de dezembro não foram detectados valores de fosfato total. O gráfico 8 A apresenta os valores de fosfato total. De modo geral podemos verificar que os valores de fosfato total foram superiores no mês de novembro nos seis pontos em relação ao mês de setembro.



**Gráfico 8 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ); **B:** fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.



Os valores de fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) só foram detectados no mês de setembro. O menor valor foi de 40,0 no P2 e P6 e os maiores de 60,0 no P1, P4 e P5, porém não houve diferença estatística entre a média dos seis pontos. O gráfico 9 apresenta os valores de fósforo dissolvido.

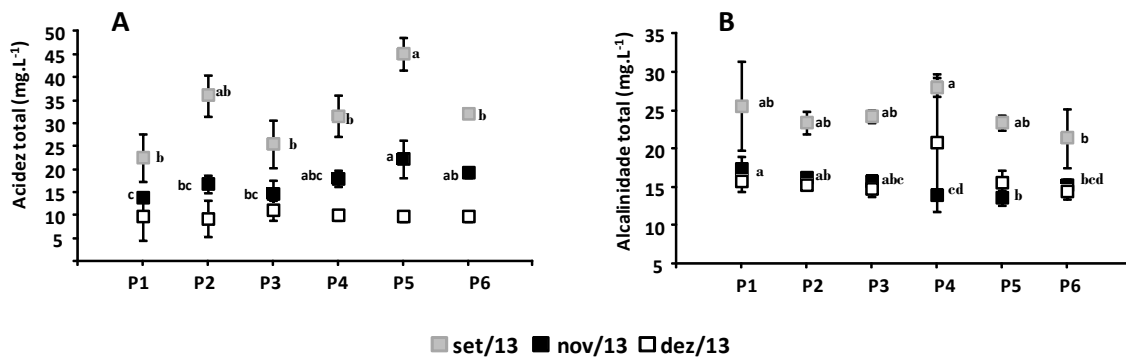


**Gráfico 9.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de fósforo dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Os valores de mínimo e máximo de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 25,50 no P1 e P3 e 45,00 no P5, respectivamente havendo diferença significativa entre os pontos ficando  $\text{P5} \geq \text{P2} \geq \text{P1}$ ,  $\text{P3}$ ,  $\text{P4}$  e  $\text{P6}$ . No mês de novembro o menor valor de acidez total foi de 13,80 no P1 e o maior de 22,20 no P5. Houve diferença estatística entre a média dos seis pontos, ficando  $\text{P5} \geq \text{P6}$  e  $\text{P4} \geq \text{P2}$  e  $\text{P3} \geq \text{P1}$ . No mês de dezembro não houve diferença entre os pontos, mas o menor valor foi de 9,30 no P2 e o maior de 11,10 no P3. O gráfico 10 A apresenta os valores de acidez total, de modo geral podemos verificar que os valores de acidez total foram diminuindo de setembro para novembro e de novembro para dezembro nos seis pontos.

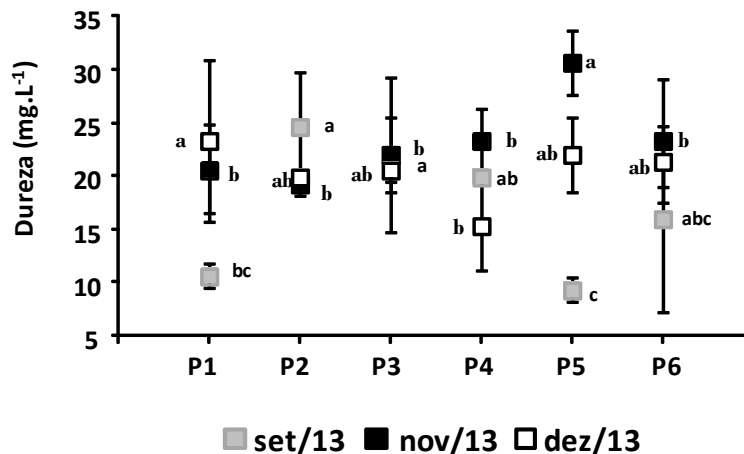
Os valores de mínimo e máximo de alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) medidos no mês de setembro foram de 21,50 no P6 e 28,06 no P4, respectivamente havendo diferença significativa entre os pontos ficando  $\text{P4} \geq \text{P1}$ ,  $\text{P2}$ ,  $\text{P3}$  e  $\text{P5} \geq \text{P6}$ . No mês de novembro o menor valor de acidez total foi de 13,56 no P5 e o maior de 17,43 no P1. Houve diferença estatística entre a média dos seis pontos, ficando  $\text{P1} \geq \text{P2}$  e  $\text{P3} \geq \text{P4}$  e  $\text{P6} \geq \text{P5}$ . No mês de dezembro não houve diferença entre os pontos, mas o menor valor foi de 14,53 no P6 e o maior de 20,76 no P4. O gráfico 10 B

apresenta os valores de alcalinidade total, de modo geral podemos verificar que os valores de alcalinidade total em setembro foram superiores aos de novembro e dezembro nos seis pontos.



**Gráfico 10 A e B.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de **A:** acidez total (mg.L<sup>-1</sup>); **B:** alcalinidade total (mg.L<sup>-1</sup>), coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

Os valores de mínimo e máximo de dureza (mg.L<sup>-1</sup>) medidos no mês de setembro foram de 9,33 no P5 e 24,66 no P2, respectivamente havendo diferença significativa entre os pontos ficando P2 e P3  $\geq$  P4 e P6  $\geq$  P1 > P5. No mês de novembro o menor valor de dureza foi de 20,66 no P1 e o maior de 30,66 no P5. Houve diferença estatística entre a média dos seis pontos, ficando P1  $\geq$  P2, P3, P4, P5 e P6. No mês de dezembro houve diferença entre os pontos sendo o menor valor foi de 15,33 no P4 e o maior de 23,33 no P1 e P1  $\geq$  P2, P3, P5 e P6  $\geq$  P4. O gráfico 11 apresenta os valores de dureza.



**Gráfico 11.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de dureza (mg.L<sup>-1</sup>) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2013.

**Tabela 7.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - setembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
pH	6,86 <sup>ab</sup>	$\pm 0,05$	6,72 <sup>b</sup>	$\pm 0,18$	6,84 <sup>ab</sup>	$\pm 0,05$	6,90 <sup>ab</sup>	$\pm 0,05$	6,87 <sup>ab</sup>	$\pm 0,15$	7,00 <sup>a</sup>	$\pm 0,05$	1,54
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	24,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	24,20 <sup>a</sup>	$\pm 0,00$	24,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	24,30 <sup>a</sup>	$\pm 0,01$	24,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	24,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	0,23
Oxigênio dissolvido (ppm)	7,33 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	7,71 <sup>a</sup>	$\pm 0,01$	7,15 <sup>c</sup>	$\pm 0,01$	6,03 <sup>f</sup>	$\pm 0,01$	6,99 <sup>d</sup>	$\pm 0,01$	6,71 <sup>c</sup>	$\pm 0,01$	0,11
DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	12,43 <sup>d</sup>	$\pm 1,77$	15,76 <sup>c</sup>	$\pm 0,86$	22,06 <sup>a</sup>	$\pm 2,67$	20,41 <sup>a</sup>	$\pm 0,70$	19,47 <sup>ab</sup>	$\pm 1,08$	16,89 <sup>bc</sup>	$\pm 0,70$	8,29
$\text{DBO}_5$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )*	2,00		2,50		8,00		7,00		8,50		7,00		
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )	20,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	20,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	20,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	33,33 <sup>a</sup>	$\pm 5,77$	20,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	20,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	10,60
Transparência (m)*	2,46		2,59		2,24		2,79		2,46		2,35		
Turbidez (UNT)	0,53	$\pm 0,04$	0,59	$\pm 0,01$	0,58	$\pm 0,06$	0,56	$\pm 0,05$	0,55	$\pm 0,05$	0,57	$\pm 0,05$	7,84

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1

**Tabela 8.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - setembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	25,50 <sup>b</sup>	$\pm 5,20$	36,00 <sup>ab</sup>	$\pm 4,50$	25,50 <sup>b</sup>	$\pm 5,20$	31,50 <sup>b</sup>	$\pm 4,50$	45,00 <sup>a</sup>	$\pm 3,50$	32,10 <sup>b</sup>	$\pm 1,04$	20,55
Alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	25,53 <sup>ab</sup>	$\pm 5,79$	23,36 <sup>ab</sup>	$\pm 1,45$	24,20 <sup>ab</sup>	$\pm 0,87$	28,06 <sup>a</sup>	$\pm 1,16$	23,40 <sup>ab</sup>	$\pm 1,00$	21,50 <sup>b</sup>	$\pm 3,81$	12,23
Dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	10,66 <sup>bc</sup>	$\pm 1,15$	24,66 <sup>a</sup>	$\pm 5,03$	22,00 <sup>a</sup>	$\pm 7,21$	20,00 <sup>ab</sup>	$\pm 0,00$	9,33 <sup>c</sup>	$\pm 1,15$	16,00 <sup>bc</sup>	$\pm 8,72$	29,79

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1

**Tabela 9.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 18 de setembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - setembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,02	$\pm 0,01$	0,28	$\pm 0,35$	0,23	$\pm 0,00$	0,23	$\pm 0,01$	0,21	$\pm 0,01$	0,08	$\pm 0,01$	80,24
Nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		
Nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	2,83	$\pm 0,35$	4,45	$\pm 0,70$	3,24	$\pm 0,93$	3,24	$\pm 1,95$	4,05	$\pm 0,35$	3,44	$\pm 0,93$	28,84
Nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	2,63	$\pm 0,35$	2,43	$\pm 0,00$	2,83	$\pm 0,35$	1,82	$\pm 1,22$	2,63	$\pm 1,86$	2,83	$\pm 0,93$	39,58
Fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,13	$\pm 0,13$	0,08	$\pm 0,02$	0,08	$\pm 0,05$	0,16	$\pm 0,10$	0,07	$\pm 0,03$	0,05	$\pm 0,02$	76,55
Fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,60 <sup>ab</sup>	$\pm 0,00$	0,70 <sup>a</sup>	$\pm 0,09$	0,65 <sup>ab</sup>	$\pm 0,09$	0,60 <sup>ab</sup>	$\pm 0,15$	0,50 <sup>b</sup>	$\pm 0,09$	0,60 <sup>ab</sup>	$\pm 0,00$	14,23
Fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	60,0	$\pm 0,04$	40,0	$\pm 0,00$	50,0	$\pm 0,02$	60,0	$\pm 0,02$	60,0	$\pm 0,04$	40,0	$\pm 0,00$	41,09

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1; nd = não detectado

**Tabela 10.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - novembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
pH	6,80 <sup>a</sup>	$\pm 0,04$	6,69 <sup>bc</sup>	$\pm 0,02$	6,71 <sup>ab</sup>	$\pm 0,08$	6,76 <sup>a</sup>	$\pm 0,13$	6,57 <sup>c</sup>	$\pm 0,05$	6,61 <sup>bc</sup>	$\pm 0,03$	1,01
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	27,36 <sup>bc</sup>	$\pm 0,15$	27,00 <sup>d</sup>	$\pm 0,26$	27,13 <sup>cd</sup>	$\pm 0,12$	27,06 <sup>cd</sup>	$\pm 0,06$	27,50 <sup>b</sup>	$\pm 0,17$	27,96 <sup>a</sup>	$\pm 0,15$	0,60
Oxigênio dissolvido (ppm)	5,34 <sup>c</sup>	$\pm 0,04$	5,95 <sup>a</sup>	$\pm 0,23$	5,85 <sup>ab</sup>	$\pm 0,26$	6,12 <sup>a</sup>	$\pm 0,33$	5,41 <sup>bc</sup>	$\pm 0,28$	5,99 <sup>a</sup>	$\pm 0,09$	4,59
DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	15,36 <sup>c</sup>	$\pm 0,74$	18,19 <sup>bc</sup>	$\pm 2,00$	23,16 <sup>a</sup>	$\pm 0,81$	22,44 <sup>a</sup>	$\pm 1,96$	20,79 <sup>ab</sup>	$\pm 2,28$	17,96 <sup>bc</sup>	$\pm 1,53$	8,44
$\text{DBO}_5$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3,35		11,35		1,95		8,25		11,45		21,80		
Clorofila - a	0,02	$\pm 0,01$	0,01	$\pm 0,01$	0,01	$\pm 0,01$	0,00	$\pm 0,01$	0,03	$\pm 0,02$	0,02	$\pm 0,00$	70,68
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )	25,33 <sup>bc</sup>	$\pm 1,15$	26,33 <sup>ab</sup>	$\pm 0,58$	26,00 <sup>ab</sup>	$\pm 0,00$	26,33 <sup>ab</sup>	$\pm 0,58$	27,21 <sup>a</sup>	$\pm 1,06$	24,66 <sup>c</sup>	$\pm 0,58$	2,92
Transparência (m)	2,93		3,93		3,93		4,93		4,93		5,93		
Cor	14,00 <sup>a</sup>	$\pm 1,00$	13,83 <sup>a</sup>	$\pm 1,04$	13,33 <sup>a</sup>	$\pm 1,44$	13,00 <sup>ab</sup>	$\pm 0,50$	11,66 <sup>b</sup>	$\pm 0,29$	16,66 <sup>a</sup>	$\pm 0,29$	6,59
Turbidez (UNT)	2,93 <sup>b</sup>	$\pm 0,05$	2,74 <sup>c</sup>	$\pm 0,09$	2,40 <sup>d</sup>	$\pm 0,11$	2,27 <sup>e</sup>	$\pm 0,06$	2,46 <sup>d</sup>	$\pm 0,06$	3,22 <sup>a</sup>	$\pm 0,08$	2,83

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1.

**Tabela 11.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - novembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	13,80 <sup>c</sup>	$\pm 0,52$	16,80 <sup>bc</sup>	$\pm 1,87$	14,70 <sup>bc</sup>	$\pm 2,89$	18,00 <sup>ab</sup>	$\pm 1,80$	22,20 <sup>a</sup>	$\pm 4,16$	19,20 <sup>ab</sup>	$\pm 1,04$	13,59
Alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	17,43 <sup>a</sup>	$\pm 1,63$	16,20 <sup>ab</sup>	$\pm 0,61$	15,80 <sup>ab</sup>	$\pm 0,62$	14,03 <sup>cd</sup>	$\pm 0,68$	13,56 <sup>d</sup>	$\pm 0,98$	15,26 <sup>cd</sup>	$\pm 0,76$	6,17
Dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	20,66 <sup>b</sup>	$\pm 4,16$	19,33 <sup>b</sup>	$\pm 1,15$	22,00 <sup>b</sup>	$\pm 3,46$	23,33 <sup>b</sup>	$\pm 3,06$	30,66 <sup>a</sup>	$\pm 3,06$	23,33 <sup>b</sup>	$\pm 5,77$	15,91

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1.

**Tabela 12.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 22 de novembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - novembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,24 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	0,27 <sup>a</sup>	$\pm 0,02$	0,21 <sup>c</sup>	$\pm 0,01$	0,20 <sup>c</sup>	$\pm 0,01$	0,17 <sup>d</sup>	$\pm 0,01$	0,27 <sup>a</sup>	$\pm 0,01$	5,84
Nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		
Nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	7,35 <sup>a</sup>	$\pm 0,04$	6,34 <sup>bc</sup>	$\pm 0,35$	7,14 <sup>ab</sup>	$\pm 0,35$	7,75 <sup>a</sup>	$\pm 0,35$	6,33 <sup>bc</sup>	$\pm 0,70$	6,13 <sup>c</sup>	$\pm 0,61$	7,53
Nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	4,86 <sup>a</sup>	$\pm 1,21$	2,63 <sup>b</sup>	$\pm 0,7$	3,24 <sup>b</sup>	$\pm 0,7$	2,02 <sup>b</sup>	$\pm 0,35$	2,22 <sup>b</sup>	$\pm 0,35$	2,23 <sup>b</sup>	$\pm 0,93$	26,89
Fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,65	$\pm 0,23$	0,70	$\pm 0,31$	0,65	$\pm 0,09$	0,50	$\pm 0,09$	0,55	$\pm 0,09$	0,70	$\pm 0,09$	27,71
Fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-
Fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-	$\pm$	-

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1; nd = não detectado

**Tabela 13.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ;  $\text{mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ), transparência (m) e turbidez (UNT) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - dezembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
pH	7,03 <sup>a</sup>	$\pm 0,02$	6,92 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	6,95 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	6,87 <sup>c</sup>	$\pm 0,03$	6,93 <sup>b</sup>	$\pm 0,01$	6,83 <sup>d</sup>	$\pm 0,03$	0,31
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,56 <sup>c</sup>	$\pm 0,06$	29,50 <sup>a</sup>	$\pm 0,10$	27,40 <sup>d</sup>	$\pm 0,17$	29,46 <sup>a</sup>	$\pm 0,12$	29,20 <sup>b</sup>	$\pm 0,10$	27,02 <sup>e</sup>	$\pm 0,07$	0,38
Oxigênio dissolvido (ppm)	7,47 <sup>a</sup>	$\pm 0,06$	6,70 <sup>b</sup>	$\pm 0,07$	7,35 <sup>a</sup>	$\pm 0,51$	6,72 <sup>b</sup>	$\pm 0,26$	7,31 <sup>a</sup>	$\pm 0,33$	6,55 <sup>b</sup>	$\pm 0,41$	4,54
DQO ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	19,38 <sup>b</sup>	$\pm 0,36$	21,74 <sup>b</sup>	$\pm 1,91$	26,94 <sup>a</sup>	$\pm 1,13$	26,46 <sup>a</sup>	$\pm 2,08$	25,75 <sup>a</sup>	$\pm 1,87$	21,05 <sup>b</sup>	$\pm 0,14$	6,21
$\text{DBO}_5$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	4,25		10,40		0,30		0,45		7,0		1,45		
Clorofila - a	0,02 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	0,04 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	0,06 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	0,09 <sup>a</sup>	$\pm 0,01$	0,05 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	0,03 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	34,30
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )	24,66 <sup>b</sup>	$\pm 0,58$	24,00 <sup>c</sup>	$\pm 0,00$	25,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	26,00 <sup>a</sup>	$\pm 0,00$	25,00 <sup>b</sup>	$\pm 0,00$	26,00 <sup>a</sup>	$\pm 0,00$	0,93
Transparência (m)	3,26		3,13		2,68		2,71		2,83		2,77		
Cor	7,66 <sup>b</sup>	$\pm 0,29$	9,33 <sup>a</sup>	$\pm 0,76$	9,16 <sup>a</sup>	$\pm 0,76$	9,33 <sup>a</sup>	$\pm 1,44$	9,66 <sup>a</sup>	$\pm 0,58$	6,16 <sup>b</sup>	$\pm 0,29$	8,89
Turbidez (UNT)	2,69 <sup>b</sup>	$\pm 0,02$	2,44 <sup>c</sup>	$\pm 0,14$	2,74 <sup>b</sup>	$\pm 0,11$	2,71 <sup>b</sup>	$\pm 0,03$	2,79 <sup>b</sup>	$\pm 0,05$	2,96 <sup>a</sup>	$\pm 0,02$	2,87

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1.

**Tabela 14.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - dezembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Acidez total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	9,60	$\pm 4,96$	9,30	$\pm 4,06$	11,10	$\pm 2,26$	9,90	$\pm 0,90$	9,60	$\pm 1,04$	9,60	$\pm 1,04$	29,05
Alcalinidade total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	15,83	$\pm 1,46$	15,30	$\pm 0,44$	14,80	$\pm 1,00$	20,76	$\pm 8,99$	15,43	$\pm 1,66$	14,53	$\pm 1,15$	23,79
Dureza ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	23,33 <sup>a</sup>	$\pm 7,57$	20,00 <sup>ab</sup>	$\pm 0,00$	20,66 <sup>ab</sup>	$\pm 1,15$	15,33 <sup>b</sup>	$\pm 4,16$	22,00 <sup>ab</sup>	$\pm 3,46$	21,36 <sup>ab</sup>	$\pm 2,31$	19,29

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1; nd = não detectado.

**Tabela 15.** Valores médios  $\pm$  desvio padrão de nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) coletados nos pontos amostrais das Plataformas de 1 a 6 (P1 a P6, respectivamente) no dia 09 de dezembro de 2013.

Variáveis	Pontos coletados - dezembro 2013												
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		cv %
Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,16 <sup>a</sup>	$\pm 0,01$	0,14 <sup>ab</sup>	$\pm 0,05$	0,11 <sup>ab</sup>	$\pm 0,02$	0,13 <sup>ab</sup>	$\pm 0,02$	0,15 <sup>a</sup>	$\pm 0,03$	0,09 <sup>b</sup>	$\pm 0,03$	22,77
Nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		-
Nitrogênio total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	2,02	$\pm 0,35$	2,63	$\pm 0,35$	2,63	$\pm 0,35$	2,63	$\pm 0,70$	1,82	$\pm 0,61$	2,63	$\pm 0,70$	22,40
Nitrogênio amoniacal ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,81	$\pm 0,35$	1,84	$\pm 0,35$	1,42	$\pm 0,35$	1,41	$\pm 0,70$	0,61	$\pm 0,00$	1,41	$\pm 0,70$	39,95
Fosfato total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		
Fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		
Fósforo dissolvido ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	nd		nd		nd		nd		nd		nd		

Médias com letras diferentes na linha não diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ). N = 3, exceto para\* onde N = 1; nd = não detectado.



---

**ATIVIDADE:**

- 4.3 **Amostragem de sedimento/concentrações de metais:** verificar através da coleta de sedimentos as concentrações dos metais arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio e zinco. Os mesmos metais serão determinados na água e nos peixes coletados. Periodicidade: trimestral
- 

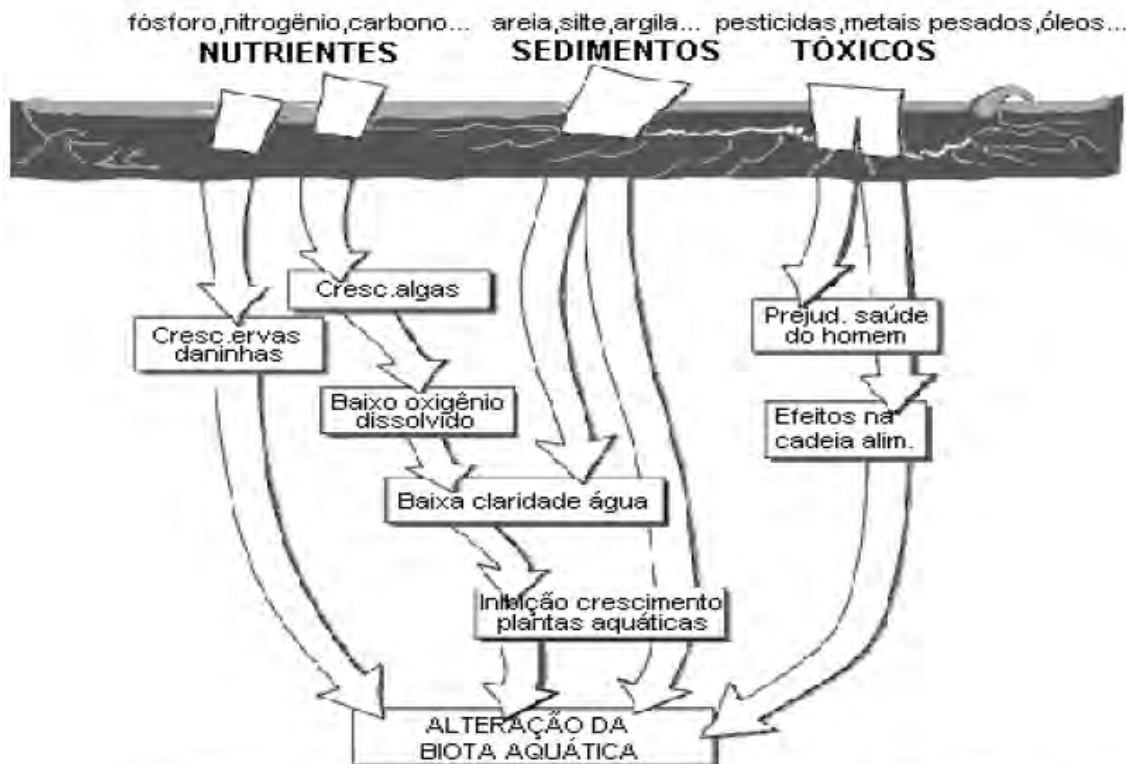
**RESULTADOS 4.3**

Os sedimentos de ambientes aquáticos (especialmente os Lênticos e Límnicos) constituem-se num compartimento de grande importância devido a capacidade de acúmulo e armazenamento de nutrientes, e de contaminantes. No sedimento da bacia de drenagem, ocorre o reprocessamento dos materiais autóctones, através de processos diagenéticos e de trocas de espécies químicas com a coluna d'água e biota aquática. Os sedimentos são constituídos de partículas de grande variedade de tamanho, formas geométricas e composição química que são transportados pela água, ar ou gelo dos pontos de origem nos ambientes terrestres e, posteriormente, depositados nos fundos dos rios (dominantemente em locais de correnteza baixa ou nula), lagos, represas, áreas alagáveis (costeiras ou continentais) e oceanos. Além dessas origens, os sedimentos contêm materiais precipitados por um grande número de processos químicos e biológicos, sendo que a proporção de partículas autóctones e alóctones varia grandemente entre diferentes ambientes. A partição de nutrientes e contaminantes, sejam estes íons metálicos ou compostos orgânicos apolares, determinam a distribuição dessas espécies predominantemente nas superfícies das partículas da fase sólida (ou seja, no particulado suspenso, em deposição ou já depositado no fundo do ambiente aquático) (Mozeto et al., 2006). Perfis de concentração de nutrientes e de metais têm sido extensivamente usados para determinação de gradientes dessas espécies químicas na interface sedimentos-coluna d'água e de cálculos de fluxos ascendentes e descendentes (Mozeto et al., 2006).

Os principais agentes de deterioração da qualidade das águas armazenadas em lagos e reservatórios, a partir dos elementos orgânicos e inorgânicos conservados na área inundada ou introduzidos durante e após a inundação, apresentados na Figura 7, são:

- Carreamento de nutrientes das habitações pelos esgotos e do solo agrícola pelas enxurradas, respectivamente (em especial o fósforo, nitrogênio e carbono);
- Transporte de sedimentos da bacia de drenagem (areia, silte e argila) e decomposição da matéria orgânica de plantas e animais (algas, plâncton, etc.) existentes no próprio lago/reservatório; e

- Introdução de produtos tóxicos (pesticidas e metais pesados), organolépticos (clorofenóis) e seres patogênicos, pelo ar, pelos esgotos e pela chuva (ácido sulfúrico, mercúrio, etc.).



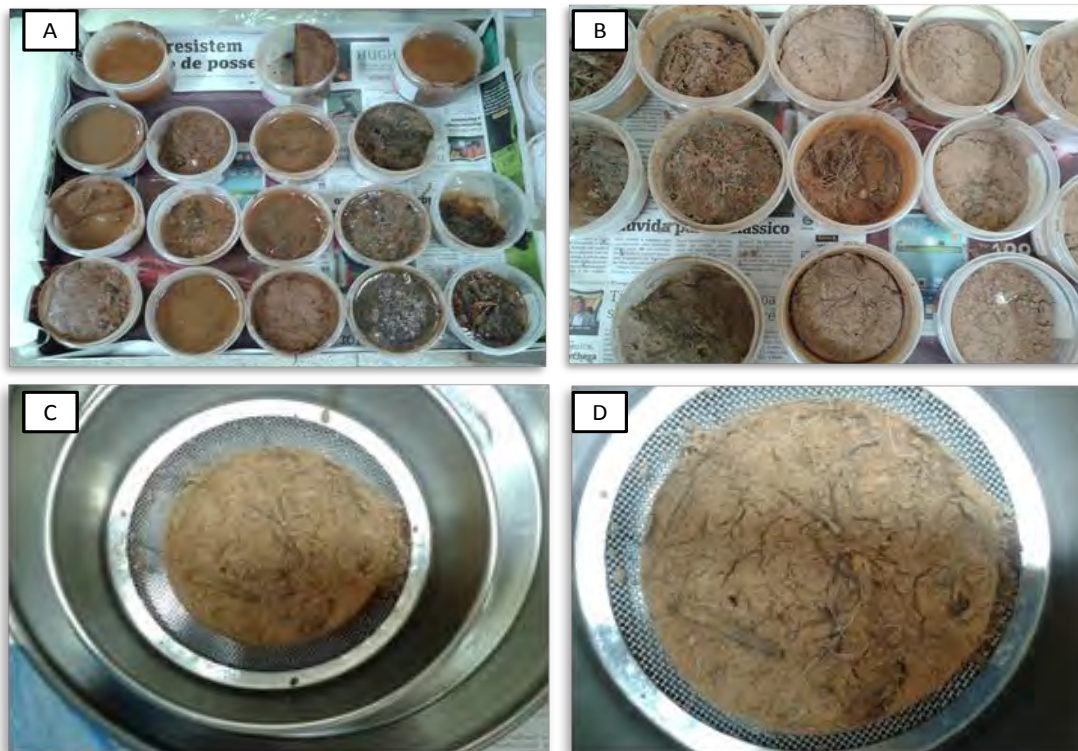
**Figura 7** - Representação esquemática de alteração da qualidade de lagos e reservatórios. (Martins, 2008).

Foram realizadas 3 coletas em maio de 2012, agosto e outubro de 2013, nos quatro braços que compõem a área objeto de estudo. Seguindo a metodologia adotada nas demais atividades do Projeto as coletas de sedimento foram realizadas sob as Plataformas de monitoramento. As coletas foram realizadas com uso de Draga de Eckman sob os tanques de produção de peixes para caracterização das amostras. Depois as amostras foram secas, moídas para a aplicação do procedimento de extração sequencial (Figura 8). Os elementos extraídos nas diferentes etapas do processo foram analisados por Espectrometria de Absorção Atômica (F-AAS).

Os objetivos específicos foram:

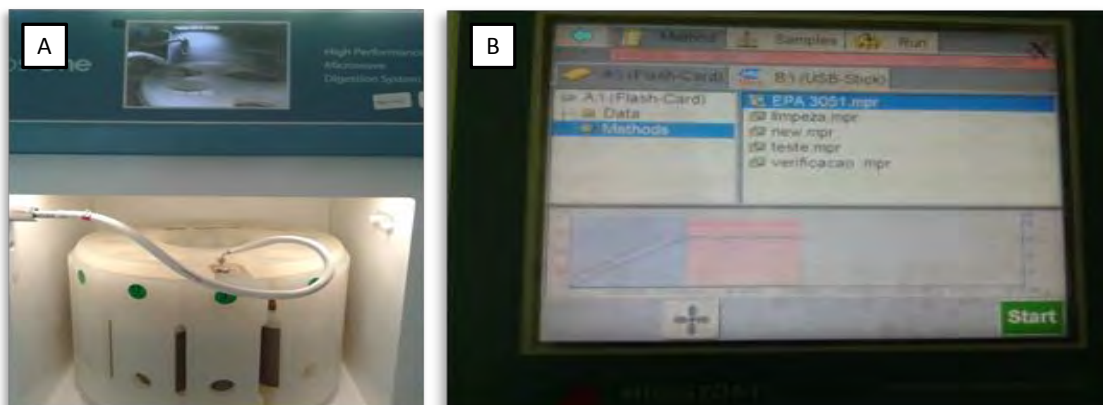
- Determinação da concentração dos metais potencialmente tóxicos Cd, Pb, Cu e Zn nas amostras de sedimento e peixes;

Determinação da concentração de metais nos diferentes compartimentos dos sedimentos de fundo do Reservatório, utilizando o método de extração sequencial, com o intuito de avaliar a dinâmica destes elementos no ambiente estudado.



**Figura 8.** A - O sedimento ao chegar no laboratório; B - Sedimento depois de seco na estufa; C e D - Após a secagem, a parte vegetal presente nas amostras foram separadas das amostras de sedimento por peneiramento.

Na sequência, o sedimento foi moído para a realização da digestão e aplicação do método da extração sequencial, como apresentado na Figura 9. As amostras foram digeridas em forno de microondas seguindo o protocolo da EPA 3051.



**Figura 9.** A - amostras sendo digeridas no microondas; B - seleção da metodologia EPA 3051, para a realização da digestão, sendo pesado 0,5 g de amostra e 10 ml de ácido Nítrico .

Após adição das soluções extratoras, seguindo o protocolo proposto pela BCR por Quevauviller et al. (1994), foi realizado processo de extração sequencial para determinação de Cd, Cu, Pb e Zn. Este protocolo consiste na extração de metais em 3 etapas, seguida pela digestão total dos resíduos. Cada amostra foi separada em 3 subamostra de 1,0 g cada para em seguida ser feita as extrações, depois foi necessário fazer a digestão parcial dessas amostras para a verificação dos resultados.

Foi feita extração das frações trocáveis e solúveis em ácido fraco. Nestes estão incluídos os metais fracamente absorvidos retidos na superfície do sedimento por interação eletrostática, os metais que podem ser liberados por troca iônica e os metais que podem ser coprecipitados com os carbonatos presentes no sedimento. Portanto, a extração dos metais nesta fração se deve as mudanças na composição iônica do sedimento, as quais, influenciam as reações de adsorção e desorção dos metais e, conseqüentemente, o abaixamento do pH pode causar a remobilização dos mesmos.

Extração da fração do sedimento onde estão os metais ligados aos óxidos de ferro e de manganês. Estes óxidos são instáveis em condições de redução. Desta forma, as extrações nesta etapa são geradas pelas mudanças no potencial de oxidoredução, induzindo a dissolução destes óxidos e liberando os metais traços adsorvidos nesta fração do sedimento. E uma terceira etapa para extração dos metais ligados à matéria orgânica e aos sulfetos. A degradação da matéria orgânica em condições de oxidação induzem a liberação dos metais solúveis ligados a este componente. Os metais ligados aos sulfetos, também, podem ser extraídos durante esta etapa. Posteriormente foi realizada a etapa de determinação analisadas por FAAS para a determinação de Cd, Cu, Pb e Zn.

As amostras de sedimentos foram digeridas, no entanto as análises não foram realizada. Os metais nas amostras de sedimento foram extraídos utilizado o método da extração sequencial e analisados por FAAS, no entanto os elementos proposto para análise, Cd, Cu, Pb e Zn estão presentes nas amostras em concentrações menores que o limite de detecção do equipamento. Por este motivo, as amostras serão analisadas novamente por ICP-MS no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), Universidade de São Paulo, São Paulo.

Devido a um problema operacional, não foi possível ser realizada a amostragem da água. Na próxima coleta, as amostras de água serão amostradas concomitantemente com as de sedimento, o que permitirá uma análise conjunta dos fatores influenciados na laminada de água e no sedimento de fundo do Reservatório.

Etapas futuras:

- Procedimento de digestão das amostras de plasma e file de peixe pelo microondas conforme a EPA 3051. (as amostras de plasma conforme atividade 4.4)
- Procedimento de extração sequencial do sedimento (2° e 3° coletas), para a determinação dos teores dos metais.
- Determinação de Carbono e Nitrogênio das amostras de sedimento.
- Determinação das concentrações de Cd, Cu, Pb e Zn nas amostras de águas, coletadas na primeiras coletas

---

#### ATIVIDADE:

4.4 **Amostragem biótica:** serão coletados exemplares de peixes aleatoriamente para análise de pesticidas (organoclorados e organofosforados) e de biomarcadores fisiológicos. Periodicidade: trimestral

---

#### RESULTADOS 4.4

##### Amostragem biótica

As amostras bióticas foram realizadas com os peixes de cultivo na área objeto de estudo e foram realizadas para avaliação de variáveis fisiológicas e bioquímicas, hematológicas e de resíduos de pesticidas. Foram realizadas duas coletas sendo a primeira de 16 a 19/04/2013 e a segunda de 19 a 21/11/2013.

Foram coletados cerca de 30 exemplares de peixe em cada coleta, 10 de cada produtor. As pisciculturas amostradas estão na área objeto de estudo. Foram realizadas coletas de peixes nos Braços 2 (B2), 3 (B3) e 4 (B4), da área objeto de estudo. Não foram coletas amostras no Braço 1, pois neste braço não há produção. Todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comitê de ética de uso animal-CEUA. Embrapa Meio Ambiente, conforme parecer n 002/2013.

Os peixes foram capturados com puçás, colocados em baldes com água e anestesiados com benzocaína (65 mg.L<sup>-1</sup>). Após a insensibilização dos animais foram aferidos os dados de comprimento total (cm), comprimento parcial (cm) e peso total (g), com uso de balança analítica GEHAKA, modelo BG4400. O sangue foi coletado por punção caudal, por meio de seringas heparinizadas para posterior análise. Após a coleta de sangue os peixes foram sacrificados por

secção medular para retirada das vísceras, por abertura ventral, para obtenção do peso visceral (g) e peso do fígado (g), obtendo assim, o índice víscerosomático (IVS) e o índice hepatossomático (IHS). Parte do sangue coletado foi imediatamente congelados em botijão criogênico para posterior armazenamento em freezer -80°C para posterior análise da concentração de metais. Os fígados e brânquias coletados foram lavados em solução salina 0,9% NaCl e imediatamente congelados em botijão criogênico para posterior armazenamento em freezer -80°C.

Para realização da análise de resíduos de pesticidas organoclorados e organofosforados foram coletados 3 peixes de cada propriedade. Após serem retirados da água, os peixes foram anestesiados com benzcaína (650 mg.10L<sup>-1</sup> de água) e após insensibilização o peixes foram abatidos por secção cervical. Foram retirados os filés e imediatamente congelados para posterior transferência para o Laboratório de Resíduos e Contaminantes, da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Para avaliações morfofuncionais das brânquias após a remoção cirúrgica as mesmas foram armazenadas em formol a 10%, sendo transportadas para o Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos (UNIFEOB, São João da Boa Vista, SP) onde foram processadas pela técnica rotineira de inclusão em parafina, fotografadas e analisadas microscopicamente.

### **Qualidade da água**

Durante a primeira coleta, os parâmetros físicos e químicos da qualidade da água foram mensurados por meio de sonda multiparâmetros, modelo HORIBA U-10, para obtenção dos valores de pH, condutividade (mS/cm), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>), temperatura (°C) e salinidade (%). Amostras de água também foram coletadas em frascos de plástico para análises químicas, visando a determinação de nitrito (mg.L<sup>-1</sup>), nitrato (mg.L<sup>-1</sup>), amônia (mg.L<sup>-1</sup>) e fósforo total (mg.L<sup>-1</sup>), de acordo com o método espectrofotométrico HACH DR/2000, nas dependências do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, Embrapa Meio Ambiente.

No momento das coletas os animais apresentavam aparência sadia. Os dados da qualidade da água de pH, condutividade (mS/cm), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg.L<sup>-1</sup>), temperatura (°C), nitrito (mg.L<sup>-1</sup>), nitrato (mg.L<sup>-1</sup>), amônia (mg.L<sup>-1</sup>) e fósforo total (mg.L<sup>-1</sup>) da água do local de cultivo das tilápias nas três propriedades, estão apresentados na Tabela 16. De modo geral os dados médios de temperatura da água das pisciculturas estudadas foram de 26,26 ± 0,62 °C, o de nitrito 8,25 ± 1,80 mg.L<sup>-1</sup>, o de amônia 0,07 ± 0,05 mg.L<sup>-1</sup> e o de fósforo total 1,74 ± 0,21 mg.L<sup>-1</sup>. No presente trabalho não foram constatadas variações no pH, no oxigênio dissolvido, na condutividade e nas concentrações de nitrito, de amônia e de fósforo total entre as propriedades

avaliadas. Por outro lado a piscicultura B apresentou temperatura menor e turbidez maior quando comparadas as pisciculturas A e C. Em relação à concentração de nitrato, verificamos que a propriedade A apresentou maior concentração em relação a C, enquanto que a propriedade B apresentou concentração de nitrato semelhante às demais propriedades. Os valores da qualidade da água do local de cultivo das tilápias nas três propriedades permaneceram dentro dos padrões aceitáveis para a aquicultura, segundo Boyd & Tucker (1998).

Os dados de peso vivo (PV), comprimento total (CT), comprimento parcial (CP), peso vísceras (PVS), peso fígado (PF), IHS e IVS são apresentados na Tabela 17. A propriedade A apresentou valores superiores de PV, CT, CP e PVS, em relação aos apresentados na propriedade B. A piscicultura C apresentou valores semelhantes desses mesmos parâmetros aos demonstrados em A e B. Apesar das diferenças encontradas nos dados zootécnicos, não foram verificadas variações de PVS, IHS e IVS entre as pisciculturas. As diferenças correspondem, portanto a fase de desempenho dos animais. Os parâmetros de peso e comprimento podem ser influenciados pela quantidade de ração consumida, uma vez que sua eficiência nutricional pode ser influenciada pela qualidade do alimento, qualidade da água, densidade de estocagem, temperatura da água e nível de arraçoamento (Marengoni, 2006).

**Tabela 16** - Dados de média e desvio padrão de pH, condutividade ( $\text{mS.cm}^{-1}$ ), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), amônia ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e fósforo total ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) da água de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.

Variáveis	N	Propriedade		
		B2	B3	B4
pH	3	$5,72 \pm 0,54$	$5,79 \pm 0,67$	$6,09 \pm 0,12$
Condutividade ( $\text{mS.cm}^{-1}$ )	3	$0,039 \pm 0,016$	$0,033 \pm 0,002$	$0,035 \pm 0,005$
Turbidez (NTU)	3	$11 \pm 1^b$	$17 \pm 2^a$	$12 \pm 1^b$
Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3	$8,61 \pm 0,66$	$7,43 \pm 0,83$	$8,83 \pm 2,01$
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	3	$27,28 \pm 0,73^a$	$24,66 \pm 0,47^b$	$26,85 \pm 0,66^a$
Nitrito ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	9	$7,70 \pm 1,91$	$8,80 \pm 1,70$	$8,25 \pm 1,81$
Nitrato ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	9	$2,20 \pm 0,00^a$	$2,01 \pm 0,24^{ab}$	$1,76 \pm 0,00^b$
Amônia ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	9	$0,01 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,03$	$0,17 \pm 0,13$
Fósforo Total ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	9	$2,32 \pm 0,10$	$1,95 \pm 0,28$	$0,97 \pm 0,27$

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de  $p < 0,05$ .

**Tabela 17** - Dados de média e desvio padrão (N = 10) de peso vivo (PV; g), comprimento total (CT; cm), comprimento parcial (CP; cm), peso das vísceras (PVS; g), peso do fígado (PF; g), Índice Hepatossomático (IHS; %) e Índice Viscerssomático (IVS; %) das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé/MG.

Desempenho Zootécnico	Propriedade		
	B2	B3	B4
PV (g)	699,89 ± 182,91 <sup>a</sup>	420,21 ± 109,86 <sup>b</sup>	539,92 ± 248,83 <sup>ab</sup>
CT (cm)	30,10 ± 2,92 <sup>a</sup>	26,40 ± 1,29 <sup>b</sup>	29,05 ± 4,55 <sup>ab</sup>
CT (cm)	24,80 ± 2,37 <sup>a</sup>	21,70 ± 1,14 <sup>b</sup>	24,50 ± 3,89 <sup>ab</sup>
PVS (g)	66,11 ± 20,62	48,56 ± 20,31	59,60 ± 20,98
PF (g)	10,80 ± 4,93 <sup>a</sup>	5,86 ± 2,22 <sup>b</sup>	10,34 ± 4,83 <sup>ab</sup>
IHS (%)	1,57 ± 0,64	1,45 ± 0,56	2,06 ± 0,75
IVS (%)	9,43 ± 1,30	11,49 ± 2,64	11,68 ± 2,91

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de  $p < 0,05$ .

#### 4.4.2 Avaliação de variáveis fisiológicas para o biomonitoramento da aquicultura.

##### 4.4.2.1 Análises bioquímicas e hematológicas

Com o rápido avanço das atividades aquícolas de forma desordenada podem surgir problemas ambientais. Tornando-se uma preocupação constante, já que a qualidade e saúde do peixe são influenciadas pela qualidade da água. Condições inadequadas de qualidade da água afetam negativamente a saúde dos peixes, a reprodução, o consumo de alimento e, conseqüentemente, prejudicam o crescimento, além de influenciar nos níveis de estresse e incidência de enfermidades e mortalidade, contribuindo assim, para a variabilidade dos parâmetros hematológicos em peixes (Camargo et al., 2005). Assim a necessidade do controle da qualidade de água é imprescindível para o desenvolvimento sustentável da aquicultura.

O levantamento dos parâmetros hematológicos permite avaliar as respostas dos peixes a condições adversas do ambiente quando avaliados em conjunto com a qualidade da água. Possibilitando assim, a adoção de medidas para correção da qualidade da água, bem como o uso de Boas Práticas de Manejo.

O setor aquícola necessita de informações sobre a identificação e controle de situações de estresse e enfermidades em peixes (Tavares-Dias & Moraes, 2003), sendo a hematologia um importante mecanismo para o diagnóstico do estado de saúde dos peixes. Estas avaliações permitem identificar as respostas dos peixes, a condições adversas do ambiente (Ishikawa et al., 2010), já que em sistemas de cultivo intensivo os peixes são expostos continuamente a situações de estresse, induzindo o animal a alterar suas respostas fisiológicas, a fim de se adaptar a novas situações (Falcon et al., 2008). A avaliação hematológica é necessária para se caracterizar



fisiologicamente uma espécie em seu ambiente natural e, auxiliar nos trabalhos de manejo, relacionando-os à presença de infestações ou infecções nos animais, ou mesmo as alterações ambientais (Ranzani-Paiva et al., 1999). Além de ser uma importante ferramenta para diagnóstico de saúde a hematologia pode ainda ser utilizada como biomarcador no monitoramento ambiental.

As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas. Tanto os sistemas antioxidantes de defesa quanto os danos oxidativos são usados como biomarcadores na avaliação toxicológica. São excelentes ferramentas para monitorar a saúde dos ecossistemas aquáticos e têm sido incluídos em vários programas modernos de monitoramento ambiental de países desenvolvidos (Walker et al., 1996). A identificação e avaliação de um conjunto mínimo de bioindicadores e biomarcadores, que possibilitem o monitoramento da aquicultura de forma efetiva, objetiva e viável, poderão servir de subsídio para a criação ou reformulação de políticas públicas adequadas ao monitoramento ambiental da aquicultura de forma a contribuir para a sustentabilidade dessa importante atividade produtiva. Nesta óptica de preservação, e por estarem relacionados às respostas primárias das células aos impactos recebidos do meio, os biomarcadores (bioquímicos e fisiológicos) são vistos como instrumentos eficientes de prevenção além de refletirem a qualidade dos recursos hídricos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a hematologia e os biomarcadores (atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT) e glutatona S-transferase (GST) e os níveis de metalotioneína (MT) e lipoperoxidação (LPO)) no fígado e nas brânquias de exemplares de tilápias do Nilo, provenientes de três pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé – MG. Os resultados foram comparados com os dados da qualidade da água a que os animais estavam expostos, para verificar possíveis relações entre os parâmetros avaliados e as condições do ambiente.

O hematócrito (Htc; %) foi determinado pelo método do microhematócrito e centrifugado em uma centrífuga de microhematócrito modelo NOVA INSTRUMENTS a 10.000 RPM por 5 minutos. As análises de eritrócitos (Eri;  $\times 10^{-6} \cdot \mu\text{L}^{-1}$ ) seguiram o método modificado de (OLIVEIRA et al., 2008). A contagem de eritrócitos foi realizada em câmara de Neubauer, por meio do microscópio óptico, modelo BIOVAL, com objetiva de 40 vezes. As análises de hemoglobina (Hb;  $\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ ) foram realizadas pelo método do cianeto de hemiglobina (HiCN) com Kit da Labtest Diagnóstica, Lagoa Santa, MG. A partir dos dados do eritrograma, calcularam-se os índices hematimétricos de Volume Corpuscular Médio (VCM; fL) e Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM; %). Para a contagem de leucócitos totais e diferenciação das células:

linfócitos (LØ;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), trombócitos (Trb;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), monócitos (MØ;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), neutrófilos (NØ;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), eosinófilos (EØ;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), basófilos (BØ;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), células granulocíticas especiais (CGE;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), foram confeccionadas extensões sanguíneas, correspondente a cada peixe, coradas pelo método do panótico rápido e analisadas em microscópio óptico com objetiva de 40 vezes.

Os dados foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA), com aplicação do teste de comparação de médias de Tukey, através do sistema computacional estatístico SAS modelo 8.2, versão (1999 – 2001). Os dados hematológicos deste estudo foram apresentados no XIII Congresso Nacional de Iniciação<sup>7</sup>.

Na Tabela 18 estão apresentados os dados de Hct, Hb, Eri, VCM e CHCM das tilápias nas três propriedades. Não foram verificadas alterações nos dados de Eri e VCM entre os peixes provenientes das propriedades avaliadas. GHIRALDELLI et al., (2006) ao avaliarem o quadro hematológico da tilápia do Nilo mantida em diferentes condições de manejo e alimentação, encontrou valores semelhantes de Hct e Eri aos dados do presente estudo. Dal'Bo et al. (2013) avaliou o perfil hematológico da tilápia do Nilo em condições ideais de laboratório. Verificamos que a percentagem de Hct e o valor de VCM das tilápias da propriedade C e a contagem de Eri dos peixes nas três propriedades, estiveram de acordo com padrões encontrados por DAL'BO et al. (2013). Por outro lado a percentagem de Hct e o VCM dos peixes das pisciculturas B2 e B3 e a concentração de Hb e CHCM dos peixes nas três propriedades, apresentaram valores superiores em relação aos estabelecidos por este mesmo autor. De acordo com Ranzani-Paiva (1991), as concentrações de hemoglobina e CHCM variam inter e intraespécie, podendo ser atribuídas a fatores exógenos como a temperatura, concentração de oxigênio dissolvido na água, ciclo sazonal, estresse e a fatores endógenos como o sexo, estágio de maturação gonadal, estado nutricional e doenças. No presente estudo, os valores médios de Hb, das tilápias nas três propriedades foram de  $10,01 \pm 0,91 \text{ g.dL}^{-1}$  e a concentração de oxigênio dissolvido na água do cultivo das tilápias nas três pisciculturas foram de  $8,29 \pm 1,16 \text{ mg.L}^{-1}$ . Valores semelhantes de concentração de Hb foram encontrados por Ranzani-Paiva et al., (1999) ao analisar a hematologia do curimatá (*Prochilodus scrofa*) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), criados em sistemas semi-intensivos em tanques das estações de pisciculturas do Instituto de Pesca.

---

<sup>7</sup> GONÇALVES, V. T.; CARRA, M. L.; SANTANA, F. S.; THOMAZ, J. M.; SAMPAIO, F. G. Uso dos parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivadas em tanques rede no reservatório de Furnas/MG, como ferramenta no biomonitoramento. In: 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, 2013, Campinas-SP.

**Tabela 18** - Dados de média e desvio padrão de hematócrito (Hct; %), hemoglobina (Hb; g.dL<sup>-1</sup>), eritrócito (Eri;  $\mu\text{L}^{-1}$ ), VCM (fL) e CHCM (%) do eritrograma das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.

Eritrograma	Propriedade		Produtor
	B2	B3	B4
N	10	10	9
Hct (%)	37 ± 3 <sup>a</sup>	34 ± 4 <sup>ab</sup>	30 ± 4 <sup>b</sup>
Hb (g.dL <sup>-1</sup> )	10,84 ± 0,94 <sup>a</sup>	10,20 ± 0,70 <sup>a</sup>	9,00 ± 1,10 <sup>b</sup>
Eri ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	1,87 ± 0,17	1,67 ± 0,31	1,68 ± 0,32
VCM (fL)	199,89 ± 22,60	210,09 ± 50,43	185,64 ± 39,44
CHCM (%)	29,25 ± 1,54 <sup>ab</sup>	30,39 ± 3,11 <sup>ab</sup>	29,59 ± 0,95 <sup>b</sup>

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de  $p < 0,05$ .

Os dados de leucócitos totais, NØ, LØ, MØ, EØ, BØ, CGE e Trb das tilápias provenientes das três propriedades, estão apresentados na Tabela 19. Em relação à avaliação do leucograma os valores encontrados para NØ, CGE e BØ nas diferentes propriedades, o número de MØ para a piscicultura no B2 e o valor de EØ para a propriedade no B4, foram semelhantes aos encontrados por Dal'Bo et al. (2013) em condições ideais de laboratório. Por outro lado os valores de leucócitos totais encontrados no presente trabalho foram superiores aos encontrados por este mesmo autor. Uma explicação a isto pode ser dada em função das condições ambientais a que os animais estão expostos, que por sua vez, difere-se das condições ideais de cultivo dos experimentos de laboratórios. De acordo com Tavares-Dias (2003) a presença de maior número de leucócitos no sangue pode indicar melhor resposta de defesa do organismo.

**Tabela 19** - Dados de média e desvio padrão dos parâmetros do leucograma de leucócitos totais ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), neutrófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), linfócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), monócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), eosinófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), basófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ), CGE ( $\mu\text{L}^{-1}$ ) e trombócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ ) das tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG.

Leucograma	Propriedade		Produtor
	B2	B3	B4
N	10	10	9
Leucócitos Totais ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	37094 ± 6092	41321 ± 13425	42833 ± 8735
Neutrófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	3129 ± 3846	3025 ± 874	2896 ± 2424
Linfócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	33052 ± 6009	37137 ± 12899	37976 ± 9186
Monócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	913 ± 747	1144 ± 636	1849 ± 1078
Eosinófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	0 ± 0	29 ± 93	295 ± 884
Basófilos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
CGE ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Trombócitos ( $\mu\text{L}^{-1}$ )	55006 ± 15144	47079 ± 18261	50167 ± 24608

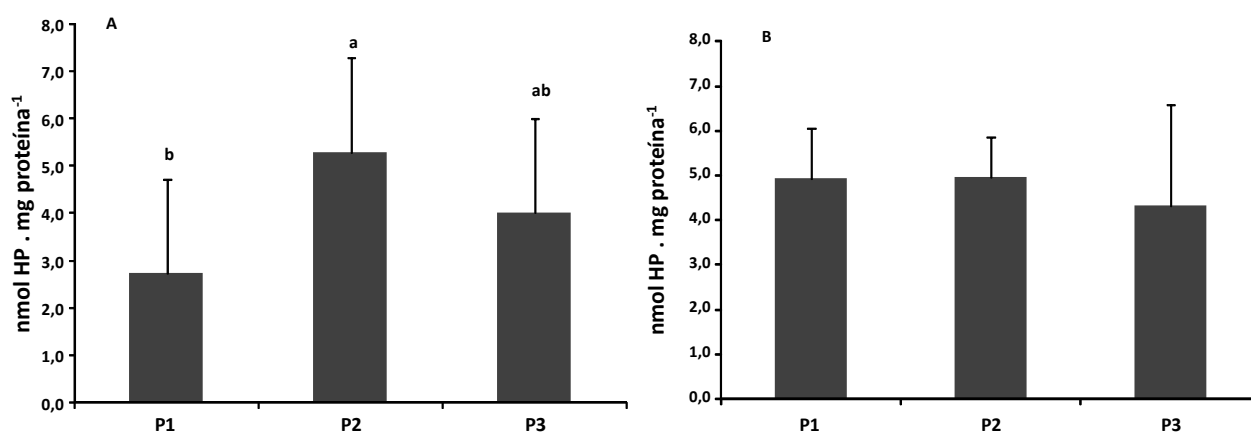
Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de  $p < 0,05$ .

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Zoofisiologia e Bioquímica Comparativa da Universidade Federal de São Carlos (LZBC/UFSCar). A peroxidação lipídica foi quantificada pelo método do “Ferrous Oxidation-Xylenol Orange” (FOX) como descrito por Jiang et al. (1992). O método FOX é baseado na oxidação do Fe (II), formado na presença de hidroperóxidos, que reage com alaranjado de xilenol formando um composto colorido com um pico de absorção em 560 nm, comprimento de onda em que as leituras foram realizadas no espectrofotômetro. Para cálculo foi utilizado uma curva padrão pelo coeficiente de extinção molar.

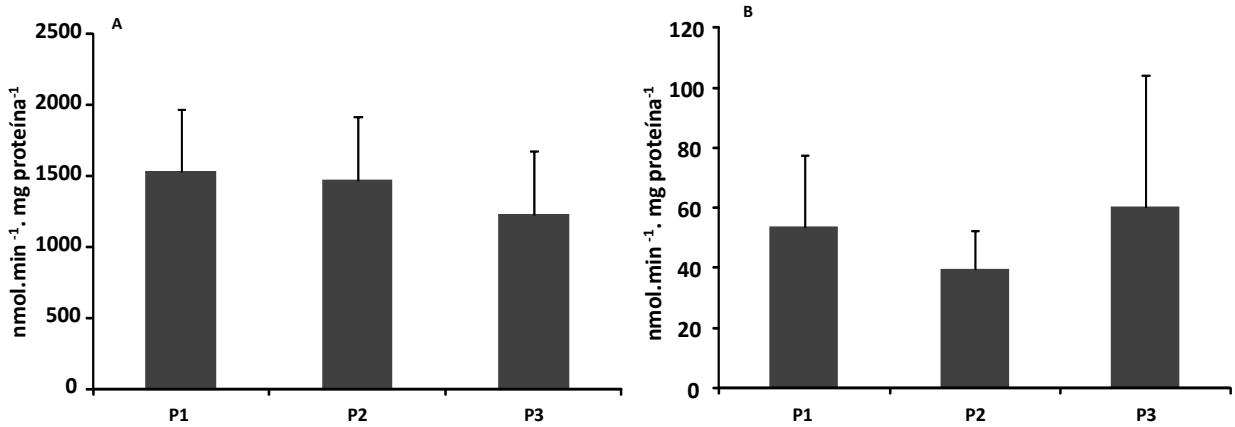
A atividade da CAT foi medida pela avaliação contínua do decréscimo da concentração de peróxido de hidrogênio em 240 nm de comprimento de onda de acordo com Aebi et al. (1974). A diminuição da absorbância foi registrada durante 15 segundos em cubeta contendo uma solução recém preparada de peróxido de hidrogênio em tampão fosfato de sódio e amostra do fígado.

A atividade de GST foi mensuradas de acordo com Habig et al. (1974) usando-se l-cloro-2,4-dinitrobenzeno (CDNB) como substrato. A formação do aduto glutationa-2, 4-dinitrobenzeno a partir da mistura reativa foi monitorada pelo aumento da absorbância em 340 nm em espectrofotômetro. As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Embrapa Meio Ambiente.

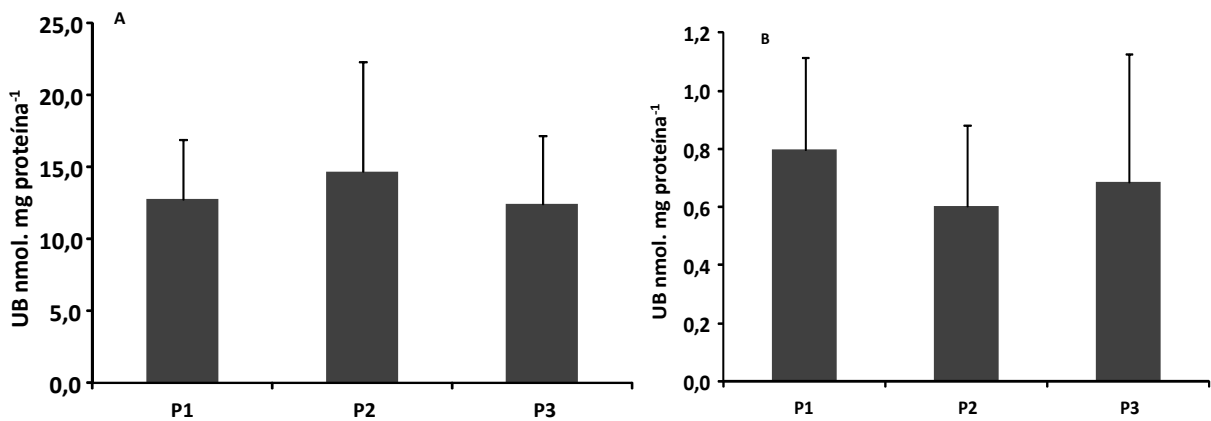
Os gráficos de 12 a 15 apresentam os dados de concentrações hepática e branquial de Hidroperóxido de Lipídio ( $\text{nmol.mg. proteína}^{-1}$ ) e as atividades da GST ( $\text{mU.mg.proteína}^{-1}$ ), CAT ( $\text{UB. mg proteína}^{-1}$ ) e concentração de MT ( $\mu\text{gMT.mg.proteína}^{-1}$ ). É possível observar que não há diferença estatística entre a GST, CAT e MT branquial e hepática dos peixes indiferente do local e condição de cultivo. Porém existe maior concentração de HP no fígado dos peixes cultivados no P2, quando comparados ao P1.



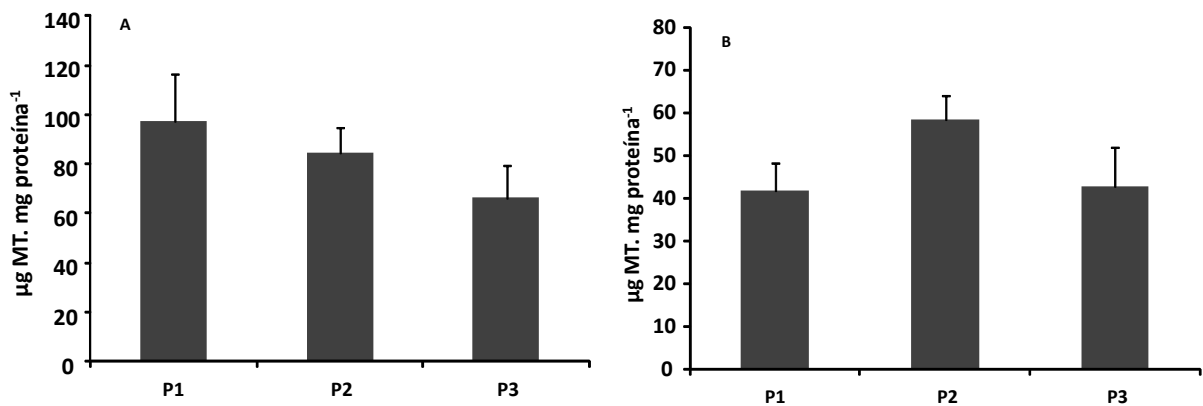
**Gráfico 12** - Concentrações médias  $\pm$  D.P.M de Hidroperóxido de Lipídio ( $\text{nmol. mg. proteína}^{-1}$ ) **A** - hepático e branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9).



**Gráfico 13** - Concentrações médias  $\pm$  D.P.M de GST ( $\text{mU.mg.proteína}^{-1}$ ) **A** - hepático e **B** - branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9).



**Gráfico 14**- Médias  $\pm$  D.P.M da atividade hepática da CAT ( $\text{UB.mg proteína}^{-1}$ ) hepático e branquial de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9).



**Gráfico 15**- Média  $\pm$  E.P.M de MT ( $\mu\text{g MT.mg proteína}^{-1}$ ) encontradas no **A** - fígado e **B** - brânquias de exemplares de tilápia do Nilo coletados nos pontos P1 (n=10), P2 (n=9) e P3 (n=9).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis hematológicas e bioquímicas das tilápias do presente estudo não apresentaram diferenças entre as propriedades analisadas. Também não foram constatadas diferenças das avaliações hematológicas dessas tilápias em relação àquelas descritas na literatura em diferentes

sistemas de cultivo e condições ambientais. Pode-se inferir que as condições de cultivos das três propriedades avaliadas não influenciaram os parâmetros bioquímicos da tilápia do Nilo, mostrando que o sistemas de cultivo adotado e as condições de cultivo foram adequadas para a manutenção da saúde dos peixes.

#### **4.4.2.2 Avaliações morfofuncionais e análises histopatológicas**

Para o sucesso do cultivo de peixes, um aspecto importante a ser considerado é a qualidade da água, cujas características físico-químicas devem ser ideais para a espécie a ser criada, uma vez que qualquer alteração na condição da água pode causar doenças, prejudicando o bom desenvolvimento da produção (Cadernos técnicos de Veterinária e Zootecnia, 2006). Uma forma de monitorar a qualidade da água indiretamente é a análise das brânquias, responsáveis por funções vitais como osmorregulação, excreções de compostos nitrogenados, manutenção do equilíbrio acidobásico e respiração (trocas gasosas como meio aquático) (Eigenmann & Eigenmann, 1889). As brânquias podem servir como indicadores das condições aquáticas, já que se apresentam em contato direto com o meio externo e a presença de poluentes, parasitas e/ou patógenos podem comprometer sua integridade (Santos et al., 2007).

As brânquias são compostas por quatro arcos branquiais localizados lateralmente a cabeça do peixe junto à faringe e suportam duas colunas de filamentos chamados de holobrânquias, as quais possuem duas regiões chamadas de hemibrânquias, que variam conforme a espécie e fase de desenvolvimento do peixe e possuem a função de aumentar a área de superfície respiratória. As brânquias são formadas por dois epitélios: o epitélio respiratório (as lamelas) e o epitélio não respiratório (os filamentos). O epitélio respiratório é subdividido em epitélio estratificado, com vários tipos de células inclusive as células-cloreto, mucosas e pavimentosas, o epitélio não respiratório, apresenta função de estruturação para (Santos et al., 2007).

As trocas gasosas acontecem nas lamelas, as quais possuem duas camadas de células epiteliais presas na membrana basal quem engloba a área vascular formado pelas células pilares, que são geralmente mais espaçadas nas regiões superiores e inferiores dos filamentos. A proteção das brânquias é feita pelo opérculo, estrutura que as recobre (Santos et al., 2007).

O mecanismo de respiração dos peixes teleósteos ocorre de forma contracorrente, no qual a água corre em uma direção e o sangue no sentido oposto. A presença de muco possui funções diversas como proteção mecânica, imunológica e regulação iônica. No interior das brânquias existem os rastros, responsáveis por pela alimentação, separando as partículas e direcionando-as

para o esôfago. Esses rastros podem ter tamanhos e espessuras diferentes dependendo das espécies e alimentação (Genten; Terwinghe; Danguy, 2009).

A exposição de peixes a poluentes levam a alterações histológicas nas brânquias, como proliferação do epitélio filamentar e vasodilatação do seio venoso central e da região basal do eixo vascular das lamelas, gerando descolamento do epitélio lamelar e edema intersticial (Santos et al., 2007).

Tendo em vista a importância dos peixes como bioindicadores das condições ambientais, o presente trabalho teve como foco principal a avaliação das características morfológicas das brânquias da espécie *Oreochromis niloticus*, criadas em tanques redes no reservatório de Furnas, Minas Gerais.

Os cortes microscópicos com espessura de 5 µm foram obtidos utilizando micrótomo Leica RM 2165 e, posteriormente, os cortes foram corados em hematoxilina-eosina (HE), azul alciano e azul de toluidina (AT) para avaliar a organização tecidual e diferenciar as células produtoras de muco (Tolosa, 2003). Para as análises e leituras dos tecidos foi utilizado um microscópio Leitz - Dialux EB-20 Phase Contrast Microscope.

Para a análise morfométrica, assim como descrito por Ramos (2008), alguns parâmetros branquiais foram mensurados (Figura 10), tais como: altura potencialmente funcional da lamela (A), representando a região da lamela responsável pelas trocas gasosas, a qual tem início no término do epitélio do filamento e se estende até o ápice da lamela; altura total ou estrutural da lamela (B), a qual inicia-se no canal proximal e se estende até o ápice da lamela; distância entre lamelas (interlamelar) (C) e espessura do epitélio da lamela (D). Adicionalmente às medidas, foram também quantificadas as células mucosas nas brânquias.

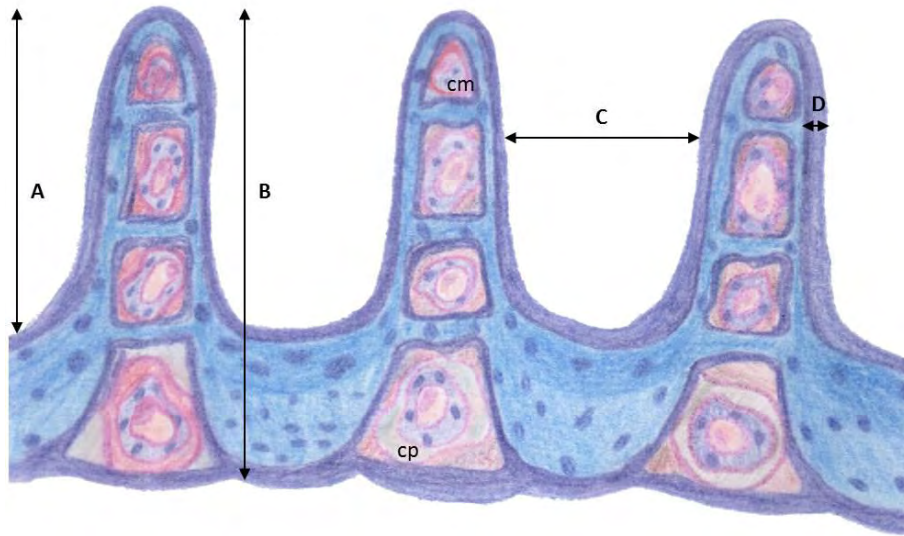
Foram realizadas 10 mensurações em cada animal e os dados obtidos foram analisados estatisticamente para avaliar as possíveis diferenças entre os peixes provenientes dos três diferentes produtores. Os dados deste estudo foram apresentados no XIII Congresso Nacional de Iniciação<sup>8</sup>.

Os valores de todos os parâmetros estão apresentados como média ± EPM (erro padrão da média). Foram consideradas diferenças estatísticas ao nível de 5% de significância. Com o auxílio do software GraphPad InStat v. 3.05 (GraphPad Software Inc., CA, USA) foi realizada a análise de variância (ANOVA) one-way complementada pelo teste de Tukey-Kramer de comparações

---

<sup>8</sup> DONETTI, L. A. R.; THOMAZ, J. M.; SAMPAIO, F. G. Caracterização morfológica de brânquias de *Oreochromis niloticus* criadas em tanques rede no reservatório de Furnas (MG). In: 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, 2013, Campinas-SP.

múltiplas, para a identificação de diferenças significativas entre os peixes dos diferentes produtores em cada parâmetro analisado.



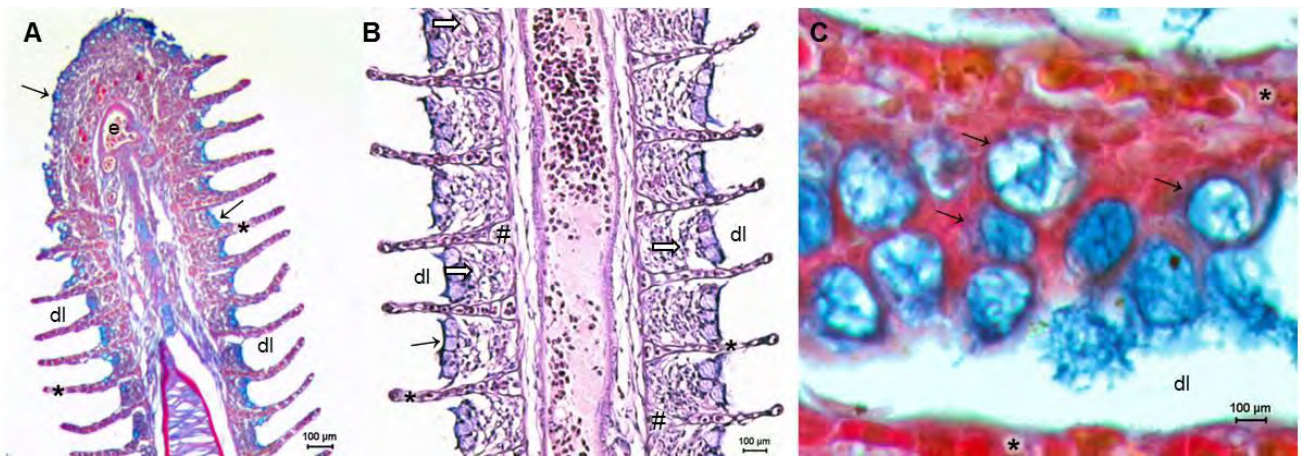
**Figura 10** - Ilustração das brânquias de tilápia do Nilo, podendo ser observados os canais marginal (cm) e proximal (cp) e os parâmetros mensurados morfometricamente. A: altura potencialmente funcional da lamela; B: altura total da lamela; C: distância entre lamelas (interlamelar); D: espessura do epitélio da lamela.

Macroscopicamente foi possível observar os quatro arcos branquiais sem lesões ou alterações visíveis a olho nu. No septo interbranquial entre filamentos ou holobrânquias não foi visualizada nenhuma alteração, sendo observadas lamelas bem definidas e regularmente espaçadas na região acima e abaixo do eixo longitudinal de cada filamento como foi descrito por Ramos (2008).

Na análise microscópica foram observados sulcos interlamelares no epitélio do filamento branquial. Segundo Ramos (2008), estes sulcos são de difícil visualização quando ocorre uma proliferação de celular acompanhada por apoptose, fato possivelmente associado a alterações do meio aquático, pois este processo é indicativo de respostas a estresse ambiental, associado à ação do cortisol (Ramos, 2008).

Microscopicamente o epitélio apresentou-se sem lesões aparentes e com distribuição das lamelas de forma homogênea, com curvatura dentro da normalidade. Foram observadas no epitélio da lamela as células cloreto e as células mucosas (Figura 11).





**Figura 11** - Fotomicrografias das brânquias de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Notar lamelas (\*), distância entre as lamelas (dl), canal proximal (#), eritrócitos (e), células mucosas (seta preta) e células cloreto (seta branca). Em A e C: Azul Alciano; em B: Hematoxilina-eosina.

Morfometricamente foram analisados os parâmetros: altura potencialmente funcional da lamela (AF), altura total da lamela (AT), distância entre lamelas (DL), espessura do epitélio da lamela (EL) e quantidade de células mucosas.

**Tabela 20** – Parâmetros morfométricos das brânquias de tilápia do Nilo provenientes de três diferentes produtores. AF: altura potencialmente funcional da lamela; AT: altura total da lamela; DL: distancia entre lamelas; EL: espessura do epitélio da lamela. Valores médios  $\pm$  E.P.M.

Origem dos peixes	Parâmetros mensurados nas lamelas branquiais ( $\mu\text{m}$ )				Quantidade de células mucosas
	AF	AT	DL	EL	
B2	$8,53 \pm 0,77$	$13,42 \pm 1,12$	$4,07 \pm 0,22$	$0,45 \pm 0,05^a$	$30,0 \pm 1,0^a$
B3	$7,74 \pm 0,52$	$12,13 \pm 0,70$	$4,15 \pm 0,14$	$0,63 \pm 0,03^{a,b}$	$34 \pm 1,0^{a,b}$
B4	$8,93 \pm 0,53$	$13,48 \pm 0,61$	$3,49 \pm 0,15$	$0,73 \pm 0,05^b$	$38 \pm 1,0^b$

<sup>a</sup> indica diferença significativa entre os braços B2 e B3; <sup>b</sup> indica diferença significativa entre os braços 3 e 4. Teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Ao avaliar os dados morfométricos, não foram notadas alterações significativas nos parâmetros AF, AT, DL entre os três produtores. Segundo Santos et al. (2007) as principais causas de alterações nas condições estruturais de brânquias são causadas devido a exposições dos peixes em ambientes aquáticos com condições indesejadas as boas condições, como a exposição a metais pesado, causando alterações morfológicas nos epitélios lamelares e filamentosos. No presente estudo não foram encontradas quaisquer alterações nestes parâmetros, indicando que as condições da água apresentam-se favoráveis à piscicultura e, de acordo com Ramos (2008), a quantidade de lamelas e o tamanho das mesmas variam conforme as condições de vida dos peixes e das condições de seu habitat.

A espessura do epitélio da lamela (EL) apresentou-se significativamente menor nos peixes provenientes do braço 2, quando comparados aos braços 3 e 4, enquanto os valores encontrados no braço 3 foram significativamente menores que aqueles observados nos peixes do braço 4. Já a espessura do epitélio da lamela apresentou menores valores nos peixes do braço 2, comparados aos outros produtores e os peixes do produtor 3 apresentaram valores significativamente maiores que os outros produtores.

Ao avaliar a quantidade de células mucosa, foi observado que o parâmetro seguiu os valores da EL, apresentando menores valores nos peixes provenientes do braço 2 e maiores valores nos peixes do braço 4.

Rodrigues et al. (2013) observaram que as reduções na temperatura, pH e nas concentrações de oxigênio dissolvido em cultivos intensivos de tilápias provocaram, inicialmente, uma extensão da área lamelar e da quantidade de células mucosas brânquiais, gerando hiperplasia interlamelar, fusão lamelar, deslocamento epitelial e telangectasias. Segundo estes autores, estes achados também estão relacionados a parasitas e/ou elementos tóxicos, dados que estão possivelmente associados ao presente trabalho, embora apenas tenham sido observadas alterações no epitélio lamelar e na quantidade de células mucosas.

O parâmetro de pH da água para cultivo de tilápias deve ser mantido entre 6 e 8,5. Acima ou abaixo desses as tilápias podem aumentar a secreção de muco, inchaço e irritação nas brânquias, causando lesões nas estruturas branquiais, prejudicando o processo de respiração, podendo levar à morte desses peixes (KUBITZA et al. 2005).

No presente trabalho foi possível observar que o pH da água esteve ligeiramente ácido, principalmente nos braços 2 e 3, sugerindo que as alterações observadas morfológicamente podem ter sido devidas a alteração do pH aquático.

No trabalho de Santos et al. (2007) a exposição de tilápia do Nilo ao cádmio induziu o aumento dos filamentos causando fusão parcial ou total nas lamelas branquiais. Segundo Gomes et al. (2009), alguns metais, resíduos industriais, sais, ácidos e pesticidas, podem causar modificações nos epitélios branquiais alterando as atividades de osmoregulação das brânquias. As alterações mais encontradas por estes pesquisadores foram: fusão lamelar, hipertrofia ou hiperplasias de células epiteliais, aumento do crescimento normal de células da estrutura branquial e alterações nas liberações de muco branquial; os quais reduzem a área de superfície respiratória, gerando consequências prejudiciais ao peixe.

As células produtoras de mucos produzem várias substâncias com participação na osmorregulação e na proteção do epitélio contra agentes agressores, sendo responsável por

formar uma barreira protetora entre a água e o epitélio. Durante o estresse alguns hormônios como o cortisol e a prolactina são liberados podendo estimular a diferenciação de células mucosas (HENRIQUE, 2008).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No presente trabalho foi possível observar que as alterações dos parâmetros da qualidade da água podem influenciar a morfologia branquial, alterando a espessura do epitélio do filamento branquial e a quantidade de células mucosas.

### **4.4.3 Análises de resíduos de pesticidas**

As amostras de peixe foram preparadas utilizando o método de extração QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Robust and Safe) que trata-se de uma técnica de extração que minimiza o número de etapas de preparo de amostra, uma vez que envolve apenas duas etapas, sendo uma de extração com acetonitrila (partição), utilizando-se uma mistura de sais, e outra de limpeza do extrato por EFS dispersiva, empregando um solvente que possui aminas primárias e secundárias em sua estrutura (PSA).

Metodologia: A amostra congelada foi processada utilizando um cutter de mesa (robot coupe) por 1 minuto. Pesou-se 10 g de amostra em tubo de centrifuga de 50 mL e para cada amostra foram adicionados 10mL de acetonitrila e agitação por 30 segundos. Adicionou-se 4,0 g de MgSO<sub>4</sub> (sulfato de magnésio), 1,0 g de NaCl (cloreto de sódio), 1,0 g de Na<sub>3</sub>citrato dihidratado e 0,5 g de Na<sub>2</sub>Hcitrato sesquihidratado sempre sob agitação de 1 minuto após a adição de cada reagente. Após a sonificação por 20 minutos no ultrassom, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos com temperatura controlada a 10°C e rotação de 3000 rpm (rotação por minuto). Em seguida uma alíquota de 7 mL do sobrenadante foi transferida para o tubo concentrador de 10 mL, deixando sob refrigeração por 2 horas. Após esse tempo uma alíquota de 5mL foi transferida para outro tubo de centrífuga de 50 mL contendo 125 mg de PSA e 750 mg de MgSO<sub>4</sub>. Agitou-se vigorosamente por 30 segundos no agitador Vortex e repetiu-se o processo de centrifugação por 5 minutos. Uma alíquota de 5 mL do sobrenadante foi transferido para o tubo de centrífuga contendo 125 mg de Bondesil-PSA e 750 mg de sulfato de magnésio. Após a agitação da mistura por 30 s. e centrifugada por 5 minutos a 10.000 rpm foi evaporada até a secura, em banho de gelo. O resíduo foi ressuspenso em 1 mL fase móvel CH<sub>3</sub>OH/H<sub>2</sub>O com 0,1% ácido fórmico (50%, v/v), transferido diretamente para o vial para posterior injeção de 10 µL no sistema LC-MS/MS modelo Varian 1200L.

Os pesticidas analisados foram metamidofós, carbofurano, azoxistrobina, ciproconazol-a, ciproconazol-b, triadimenol. Os compostos etridiazol, acetocloro, metalaxil, clorpirifós, pendimetalina, endossulfan (alfa), profenofós, oxadiazon, oxifluorfen, endossulfan (beta), triazofós, endossulfan sulfato, lambda cialotrina, iprodiona, cipermetrina zeta, ametrina, simazina, triadimenol, hexaclorobenzeno, aldrin malation e deltametrina foram analisados por cromatografia gasosa - Quattro Micro MS/MS da Waters. Durante a etapa do clean up, 2 mL do sobrenadante foi transferido para um tubo de vidro e o extrato foi evaporado quase a secura sob corrente de nitrogênio e o resíduo foi re-dissolvido em 0,5 mL de acetato de etila e em seguida injetado no sistema GC-MS/MS.

**Tabela 21.** Limites de Detecção e Quatificação de filés de tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG, analisadas utilizando cromatografia líquida acoplada ao espectrômetro de massas (LC-MS/MS).

	1ª coleta			2ª coleta		
	B2	B3	B4	B2	B3	B4
<b>Metamidofós</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Carbofurano</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Azoxistrobina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Ciproconazol-A</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Ciproconazol-B</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Triadimenol</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

Onde: LQ (limite de quantificação) = 0,01  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; LD (limite de detecção) = 0,002  $\mu\text{g mL}^{-1}$

A metodologia utilizada foi validada inicialmente para análise de resíduos dos pesticidas apresentados na Tabela (21 e 22) com resultados de exatidão de 70-120% e precisão < 20%. Não foram encontrados resíduos de pesticidas nas amostras de peixe analisadas considerando o limite de detecção (LD) e limite de quantificação do método.

**Tabela 22.** Limites de Detecção e Quatificação de filés de tilápias do Nilo provenientes de três propriedades de pisciculturas em tanques rede no reservatório de Furnas, município de Guapé /MG analisadas utilizando cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (GC-MS/MS).

	1ª coleta			2ª coleta		
	B2	B3	B4	B2	B3	B4
<b>Etridiazol</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Acetocloro</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Metalaxil</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Clorpirifós</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Pendimetalina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Endossulfan (alfa)</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Profenofós</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Oxadiazon</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Oxifluorfen</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Endossulfan (beta)</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Triazofós</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Endosulfan sulfato</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Lambda cialotrina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Iprodiona</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Cipermetrina zeta</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Ametrina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Simazina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Triadimenol</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Hexaclorobenzeno</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Aldrin</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Malation</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
<b>Deltametrina</b>	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

Onde: LQ (limite de quantificação) = 0,01  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; LD (limite de detecção) = 0,02  $\mu\text{g mL}^{-1}$  exceto para triadimenol LD (limite de detecção)= 0,04  $\mu\text{g mL}^{-1}$

---

4.5 **Amostragem da Macrofauna bentônica:** realizar levantamento da macrofauna bentônica com o uso de coletores de substrato natural (sedimento de fundo) e com o uso coletor de substrato artificial, simultaneamente, de modo a associar os dados biológicos com os parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

a) Coletor de sedimento (substrato natural): será utilizada a draga de Ekman-Birge de 2,5 litros. Serão coletadas três amostras por ponto de coleta.

b) Coletor com substrato artificial: serão colocados no reservatório coletores compostos por quatro tipos de substratos.

Serão colocados para colonização três coletores por ponto de coleta. A frequência de amostragem será trimestral, e será feita concomitantemente com a amostragem do sedimento natural.

---

## RESULTADOS 4.5

O biomonitoramento é amplamente usado no monitoramento e gerenciamento da qualidade ambiental e integridade dos ecossistemas aquáticos, complementando os tradicionais métodos físico-químicos (Linke et al., 2005). Dentre os organismos bioindicadores de qualidade de água, os macroinvertebrados bentônicos são amplamente empregados na avaliação de impactos e são recomendados para o monitoramento ambiental (Fonseca–Gessner & Guerreschi, 2000), pois possuem diversas características que os tornam excelentes bioindicadores (Hellawell, 1986; Rosenberg & Resh, 1993).

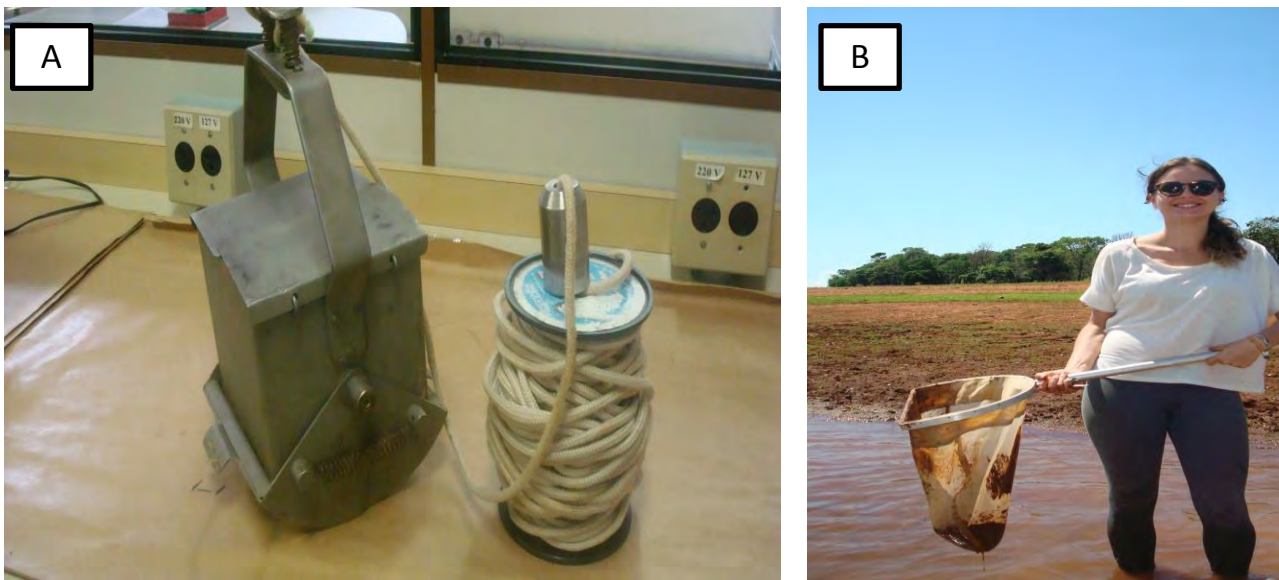
Estudos com a fauna macrobentônica de reservatórios são vários. Dornfeld et al. (2004) avaliaram a composição, distribuição e mudanças temporais desta comunidade no reservatório de Salto Grande, em Americana, SP. Os autores observaram faunas diferentes nas zonas profundal e litorânea. Também verificaram uma substituição de táxons em resposta ao aumento da eutrofização, com redução da família Chironomidae (Insecta) e aumento de Tubificidae (Oligochaeta), além da invasão de espécies exóticas.

As avaliações multimétricas utilizam diferentes medidas das condições ambientais (medidas físicas, químicas e biológicas) geralmente com o objetivo de avaliar e comparar diferentes locais em diversos cenários de impactos. Este tipo de avaliação é bastante utilizado em estudos dos sistemas lóticos (Linke et al., 2005; Nijboer et al., 2005; Silveira et al., 2005).

Quanto aos sistemas lênticos, Fussari & Fonseca-Guessner (2006) avaliaram a viabilidade de um sistema multimétrico em pequenos reservatórios com diferentes estados de trofia e conservação. Os autores concluíram que as métricas utilizadas (riqueza de espécies, diversidade, equitabilidade,

grupamentos funcionais de alimentação, entre outras) foram capazes de diferir os graus de trofia entre os dois reservatórios avaliados, podendo ser uma ferramenta útil no manejo ambiental e em programas de monitoramento.

Para avaliação de possíveis impactos da piscicultura em tanques rede na macrofauna betônica do reservatório de Furnas as amostras de sedimento foram coletadas em duas áreas do reservatório – área profunda, nos pontos próximos às Plataformas (pontos P1 a P6); e área marginal, com seis pontos de coleta localizados nas margens correspondentes às plataformas (pontos M1 a M6), totalizando 12 pontos de coleta, sendo P1 e M1 localizados em área sem produção aquícola e os demais pontos com produção. Cada ponto foi coletado em tréplica. O coletor utilizado na área profunda foi a draga de Ekman-Birge com capacidade de 2,5 litros (Figura 12 A). E para a área marginal foi utilizado o puçá, com malha de 250 micrômetros (Figura 12 B).



**Figura 12.** A - Draga de Ekman-Birge; B – Puçá para coleta.

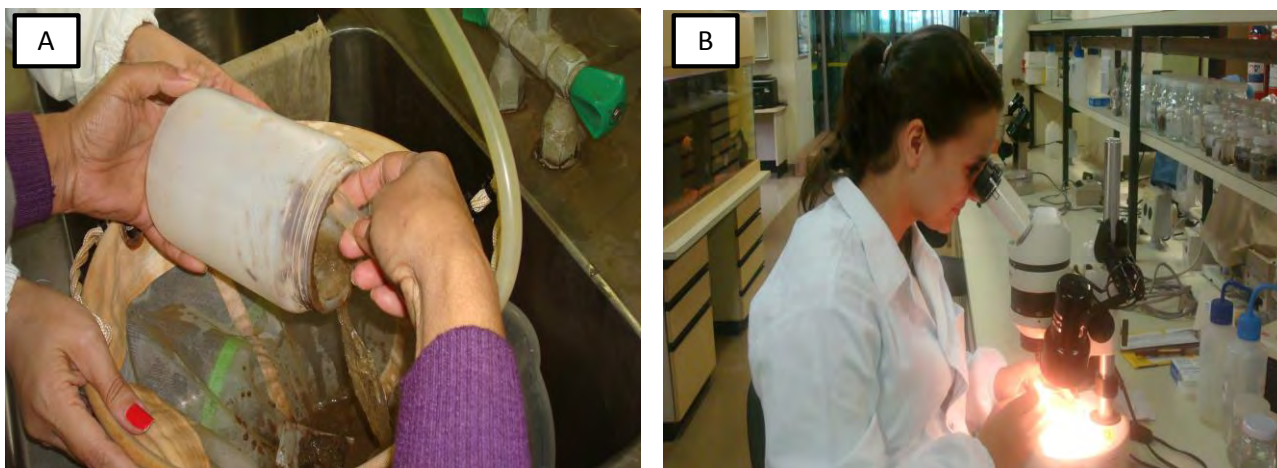
As amostras coletadas foram acondicionadas e identificadas em potes plásticos de 500 ml, fixadas em formol a 4% e levadas ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Foram realizadas duas coletas, uma em setembro (fim do período seco) e outra em dezembro de 2013 (início do período chuvoso). Os dados deste estudo foram apresentados no II Seminário: Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos Recursos Hídricos" - Rede Agrohidro<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Mariana Silveira Guerra Moura e Silva, Nayara Cyrino Carvalho, Marcos Eliseu Losekann, Fernanda Garcia Sampaio, Ana Lucia Silva Marigo, Marisa Nascimento, Kathia Cristina Sonoda. Composição da comunidade macrobentônica no reservatório de Furnas MG) em área de Parque Aquícola. II Seminário: Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos Recursos Hídricos" - Rede Agrohidro.

Ressalta-se ainda que após discussões técnicas com a equipe, optou-se por não se fazer a coleta com coletores de substrato artificial. Esta decisão se deveu ao fato da área de estudo ser inédita nas pesquisas de biomonitoramento. Portanto, o levantamento da fauna de sedimento de fundo representaria melhor a realidade do ambiente bentônico do que a fauna colonizadora dos coletores, uma vez que estes coletores são seletivos por natureza. Além disso, o intervalo de tempo entre a colocação dos coletores na área de estudo e a sua retirada é de no máximo 60 dias. Assim, a logística de campo não permitiria duas idas a campo em menos de 3 meses.

### Procedimentos de laboratório

Após a lavagem do sedimento em peneiras com malha de 250  $\mu\text{m}$  e passagem para álcool a 80%, o substrato foi observado em microscópio estereoscópio para triagem final e identificação taxonômica até o nível de subfamília, para Chironomidae, e família para os demais grupos (Figura 13 A e B). As chaves taxonômicas usadas para identificação foram: Pérez, 1988, Fernández & Domínguez, 2001, Mugnai et al., 2010.



**Figura 13.** Etapas do processamento de amostras de macroinvertebrados bentônicos. **A** – lavagem de substrato em água corrente com peneira; **B** – triagem e identificação taxonômica em microscópio estereoscópio.

A partir da matriz de abundância dos invertebrados aquáticos, foram aplicadas algumas métricas de estrutura da comunidade, tais como: riqueza de espécies, diversidade, equitabilidade e dominância, utilizando o software livre PAST versão 3.1 (Hammer et al., 2001). E a análise de agrupamento por UPGMA com índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizada para se avaliar o grau de semelhança entre os pontos de coleta, e a relação com possíveis alterações de origem antrópica (atividade de aquicultura). Também foi aplicado o Índice da Comunidade Bentônica para região sublitoral de reservatórios (ICBRES-SL) e o Índice da Comunidade Bentônica para região profunda de reservatórios (ICBRES-P), desenvolvido pela CETESB (2012). Porém, o índice foi



aplicado sem o cálculo das métricas “Dominância de grupos tolerantes (T/DT), e “Razão Tanitarsini/Chironominae”, devido à identificação apenas até o nível de subfamília. Assim, as métricas utilizadas para o cálculo do índice ICBRES-P foram: S (riqueza), ICS (índice de comparação sequencial) e H’ (Shannon). E para o índice ICBRES-SL foram calculadas as métricas: S, ICS, H’ e Ssen.

Nas duas campanhas de campo foram coletados ao todo 4935 indivíduos, sendo 513 em setembro e 4422 em dezembro. Os macroinvertebrados bentônicos foram distribuídos em 25 táxons, sendo as famílias Chironomidae (Diptera), Thiaridae (Gastropoda), Corbiculidae (Veneroidea) e Lumbriculidae (Lumbriculida) dominantes na comunidade.

As Tabelas 25 e 26 apresentam as métricas de estrutura da comunidade para os pontos profundos nos meses de setembro e dezembro de 2013. Houve variação de resultados entre os meses de setembro e dezembro. Em setembro, a comunidade macrobentônica mais equilibrada, isto é, com menor dominância e índice de diversidade mais elevado (H’), foi observada no ponto P1, com valores de diversidade, riqueza de Margalef mais elevados e menor dominância de espécies; já em dezembro, a comunidade que apresentou tais características foi P5.

**Tabela 23** - Índice da Comunidade Bentônica para região sublitoral de reservatórios (ICB<sub>RES-SL</sub>).

Classe	Ponto	S	ICS	H’	T/DT	Ssen
Péssima	5			Azóico		
Ruim	4	1-8	< 5,0	≤ 1,50	≥ 0,70	0
Regular	3	9-16	5 < 15,0	>1,5 ≥ 2,25	0,40 < 0,70	1
Boa	2	17-24	15 < 25,0	>2,25 ≤ 3,5	0,10 < 0,40	2
Ótima	1	≥ 25	≥ 25	>3,5	< 0,10	≥ 3

Fonte: Mônica Luisa Kuhlmann (2012)

De acordo com o índice da CETESB (CETESB, 2012), os pontos profundos apresentaram classificação ruim e regular para comunidade bentônica (Tabelas 25 e 26).

Em relação aos pontos marginais, a classificação da qualidade da água ficou melhor, com apenas um ponto apresentando condição ruim (M1), justamente o ponto sem produção aquícola. Em dezembro, dois pontos apresentaram qualidade boa (M2 e M5) (Tabelas 27 e 28).

**Tabela 24** - Índice da Comunidade Bentônica para região profunda de reservatórios (ICB<sub>RES-P</sub>).

Classe	Ponto	S	ICS	H'	T/DT	Tt/Chi
Péssima	5			Azóico		
Ruim	4	1-3	< 1,0	≤ 0,50	≥ 0,80	≤ 0,03
Regular	3	4-6	1 < 3,5	>0,5 ≥ 1,5	0,50 < 0,80	>0,03≥0,06
Boa	2	7-9	3,5 < 7,0	> 1,5 ≤ 2,0	0,20 < 0,50	>0,06≥0,10
Ótima	1	≥ 10	≥ 7,0	> 2,0	< 0,20	≥ 0,10

Fonte: Mônica Luisa Kuhlmann (2012)

**Tabela 25** – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área profunda para setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Riqueza Taxonômica (S)	3	1	1	2	4	2
Número de indivíduos	6	1	1	40	55	3
Dominância de Simpson (D)	0,500	1,000	1,000	0,951	0,800	0,556
Diversidade de Shannon (H')	0,868	0,000	0,000	0,117	0,439	0,637
Riqueza de Margalef	1,116	0,000	0,000	0,271	0,749	0,910
Equitabilidade de Pielou (J)	0,790	0,000	0,000	0,169	0,317	0,918
ICS	2,125	1,000	1,000	0,137	0,909	1,500
<b>ICBRES-P</b>	<b>3,33</b>	<b>3,67</b>	<b>3,67</b>	<b>4</b>	<b>3,67</b>	<b>3,33</b>
<b>Classificação</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>RUIM</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>

**Tabela 26** – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área profunda para dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Riqueza Taxonômica (S)	2	2	5	5	5	6
Número de indivíduos	318	111	519	283	63	865
Dominância de Simpson (D)	0,824	0,947	0,746	0,673	0,526	0,703
Diversidade de Shannon (H')	0,320	0,124	0,562	0,692	0,932	0,647
Riqueza de Margalef	0,174	0,212	0,640	0,709	0,966	0,739
Equitabilidade de Pielou (J)	0,461	0,179	0,349	0,430	0,579	0,361
ICS	0,362	0,117	1,293	1,647	2,421	1,796
<b>ICBRES-P</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Classificação</b>	<b>RUIM</b>	<b>RUIM</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>

As Tabelas 27 e 28 apresentam os valores das métricas de estrutura da comunidade bentônica para a área marginal do Reservatório. Entre os pontos marginais, o ponto M2 abrigou a

comunidade bentônica mais equilibrada em ambos os meses, apresentando os valores mais elevados de riqueza e diversidade, e as menores dominâncias.

**Tabela 27** – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área marginal para setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
Riqueza Taxonômica (S)	2	8	4	4	6	5
Número de indivíduos	5	49	91	192	49	21
Dominância de Simpson (D)	0,520	0,298	0,671	0,747	0,707	0,342
Diversidade de Shannon (H')	0,673	1,490	0,607	0,475	0,689	1,245
Riqueza de Margalef	0,621	1,799	0,665	0,571	1,285	1,314
Equitabilidade de Pielou (J)	0,971	0,717	0,438	0,343	0,385	0,773
ICS	1,300	5,796	1,363	1,052	1,959	3,988
Ssen	0	4	1	1	1	3
<b>ICBRES-SL</b>	<b>4,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,75</b>	<b>3,75</b>	<b>3,75</b>	<b>3,25</b>
<b>Classificação</b>	<b>RUIM</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>

**Tabela 28** – Métricas da comunidade macrobentônica nos pontos da área marginal para dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

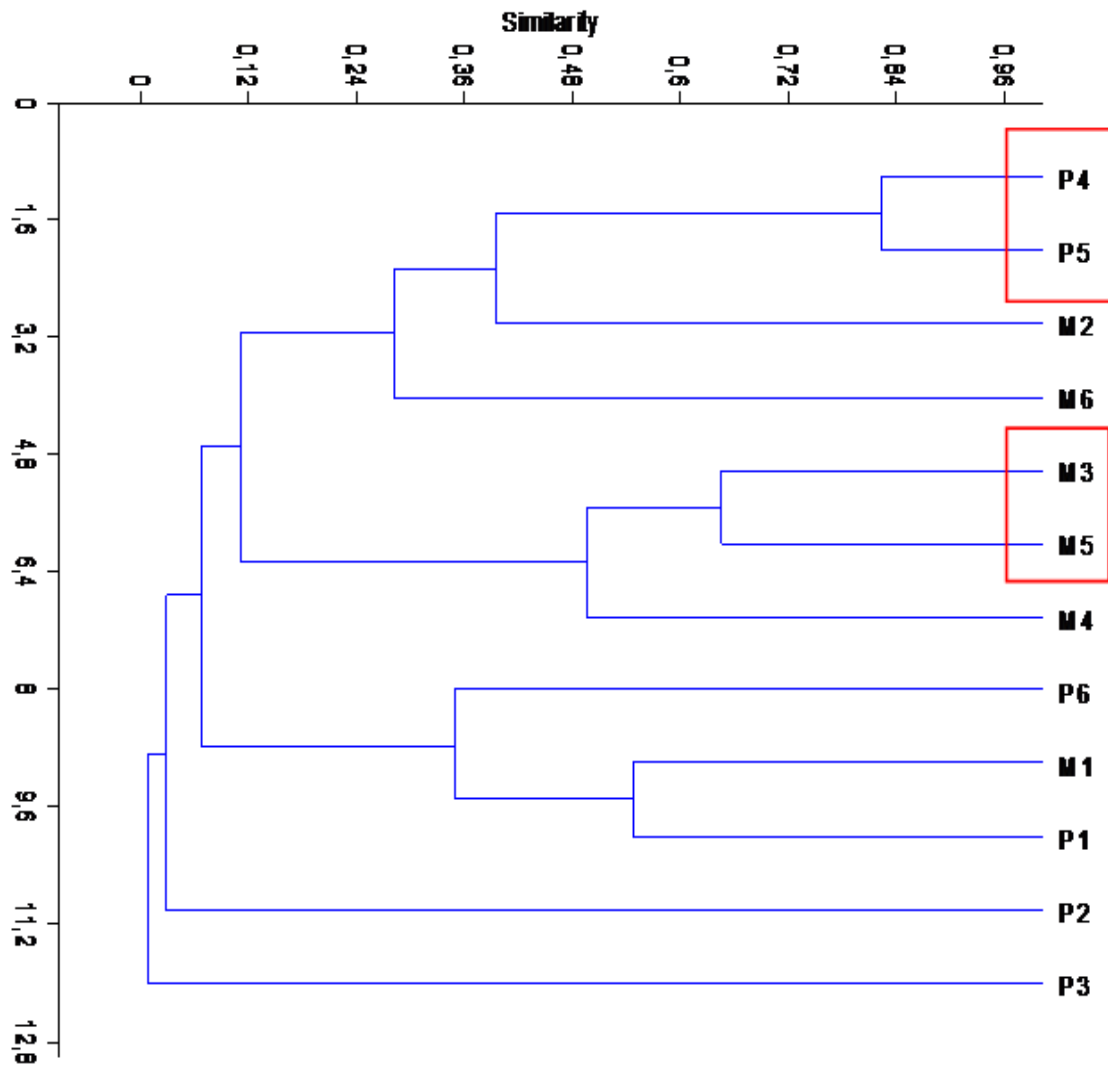
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
Riqueza Taxonômica (S)	11	14	7	6	11	7
Número de indivíduos	515	441	432	343	145	387
Dominância de Simpson (D)	0,679	0,232	0,341	0,301	0,255	0,526
Diversidade de Shannon (H')	0,784	1,869	1,225	1,422	1,714	0,987
Riqueza de Margalef	1,601	2,135	0,989	0,857	2,009	1,007
Equitabilidade de Pielou (J)	0,327	0,708	0,630	0,794	0,715	0,507
ICS	3,476	11,291	4,070	4,277	8,689	3,282
Ssen	3	2	1	1	4	1
<b>ICBRES-SL</b>	<b>3</b>	<b>2,75</b>	<b>3,75</b>	<b>3,75</b>	<b>2,5</b>	<b>3,75</b>
<b>Classificação</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BOA</b>	<b>REGULAR</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BOA</b>	<b>REGULAR</b>

Nas Figuras 14 e 15 são apresentados os dendrogramas de agrupamento para os dois meses de coleta. O índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para esta análise.

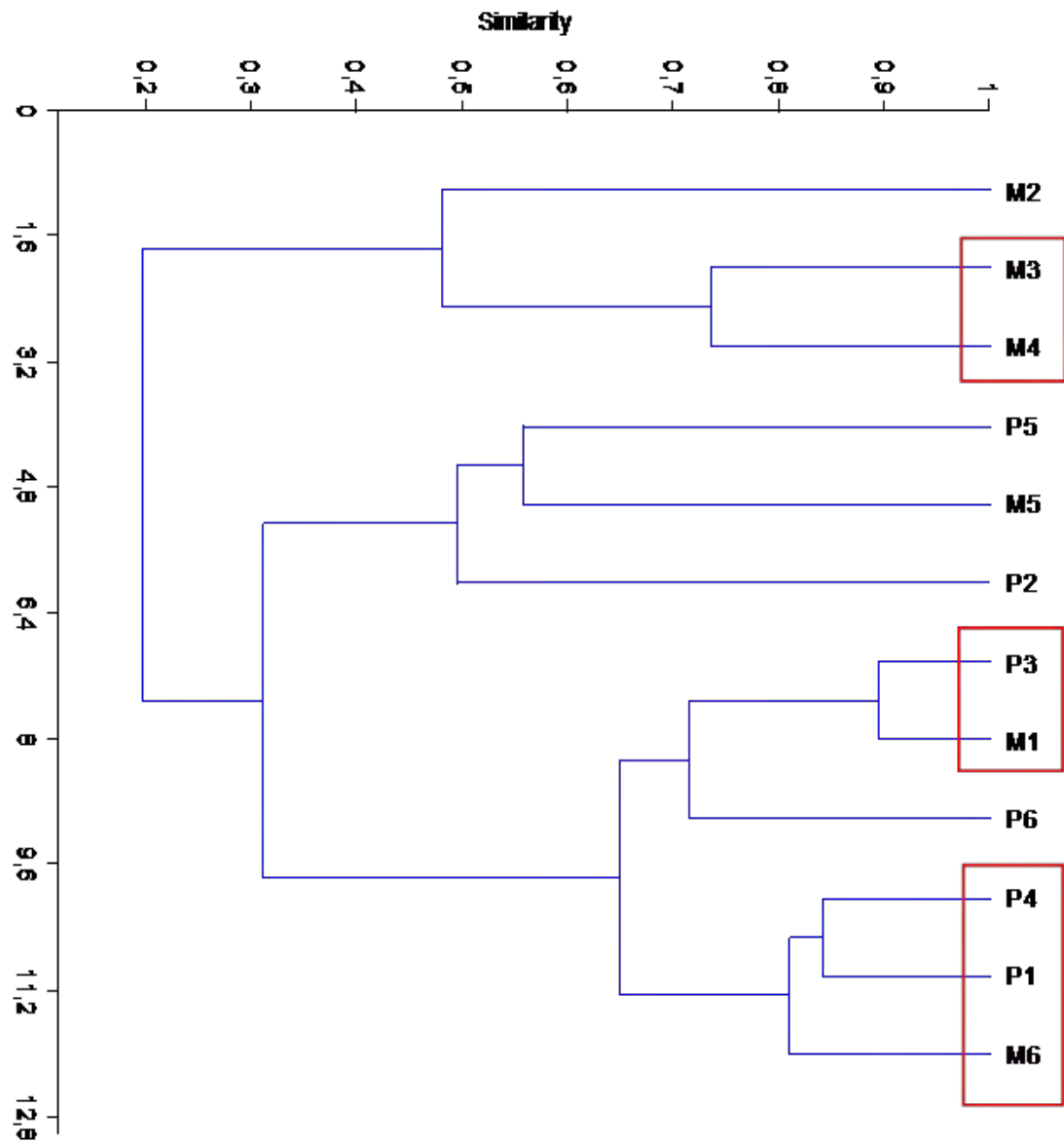
Para setembro, foram formados dois grupos com similaridade igual ou maior do que 70%: P4 e P5 e M3 e M5. Assim, houve separação das comunidades bióticas por localização dentro do Reservatório (área marginal e área profunda). E os pontos sem produção aquícola (P1 e M1) se agruparam, separando-se dos demais pontos, embora tenham apresentado uma similaridade relativamente baixa, de pouco mais de 50%, entre eles.

Em relação a dezembro, a análise de agrupamento apresentou 3 grupos com similaridade acima de 70%: M3 e M4; P3 e M1; e P4, P1 e M6. Neste mês, os pontos sem produção aquícola

não se diferenciaram dos demais, e também não houve diferenciação entre pontos marginais e profundos.



**Figura 14** – Dendrograma de similaridade para os pontos de coleta em setembro de 2013. Índice de similaridade de Bray-Curtis. Correlação cofenética de 0,9185.



**Figura 15** – Dendrograma de similaridade para os pontos de coleta em dezembro de 2013. Índice de similaridade de Bray-Curtis. Correlação cofenética de 0,9134.

**Tabela 29** - Matriz de abundância de macroinvertebrados bentônicos coletados em setembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

			P1	P2	P3	P4	P5	P6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Subfamília/Gênero</b>												
Diptera	Chironomidae	Chironominae	0	1	0	39	49	0	0	18	1	0	1	8
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae	1	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
Diptera	Caoboridae		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Odonata	Calopterygidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Libellulidae		0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Odonata	Gomphidae		0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1
Coleoptera	Elmidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	Leptohyphidae		0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	9
Trichoptera	Leptoceridae		0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Trichoptera	Polycentropodidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hemiptera	Corixidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Thiaridae		0	0	0	0	0	0	2	19	73	164	41	0
Veneroida	Corbiculidae	Corbicula	4	0	0	0	1	1	3	1	15	25	2	2
Lumbriculida			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trombidiformes			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
<b>Total</b>			<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>55</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>49</b>	<b>91</b>	<b>192</b>	<b>49</b>	<b>21</b>

**Tabela 30-** Matriz de abundância de macroinvertebrados bentônicos coletados em dezembro de 2013 no reservatório de Furnas, MG.

<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Subfamília/Gênero</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
Diptera	Chironomidae	Chironominae	287	108	446	230	44	720	422	29	63	62	254	351
Diptera	Chironomidae	Tanypodinae	31	0	36	23	11	70	14	8	0	0	17	14
Diptera	Chironomidae	Orthocladinae	0	0	0	0	1	1	6	4	0	0	12	2
Diptera	Ceratopogonidae		0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Diptera	Caoboridae		0	3	6	1	2	9	0	0	0	0	0	0
Odonata	Calopterygidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Libellulidae		0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Odonata	Gomphidae		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Coleoptera	Elmidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemeroptera	Leptohiphidae		0	0	0	0	0	0	2	60	7	7	8	1
Ephemeroptera	Baetidae		0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	2	0
Trichoptera	Leptoceridae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Trichoptera	Polycentropodidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hemiptera	Corixidae		0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0
	Thiaridae		0	0	0	0	0	0	3	144	179	163	71	0
	Pomacea		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Veneroida	Corbiculidae	Corbicula	0	0	0	0	0	0	4	15	53	50	44	20
Veneroida	NI		0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Lumbriculida			0	0	26	19	5	50	32	203	48	48	94	84
Trombidiformes			0	0	5	10	0	15	0	5	13	13	22	26
Arachnida NI			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Amphipoda (?)			0	0	0	0	0	0	27	40	0	0	0	0
Crustacea NI			0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
<b>Total</b>			<b>318</b>	<b>111</b>	<b>519</b>	<b>283</b>	<b>63</b>	<b>865</b>	<b>515</b>	<b>441</b>	<b>363</b>	<b>343</b>	<b>530</b>	<b>498</b>

## CONCLUSÕES

- De modo geral, os pontos marginais se apresentaram bem mais diversos e ricos em termos de estrutura da comunidade macrobentônica na área de estudo.
- No fim da estação seca (setembro), houve separação mais nítida entre pontos marginais e profundos, além da distinção entre os pontos sem e com produção aquícola.
- No início das chuvas (dezembro), os pontos se misturaram quanto a presença ou ausência de produção aquícola e também quanto à posição dentro do reservatório (marginal ou profundo).
- As famílias dominantes observadas em ambos os meses são características de ambientes lênticos e bastante tolerantes à eutrofização.
- O índice biótico aplicado mostrou uma comunidade macrobentônica pobre nos pontos profundos nos dois meses amostrados. Por outro lado, para os pontos marginais a qualidade da água com base na biota aquática se apresentou melhor, principalmente na época de chuvas, em dezembro.
- Já podemos afirmar alguma efetividade do método para monitoramento, pois os resultados obtidos corroboram alguns dados obtidos na literatura (Dornfeld et al., 2004).
- No mês de maio de 2014 será feita mais uma coleta para que se complete um ciclo hidrológico, representando o início da estação seca.
- É precoce afirmar até o momento que houve impacto ambiental negativo sobre a biodiversidade macrobentônica. O que podemos afirmar é que existe uma diferença marcante entre a fauna da área marginal e profunda. Porém isso se deve a fatores abióticos naturais (luz, distância do ambiente terrestre, oxigênio dissolvido).



## Referências bibliográficas

ALEMIDA Matheus Venturini, 2007, Disponível no site: <[http://artigocientifico.tebas.ghost.net/uploads/artc\\_1196531867\\_30.pdf](http://artigocientifico.tebas.ghost.net/uploads/artc_1196531867_30.pdf)>, Acesso dia 04 de dezembro de 2012.

APHA – AWWA – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washington, D. C.: American Public Health Association, 20th ed. New York, 1998.

AQUICULTURA E SUSTENTABILIDADE – PARTE 2, GARCIA Fabiana, KIMPARA Janaína M. 2012.

AYROZA, Luiz Marques da Silva. Criação de tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na usina hidroelétrica de Chavantes, Rio Paranapanema, SP/PR. 2009. 104 f. Tese (Doutorado) - Centro de Aquicultura da UNESP, Campus Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Pond aquaculture water quality management. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998.

BOYD, Claude E.; TUCKER, Crayg S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J.G.L., MIERZWA, J.C., BARROS, M.T.L., VERAS, M., PORTO, M., , NUCCI, N., NUCCI, JULIANO, N. E EIGER, S., (2005), Introdução à Engenharia Ambiental, 2.ed., Prentice Hall, São Paulo, 2005.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasil 2010. Brasília 2012. Disponível em: <[www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br)>. Acesso em: 22 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2010. Aquicultura 2010. Produção. Participação da aquicultura no setor pesqueiro nacional. Disponível em: <[www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br)>. Acesso em: 22 ago. 2013.

CAMARGO, S.B.; POUHEY, J.L.; MARTINS, C. Parâmetros eritrocitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido à dieta de diferentes níveis de proteína. Ciência Rural, v.35, n.6, p.1406-1411, 2005.

CREPALDI, D. V. et al. A situação da Aquicultura e da pesca no Brasil e no mundo. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.81-85, jul/dez. 2006.

DAL'BO, G. A. et al. Hematology and the morphometric blood pattern of four tropical fish species of economic importance. Trabalho não publicado.

DORNFELD (Eds.) Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, impactos e Propostas de Manejo. São Carlos, Rima Editora, 2004. p. 221-238.

DORNFELD, C.B., PAMPLIM, P.A.Z., ESPÍNDOLA, E.L.G., ALVES, R.G., ROCHA, O. 2004. Composição, distribuição e mudanças temporais da fauna de invertebrados bentônicos do reservatório de Salto Grande (Americana, SP). In: Luiz Gaeta Espíndola, Maurício Augusto Leite, Carolina Buso

FALCON, D. R. et al. Leucograma da tilápia-do-nilo arraçoada com dietas suplementadas com níveis de vitamina C e lipídeo submetidas a estresse por baixa temperatura. Ciência Animal Brasileira, Goiânia, v.9, n. 3, p. 543-551, jul./set. 2008.

- FERNÁNDEZ, H.R., DOMINGUEZ, E. 2001. Guia para la Determinación de los Artrópodos Bentônicos Sudamericanos. Editora Universitária de Tucumán. Tucumán, Argentina. 282 p.
- FONSECA-GESSNER, A.A. & GUERESCHI, R.M. 2000. Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antonio, SP, Brasil. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.) Estudos Integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí, Rima, São Carlos. v.2, p.707-731.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [FAO] (2009). Fisheries and Aquaculture Department.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [FAO] (2009). Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 30 ago. 2013.
- FUSARI, L.M. & FONSECA-GESSNER, A.A. 2006. Environmental assessment of two small reservoirs in southeastern Brazil, using macroinvertebrate community metrics. Acta Limnol. Bras., v. 18, n. 1, p. 89-99.
- GARCIA Fabiana, KIMPARA Janaína M. 2012, Disponível no site:
- GARCIA-SANTOS, S; MONTEIRO, S, M; CARROLA, J; FONTAINHAS- FERNANDES, A. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilotica causadas pelo cádmio. 2. ed. Vila Real - Portugal: Arq. Bras. Med. Vet. Zootec, 2007. Cap. 59, p. 376-381. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v59n2/17.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2013.
- GENTEN, Franck; TERWINGHE, Eddy; DANGUY, André. ATLAS OF FISH HISTOLOGY. Enfield: Science Publishers, Enfi Eld, Nh, Usa, 2009.
- GHIRALDELLI, L. et al. Hematologia de *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) e *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) mantidos em diferentes condições de manejo e alimentação no Estado de Santa Catarina, Brasil. Acta Scientiarum Biological Sciences, Maringá, v. 28, n. 4, p. 319-325, Oct./Dec., 2006.
- GOMES, A, P, D; OLIVEIRA, W, R, M; TANURE, E, L; FIORINI, J, E; TANURE, N, M, S. ANALISE DA CARGA CONTAMINANTE DE AGROTÓXICOS E BACTÉRIAS EM PEIXES DA REPRESA DE FURNAS. 2009. Disponível em: <[http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?id\\_materia=4471&fase=imprime](http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?id_materia=4471&fase=imprime)>. Acesso em 27set. 2013.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- HELLAWELL, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science, London. 546p.
- HENRIQUE, Helen Sadauska. Aspectos fisioecologicos de *Astynax fasciatus* e *Pimelodus maculatus* (teleósteos) do reservatório da UHE de Furnas, MG: Avaliação Morfofuncional das brânquias e variáveis hematológicas. 2008. 165 f. Dissertação (Pós Graduação) - Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

- ISHIKAWA, M. M. et al. Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 17).
- KUBITZA, F; KUBITZA, L,M,M. TILÁPIAS: QUALIDADE DAÁGUA, SISTEMAS DE CULTIVO , PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO, MANEJO NUTRICIONAL E SANIDADE. PART I. 2005. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/59/Tilapias59.asp> >. Acesso em: 28 set. 2013.
- LINKE, S., NORRIS, R.H., FAITH, D. P. & STOCKWELL, D. 2005. ANNA: a new prediction method for bioassessment programs. *Freshwater Biol.*, 50:147-158.
- MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linhagem Chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Archivos, de Zootecnia*, v.55, n 210, p. 127-138. 2006.
- MARTINS, J.R.S. Decaimento e Mistura de Poluentes no Meio Ambiente. Apostila da disciplina de graduação. 2008. ([http://200.144.189.97/phd/default.aspx?id=34&link\\_uc=disciplina](http://200.144.189.97/phd/default.aspx?id=34&link_uc=disciplina))
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Influência do Processamento da Ração no Desempenho e Sobrevivência da Tilápia do Nilo Durante a Reversão Sexual. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, v.32, n.2, p. 262-267, 2003.
- MORFOLOGIA DAS BRÂNQUIAS DE STEINDACHNERINA BREVIPINNA (EIGENMANN & EIGENMANN, 1889) (CHARACIFORMES, CURIMATIDAE). *Revistas Biotemas: Biotemas*, 01 set. 2008.
- MOZETO, A.A; UMBUZEIRO, G.A.; JARDIM, W.F. Métodos de coletas, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce. São Carlos, Cubo Multimídia. 2006. 224 p.
- MOZETO, Antonio Aparecido et al.; Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce, 2006. Editora Cubo. Volume único.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L., BAPTISTA, D.F. 2010. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, 1ª Edição. Rio de Janeiro. 174 p.
- NIJBOER, R.C., VERDONSCHOT, P.F.M. & VAN DER WERF, D.C. 2005. The use of indicator taxa as representatives of communities in bioassessment. *Freshwater Biology*, v. 50, p. 1427-1440.
- OLIVEIRA-JUNIOR, A. A.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J. L. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with morphologic assessment of blood cells. *Research in Veterinary Science*, v.86, p.146-151, 2008.
- PASCHOAL Jonas Augusto Rizzato, 2012, Disponível em: <[http://www.bv.fapesp.br/pt/pesquisa/?sort=data\\_inicio&q=%22Monte+Alegre+do+Sul+%28SP%29%22](http://www.bv.fapesp.br/pt/pesquisa/?sort=data_inicio&q=%22Monte+Alegre+do+Sul+%28SP%29%22)>, Acesso dia 04 de dezembro de 2012.
- PÉREZ, G. R. 1988. Guía para el studio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidade de Antioquia, Colômbia. 217 p.

QUEVAUVILLER, P.; RAURET, G.; MUNTAU, H.; URE, A.M.; RUBIO, R.; LOPEZ SANCHEZ, J.F.; FIEDLER, H.D.; GRIEPINK, B. Evaluation of a sequential extraction procedure for the determination of extractable trace-metal contents in sediments, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 349, 808-814, 1994.

RAMOS, C. A. Caracterização morfofuncional das brânquias *Arapaima gigas*, durante a transição da respiração aquática para a respiração aérea. 2008. 98 f. Dissertação (Pos Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

RANZANI-PAIVA, M, J, T. Hematologia de peixes. 1991. In: SANTOS, H.S.L. (Ed.). *Histologia de peixes*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1991. p. 65-70.

RANZANI-PAIVA, M, J, T.; SALLES, F.A.; EIRAS, J.C. et al. Análises hematológicas de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do instituto de pesca, estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.25, p.77-83, 1999.

RODRIGUES, E; SILVA, M. R. M.; PALHETA, D.C.; COSTA, D. A. C.; PEREIRA, W. L. A. ASPECTOS HISTOPATOLÓGICOS EM PEIXES DE ÁGUA DOCE (*LEPORINUS ELONGATUS* E *EUGERRES BRASILIANUS*) CAPTURADOS EM ÁREA DE MINERAÇÃO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/site/38conbravet/resumos/844.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2013.

Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds.) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York. p.1-9.

SCORVO Célia M. D Frascá, FILHO João D. Scorvo, 2012. Disponível no site: <<http://blog.projetopacu.com.br/wp-content/uploads/Celia-Scorvo.pdf>>, Acesso dia 04 de dezembro de 2007.

SCORVO Célia M. D. Frascá, FILHO João D. Scorvo, *Produção em tanques-rede em represa rural*, 2012.

SILVEIRA, M.P., BAPTISTA, D.F., BUSS, D.F. , NESSIMIAN, J.L. & EGLER, M. 2005. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. *Environ. Monit. Assess.*, v. 101, p. 117- 128.

SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES. 1997, Piracicaba. Espécies nativas próprias para a piscicultura. São Paulo. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal: 117-130.

TAVARES-DIAS, M. Variáveis hematológicas de teleosteos brasileiros de importância zootécnica. 2003. 209 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, UNESP, Jaboticabal.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Características Hematológicas da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896 (OSTEICHTHYES: CICHLIDAE) Capturada em “Pesque-Pague” de Franca São Paulo, Brasil. *Bioscience Journal*, Uberlândia v.19, n.1, p. 107-114, 2003.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – 2 ed.* – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.



**Roteiro para entrevista aos PISCICULTORES ASSOCIADOS/PRIVADOS da cadeia produtiva da piscicultura na região do entorno do reservatório de FURNAS - MG.**

## **Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas - MG**

---

**Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura**

### **I CARACTERIZAÇÃO DO PISCICULTOR ASSOCIADO/PRIVADO**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Cargo/Função: \_\_\_\_\_

Associação/Empresa: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade/Estado: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_

Coordenadas - Latitude: \_\_\_\_\_ Longitude: \_\_\_\_\_ Altitude: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Nível de escolaridade: Sem instrução formal

Ensino Fundamental -  Completo  Incompleto

Ensino Médio -  Completo  Incompleto

Ensino Superior -  Completo  Incompleto

Pós Graduação –  Esp.  MSc.  Dr.  Pós-Dr.

Quantos dependentes possui? \_\_\_\_\_

Qual a atividade principal? \_\_\_\_\_

Tem satisfação em ser piscicultor? Por quê? \_\_\_\_\_

Há quanto tempo é piscicultor? \_\_\_\_\_

Conhecia a atividade antes de entrar na produção? \_\_\_\_\_

Faz algum tipo de planejamento da produção? \_\_\_\_\_

Fez algum tipo de treinamento ou capacitação em piscicultura? Qual? Onde? \_\_\_\_\_

Quando? \_\_\_\_\_

Qual a produção dos tanques redes (kg/ciclo)? \_\_\_\_\_

Quantos ciclos de produção se tem no ano? \_\_\_\_\_

Quais os peixes que são produzidos? Qual a porcentagem de cada? \_\_\_\_\_

Para quem é vendido o peixe criado? \_\_\_\_\_

Qual o tamanho de venda do peixe? A qual preço é vendido (R\$/kg)? \_\_\_\_\_

Faz algum tipo de acompanhamento do custo de produção? Qual seria (R\$/kg)? \_\_\_\_\_



Quais as dificuldades da atividade?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Pretende alguma ação na produção visto a perspectiva de expansão da piscicultura na região?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## II CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

Nome da Propriedade: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Município: \_\_\_\_\_

Propriedade:  arrendada,  própria ou  pública

Coordenadas - Latitude: \_\_\_\_\_ Longitude: \_\_\_\_\_ Altitude: \_\_\_\_\_

Distância da propriedade à sede do município: \_\_\_\_\_ (terra -  asfalto - )

Vias de acesso trafegável:

o ano inteiro  na seca  nas chuvas  em péssimas condições

Tipo de Atividade:  Comercial  Subsistência

Número de tanques rede: Total: \_\_\_\_\_ Em uso: \_\_\_\_\_

Volume dos tanques redes: Total: \_\_\_\_\_ Em uso: \_\_\_\_\_

Quantos anos trabalha nesta atividade? \_\_\_\_\_

A piscicultura está localizada dentro da área demarcada do parque aquícola?

Sim  Não

Se sustenta através da piscicultura?  Sim  Não

### Atividades econômicas predominantes:

Atividade	Tempo de dedicação	% de importância

### Infraestrutura de Apoio

Galpão  balsa  barco  motor  puçá  caixa de transporte  balança  termômetro  Kit análise de água  sonda multiparâmetros

## III CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA

**Nutrição:** Uso de ração:

Ração Completa  Ração Suplementar  Mista  Subprodutos

Grãos *in natura*  Outros (\_\_\_\_\_)

Como escolhe a ração: pela qualidade, pelo preço, pelo prazo de pagamento, pela idoneidade da empresa, prazo de entrega, outro critério?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quais as dificuldades da atividade?

---

Pretende alguma ação na produção visto a perspectiva de expansão da piscicultura na região?

---



---

## II CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

Nome da Propriedade: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Município: \_\_\_\_\_

Propriedade:  arrendada,  própria ou  pública

Coordenadas - Latitude: \_\_\_\_\_ Longitude: \_\_\_\_\_ Altitude: \_\_\_\_\_

Distância da propriedade à sede do município: \_\_\_\_\_ (terra -  asfalto - )

Vias de acesso trafegável:

o ano inteiro  na seca  nas chuvas  em péssimas condições

Tipo de Atividade:  Comercial  Subsistência

Número de tanques rede: Total: \_\_\_\_\_ Em uso: \_\_\_\_\_

Volume dos tanques redes: Total: \_\_\_\_\_ Em uso: \_\_\_\_\_

Quantos anos trabalha nesta atividade? \_\_\_\_\_

A piscicultura está localizada dentro da área demarcada do parque aquícola?

Sim  Não

Se sustenta através da piscicultura?  Sim  Não

### Atividades econômicas predominantes:

Atividade	Tempo de dedicação	% de importância

### Infraestrutura de Apoio

Galpão  balsa  barco  motor  puçá  caixa de transporte  balança  termômetro  Kit análise de água  sonda multiparâmetros

## III CARACTERIZAÇÃO DA PISCICULTURA

**Nutrição:** Uso de ração:

Ração Completa  Ração Suplementar  Mista  Subprodutos  
 Grãos *in natura*  Outros (\_\_\_\_\_)

Como escolhe a ração: pela qualidade, pelo preço, pelo prazo de pagamento, pela idoneidade da empresa, prazo de entrega, outro critério?

---



---



---

---



---



---

Qual o preço médio dos alevinos?¹

---



---



---

Faz tratamento na chegada dos alevinos?

---



---



---

Quais os problemas que enfrenta na compra dos insumos (ração, alevinos, etc.)?

---



---



---

Qual o custo de produção (R\$/kg de peixe produzido)

---



---



---

**Controle da água** (qualidade):  Sim  Não

Características:	Frequência	Problemas Comuns	Providências
Temperatura			
Oxigênio			
PH			
Transparência			

#### IV - CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

1 Reprodução:  Sim  Não

Espécie Cultivada

Nome	Produção Anual (mil.)	Quebra % (mortalid.)	Sistema de Cultivo	Área de Criação	Nat./Hibr./Exótica	Valor de Venda	Mercado Final






Como faz a venda:  na propriedade ou  faz entrega aos clientes/produtores  
 Como faz a despesca? \_\_\_\_\_

Local da Comercialização:  Município  Estado  País  Exterior

Transporte:  Próprio  Terceiros

**2 Recria:**  Sim  Não

Espécie Cultivada \_\_\_\_\_

Nome	Produção Anual (mil.)	Quebra % (mortalid.)	Sistema de Cultivo	Área de Criação	Nat./Hibr./ Exótica	Valor de Venda	Mercado Final

Como faz a venda:  na propriedade ou  faz entrega aos clientes/produtores  
 Como faz a despesca? \_\_\_\_\_

Local da Comercialização:  Município  Estado  País  Exterior

Transporte:  Próprio  Terceiros

**3 Engorda/Terminação:**  Sim  Não

Espécie Cultivada \_\_\_\_\_

Espécie Cultivada \_\_\_\_\_

Nome	Produção Anual (mil.)	Quebra % (mortalid.)	Sistema de Cultivo	Área de Criação	Nat./Hibr./ Exótica	Valor de Venda	Mercado Final

Como faz a despesca?  parcial  total

Como faz a venda - na propriedade ou faz entrega aos consumidores/intermediários

Local da Comercialização:  Município  Estado (qual? \_\_\_\_\_)

Transporte:  Próprio  Terceiros

**Assistência Técnica:**  Particular ou  Pública.

Qual? \_\_\_\_\_

Sem acompanhamento  Com projeto inicial

Com acompanhamento contínuo  Com acompanhamento esporádico

Custo da assistência: R\$ \_\_\_\_\_



Qualificação do profissional:

Profissão  Eng. De Pesca  Veterinário  Zotec.  Eng. Agr.   
Outros. \_\_\_\_\_

Grau acadêmico  B.Sc.  Esp.  M.Sc.  Dr./Ph.D. Não Sabe?

Conhece a legislação estadual e federal sobre aquacultura?  Sim  Não

Possui Licenciamento ambiental para Piscicultura?  Sim  Não

No  MPA  IBAMA  Secretaria Estadual/Municipal de Meio Ambiente

Tem conhecimento do valor das multas?  Sim  Não

Tem conhecimento das áreas de preservação permanente (matas ciliares e reserva legal) e da impossibilidade de introdução de espécies exóticas?  Sim  Não

Tem certificado quanto a questão sanitária dos animais?  Sim  Não

**Utilização de medicamentos:**

Quais são utilizados? \_\_\_\_\_

Pessoal é treinado para manipular os medicamentos?  Sim  Não

Utilizam equipamento de proteção individual - EPI?  Sim  Não

**Instalação da Piscicultura:**  Recursos Próprios  Financiada  Apoio

Institucional (qual entidade? \_\_\_\_\_)

Qual banco? \_\_\_\_\_ Qual o fundo utilizado? \_\_\_\_\_

Pretende expandir?  Sim  Não

Para expandir vai utilizar:  Recursos Próprios  Financiada

Qual banco? \_\_\_\_\_ Qual o fundo a ser utilizado? \_\_\_\_\_

**Comercialização:**  Peixe Vivo  Beneficiado  S/Visceras  C/Visceras

**Beneficiamento na propriedade**  Sim  Não

Peixe Inteiro  Peixe limpo/eviscerado  Filés  Postas

Industrialização - Lingüiça, peixe defumado, fishburguer, salgado

Possui Inspeção:  Sim  Não  Municipal  Estadual  Federal

Utiliza as peles para artesanato?  Sim  Não

Tem interesse sobre a sua utilização?  Sim  Não

Qual o destino das vísceras/resíduos?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# META 05

## Adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) e Gestão Ambiental Territorial para Sustentabilidade da Aquicultura



### Coordenador de Execução da Meta

Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues  
pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Jaguariúna  
2014

## **Equipe Técnica**

Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues  
pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

Dra. Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto  
pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Julio Ferraz de Queiroz  
pesquisador – Embrapa Meio Ambiente

M.Sc. Célia Maria Dória Frascá Scorvo  
PqC Aquicultura – APTA Regional do Leste Paulista

Dr. João Donato Scorvo Filho  
PqC Aquicultura – APTA Regional do Leste Paulista

Dra. Fernanda Garcia Sampaio  
Pesquisadora – Embrapa Meio Ambiente

Patrícia Regina Domingos  
Extensionista – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

## I - Introdução

É política do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) implementar 'Parques Aquícolas' nos reservatórios da União, delimitados para receberem tanques rede em áreas selecionadas segundo atentos diagnósticos de hidrodinâmica, avaliações de capacidade suporte, usos múltiplos da água e verificação de interesses conflitantes. Dentre os requisitos para implantação desses Parques Aquícolas consta o monitoramento ambiental e dos benefícios sociais dos empreendimentos. Um grande desafio para tais programas é englobar as múltiplas escalas representadas por (i) empreendimentos individuais de aquicultura (sejam estes pequenos ou grandes produtores), (ii) a associação coletiva dos produtores em um dado Parque Aquícola, e (iii) a comunidade em geral, eventualmente afetada por esses empreendimentos. Além disso, o processo de monitoramento deve enfatizar a capacidade de promover e recomendar a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM), facilitando ao mesmo tempo a manutenção de registros de qualidade ambiental, dos recursos naturais e da eficiência produtiva.

Como proposta metodológica para este processo de manutenção de registros da qualidade dos recursos e gestão ambiental dos empreendimentos de produção aquícola foi formulado um 'Sistema de Avaliação de Impactos e Boas Práticas de Manejo Aquícola' (APOIA-Aquicultura), composto por 68 indicadores integrados em uma plataforma multi-atributo, para avaliar a 'Organização espacial' das empresas (em um conjunto de 22 indicadores), as condições analíticas de 'Qualidade da água' (14 indicadores) e 'Qualidade dos sedimentos' (09 indicadores), além das condições relativas ao 'Manejo, nutrição e sanidade' (23 indicadores).

Estudos de casos foram realizados a fim de verificar a flexibilidade da abordagem metodológica para as diferentes tipologias de empreendimentos existentes no reservatório de Furnas, região de Capitólio / Guapé (MG), incluindo produtor familiar individual, produtores coletivamente organizados em associação e produtor empresarial. Com base nesses estudos, propõe-se uma análise crítica da aplicabilidade do sistema APOIA-Aquicultura como ferramenta de gestão ambiental na escala dos empreendimentos aquícolas, bem como para a verificação e o registro de dados sobre a qualidade e a eficiência do uso de recursos, no alcance territorial.

## II - Metas Empregadas

---

### ATIVIDADES:

5.2 Proceder à avaliação de impactos ambientais junto aos atores sociais envolvidos com o desenvolvimento do Parque Aquícola, quais sejam: (i) aquicultores e suas representações, (ii) gestores públicos e comunitários locais, (iii) agentes de pesquisa e extensão rural e (iv) processadores/fornecedores/comerciantes e suas representações.

III. A avaliação de impactos será procedida em duas etapas:

- na escala das cadeias produtivas locais, em oficinas de trabalho subsidiadas por metodologia multi-critério (Ambitec-Agro), com indicadores dirigidos à avaliação dos impactos socioambientais do projeto na escala territorial do Parque Aquícola;

---

### RESULTADOS 5.1.i


Realizou-se a 'Oficina sobre análise de vantagens competitivas de empreendimentos aquícolas', como evento associado ao 'Encontro técnico de piscicultores de Capitólio / Guapé (MG)', ocorrido aos 12 de agosto de 2013 na Câmara Municipal de Capitólio (MG), em parceria com a EPAMIG, a APTA Regional Leste Paulista e a Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Na Oficina, cinco produtores independentes, 12 produtores associados (membros da Associação dos Piscicultores de Capitólio), seis agentes de Apoio Técnico, Pesquisa, Extensão Rural, dois Gestores Públicos e um representante de Fornecedores Ração, Insumos, Equipamentos (em um total de 26 atores sociais envolvidos com o setor aquícola local) expressaram seu conhecimento sobre o contexto produtivo, e suas expectativas quanto ao papel da adoção de Boas Práticas de Manejo, do monitoramento de qualidade dos recursos naturais e da conservação ambiental para a competitividade dos empreendimentos, nas áreas aquícolas de Capitólio / Guapé (MG).

Com base em entrevista estruturada especificamente desenhada para esse tema (ver formulário a seguir), respondida pelo grupo de atores sociais participantes da Oficina, observou-se que a maioria entende que a conservação ambiental (em especial da qualidade da água) e a adoção de BPM são fundamentais para garantir o sucesso de seus respectivos negócios (ver Tabela 1). Entretanto, segundo o ponto de vista dos produtores, a disponibilidade de conhecimentos técnicos não seria suficiente para garantir a competitividade, mesmo se os principais processos passíveis de melhorias apontados possam ser básicos, como por exemplo, a definição precisa da melhor densidade de estocagem, que a sua vez permitiria o ajuste adequado da quantidade de ração e cálculo de consumo. Na ausência dessas condições, não tem sido possível o

acompanhamento da eficiência produtiva, ou dos parâmetros econômicos básicos de conversão alimentar, custos ou lucratividade.

Já o monitoramento e a conservação da Qualidade da água, e o planejamento do ciclo produtivo apareceram como prioridades, respectivamente com 42 e 77%. Estas se configuram, segundo o conjunto de atores envolvidos com o setor aquícola local, as melhorias essenciais para alcance de um diferencial de competitividade, o que confirma o papel fundamental das avaliações de Impacto ambiental e de adoção de BPM, conforme procedidas em cumprimento às atividades 5.1ii e 5.2, descritas abaixo.

**Figura 1.** Formulário de análise de vantagens competitivas de empreendimentos aquícolas, conforme contexto de adoção de Boas Práticas de Manejo, nos parques aquícolas de Capitólio / Guapé (MG) - material de apoio para a 'Oficina sobre Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas', Capitólio, 12 de agosto de 2013.



**Análise de Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas**

**Caracterização dos produtores e demais participantes**  
 Produtor independente ( ) Produtor associado ( )  
 Apoio técnico, pesquisa ou extensão rural ( ) Gestor público ou comunitário ( )  
 Fornecedores de equipamentos, ração, outros insumos ( )

**Apenas para Produtores:**  
 Quantos anos de experiência na aquicultura? \_\_\_\_\_  
 Possui outras fontes de renda além da piscicultura? ( ) sim ( ) não

**1- A atenção na conservação ambiental, com adoção de Boas Práticas Aquícolas, representa importante fator de agregação de valor ao produto final.**  
 ( ) Concordo Plenamente ( ) Concordo Parcialmente ( ) Não se Aplica  
 ( ) Discordo Totalmente ( ) Discordo Parcialmente

**2- O Conhecimento Técnico e de Gestão Ambiental que possuo são suficientes para garantir que meu produto seja competitivo no mercado.**  
 ( ) Concordo Plenamente ( ) Concordo Parcialmente ( ) Não se Aplica  
 ( ) Discordo Plenamente ( ) Discordo Parcialmente

**3- Quais dos seguintes conhecimentos técnicos representam "Oportunidades de melhoria" nas práticas de manejo? Numere de 1 a 5 pela maior importância.**  
 ( ) Densidade populacional nos tanques ( ) Frequência e horário de alimentação  
 ( ) Medição do tamanho e peso ( ) Quantidade de ração e cálculo de consumo  
 ( ) Ajuste do tipo de ração (teor de proteína / tamanho do pellet)

**4- Quais os conhecimentos de Gestão Ambiental (implantação e disposição dos tanques-rede, controle de qualidade da água e do fundo de reservatório) trazem diferencial de competitividade do produto no mercado?**  
 Numerar de 1 a 5, sendo 1 o mais importante.  
 ( ) Distância de fontes de poluição ( ) Adensamento dos tanques rede  
 ( ) Qualidade da água ( ) Qualidade do sedimento ( ) Origem dos alevinos

**5- Quais os conhecimentos de Gestão e Administração trazem diferencial de competitividade do produto no mercado? Numere de 1 a 5 pela maior importância.**  
 ( ) Planejamento do Ciclo Produtivo ( ) Controle e registro da saúde e mortalidade  
 ( ) Controle e registro de uso de medicamentos ( ) Procedimentos de descarte / destinação de peixes mortos ( ) Controle e registro do produto final

**6- Quais dos grupos abaixo mais influenciam na busca de soluções para as dificuldades na produção e comercialização? Indique por ordem de influência de 1 a 5.**  
 ( ) Produtor independente ( ) Produtor associado ( ) Gestor público ou comunitário  
 ( ) Apoio Técnico, Pesquisa ou Extensão Rural ( ) Fornecedores de ração e Insumos



**Tabela 1.** Resultados da Oficina sobre Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas

<b>Análise de Vantagens Competitivas de Empreendimentos Aquícolas</b>						
<b>Número de Entrevistas : 26</b>		<b>Data: 12/08/2013</b>		<b>Capitólio/MG</b>		
<b>Caracterização dos entrevistados</b>		<b>total</b>	<b>26</b>			
Produtor Independente			5	19%		
Produtor Associado			12	46%		
Apoio Técnico, Pesquisa, Extensão Rural			6	23%		
Gestor Público			2	8%		
Fornecedores Ração, Insumos, Equipamentos			1	4%		
<b>Anos de Experiência:</b>		7	35%	<b>Outras Fontes:</b>	Sim	11 55%
		13	65%		Não	9 45%
<b>1. Conservação Ambiental e Boas Práticas Aquícolas (como fator de agregação de valor)</b>						
Concordo Plenamente		18	69%			
Concordo Parcialmente		6	23%			
Não Se Aplica						
Discordo Totalmente		2	8%			
Discordo Parcialmente						
<b>2. Conhecimento Técnico e Gestão Ambiental (são suficientes para competitividade)</b>						
Concordo Plenamente		5	19%			
Concordo Parcialmente		14	54%			
Não Se Aplica		4	15%			
Discordo Totalmente		2	8%			
Discordo Parcialmente		1	4%			
<b>3. Conhecimentos Técnicos</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Densidade Populacional nos Tanques		<b>13</b>	<b>8</b>	3	1	2
Frequência e Horário de Alimentação		4	3	3	7	9
Medição de Tamanho e Peso		0	2	5	7	<b>11</b>
Quantidade de Ração e Cálculo de Consumo		8	7	7	2	2
Ajuste tipo de Ração		1	6	<b>8</b>	<b>9</b>	2
<b>4. Conhecimentos Gestão Ambiental trazem diferencial competitividade</b>						
Distância de Fontes de Poluição		6	9	3	1	7
Adensamento dos Tanques Rede		1	4	<b>9</b>	<b>9</b>	3 35%
Qualidade da Água		<b>11</b>	<b>11</b>	2	1	1 42%
Qualidade de Sedimentos		1	1	7	7	<b>10</b> 38%
Origem dos Alevinos		7	1	5	8	5
<b>5. Conhecimento de Gestão e Administração Diferencial de Competitividade</b>						
Planejamento Ciclo Produtivo		<b>20</b>	4	0	0	2 77%
Controle Saúde e Mortalidade		3	7	<b>10</b>	5	1 38%
Controle de Uso de Medicamentos		0	4	6	6	<b>10</b> 38%
Procedimentos Descarte/Destinação Peixes Mortos		1	1	5	<b>11</b>	8 42%
Controle e Registro Produto Final		2	<b>10</b>	5	4	5 38%
<b>6. Atores que influenciam nas soluções produção e comercialização</b>						
Produtor Independente		2	2	5	5	<b>12</b> 46%
Produtor Associado		<b>15</b>	5	3	2	1 58%
Gestor Público ou Comunitário		0	4	<b>9</b>	4	9 35%
Apoio Técnico, Pesquisa Extensão Rural		8	<b>13</b>	5	0	0 50%
Fornecedores Ração Equipamentos e Insumos		1	2	4	<b>15</b>	4 58%

---

## **ATIVIDADE**

- na escala do Parque Aquícola e dos produtores individuais associados, em levantamentos de campo subsidiados por indicadores de adoção tecnológica e de Boas Práticas de Manejo (BPM) (com a metodologia multi-atributo APOIA-Aquicultura).
- 

## **RESULTADOS 5.1.ii**

No período referente ao presente relatório foi realizado o estudo de caso restante previsto, de Avaliação de Impacto e adoção de BPM, em empreendimento aquícola de referência para a escala empresarial, em adição aos empreendimentos de referência para produtores associados e produtor familiar individual, apresentados no relatório de atividades 2012. No texto que segue, encontra-se o Resumo Executivo extraído do relatório de Gestão Ambiental, formulado para esse estudo e restituído ao produtor, para sua tomada de decisão de manejo (o Relatório de Gestão Ambiental, em seu formato completo, está à disposição nos arquivos do projeto).

---

### **RESUMO EXECUTIVO**

#### **Relatório de Gestão Ambiental Piscicultura C – Guapé (MG)**

#### **Área Aquícola Capitólio / Guapé, Reservatório de Furnas**

#### **Sistema de avaliação ponderada de impacto ambiental de atividades rurais**

#### **Módulo para Boas Práticas de Manejo na Aquicultura (APOIA-Aquicultura\_2.0)**

Aos 12 de novembro de 2013, membros da equipe do projeto ‘Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas’ realizaram um estudo de indicadores de desempenho ambiental e adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) na Piscicultura C, localizada em área aquícola no município de Guapé (MG), no reservatório de Furnas. A base metodológica desse estudo foi o sistema integrado de indicadores APOIA-Aquicultura, que foca a gestão ambiental e a verificação da adoção de BPM. O contexto considerado para análise dos indicadores foi a produção de tilápias em ~300 tanques rede (com previsão de ampliação até 800), dispostos na área aquícola imediatamente defronte à propriedade rural, onde se localiza a maior parte da infraestrutura para produção de tilápias em ciclo completo, incluindo manutenção de matrizes, produção de alevinos (estes em área própria, no mesmo município), engorda de peixes, abate e processamento até filé; formulação de ração, incluindo aproveitamento de sub-produtos do processamento; construção de tanques rede e de equipamentos para mecanização desde arraçamento, despesca até processamento.

Os detalhes do levantamento de dados relativos às características produtivas, ao engajamento dos trabalhadores e condições de trabalho, aos aspectos ambientais e socioeconômicos, bem como os índices de desempenho para o conjunto de indicadores de BPM e de qualidade das águas e dos sedimentos.

Da análise dos indicadores de desempenho ambiental e produtivo do empreendimento depreendeu-se que as condições gerais de implantação são adequadas, com especial referência à excelente qualidade da água no momento das coletas. Segundo os padrões definidos no sistema de indicadores, o índice integrado de desempenho alcançado foi igual a 0,76 (em uma escala de 0 a 1,0 com a linha de base de BPM definida em 0,70).

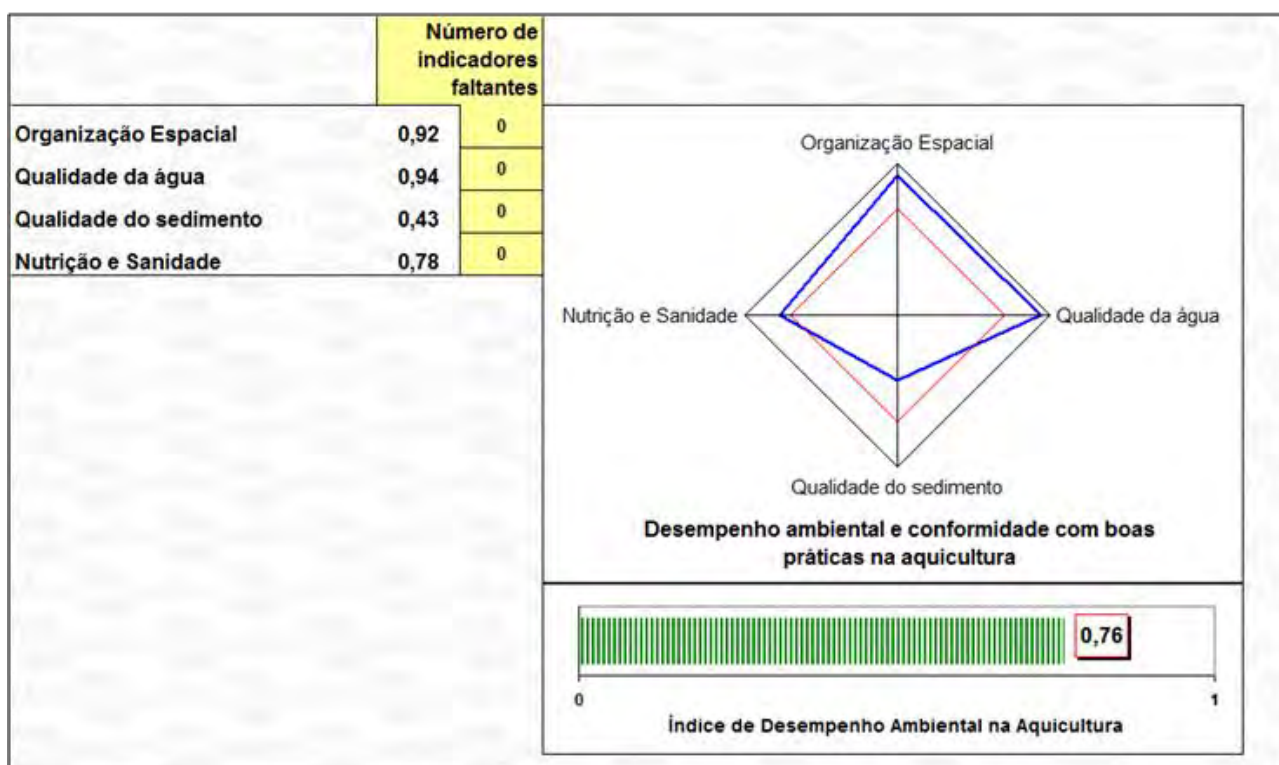
Especificamente, um índice médio de 0,92 resultou para o conjunto de indicadores relativos à dimensão Organização espacial, que apresentou adequadas condições de implantação, localização / formato e dimensões dos tanques rede, bem como infraestrutura e equipamentos, que permitem adequadas condições de sanidade animal e, conseqüentemente, adequados procedimentos de despesca e qualidade do produto. Deficiências, contudo, permanecem presentes em determinadas condições de manejo e operações, incluindo dados para o planejamento e gestão do ciclo produtivo, que dependem de ajustes em procedimentos de recebimento e estocagem dos peixes e de procedimentos de classificação e repicagem, ambos ora em fase de implementação.

Já para os indicadores da dimensão Qualidade da água obteve-se índice igual a 0,94 no momento das coletas, observando-se apenas mínimas alterações nas características químicas e biológicas analisadas, todas mantidas em perfeita conformidade com os padrões definidos na legislação, embora os níveis de fosfato nos tanques rede tenham se mostrado elevados, resultado do arraçoamento.

Os indicadores de qualidade do sedimento, por outro lado, atestam o presente estágio de implantação do empreendimento, quando não se observam expressivos acúmulos de matéria orgânica ou de nutrientes nas amostras imediatamente ao fundo da posição dos tanques rede, comparativamente à posição à montante do fluxo preferencial da água. Com um índice médio de desempenho igual a 0,43, tido como baixo devido notadamente a deficiência de nutrientes, esses indicadores deverão ainda passar por uma fase de aumento com o transcorrer do tempo de funcionamento e a ampliação do empreendimento, antes de passar por um índice mais elevado, indicativo de adequadas condições de fertilidade; para iniciar um retrocesso, daí então devido a eventual acúmulo de nutrientes. Claro que quanto maior o tempo a transcorrer para que essa tendência se confirme, melhor terá sido o manejo no sentido de aproveitar os nutrientes

aportados (como ração) e minorar tanto os desperdícios quanto os resíduos liberados no ambiente.

Nesse sentido, melhorias previstas no manejo e operações, especialmente o adequado ajuste da densidade populacional em cada tanque rede, base para o adequado controle da quantidade administrada e cálculo de consumo de ração, deverão permitir melhorar o índice de 0,78 ora obtido na dimensão de Manejo, nutrição e sanidade (ver Gráfico de desempenho). A correção dessas poucas deficiências, melhorando os procedimentos de controle e registros, permitirá à Piscicultura C aperfeiçoar seus padrões de BPM, elevando a qualidade dos seus produtos e a viabilidade do empreendimento.



**Figura 2.** Índices de desempenho ambiental e Boas Práticas de Manejo obtidos para a Piscicultura C, em área aquícola de Guapé (MG). Novembro de 2013.

## ATIVIDADE

5.2 Formulação e transferência dos planos de desenvolvimento territorial da aquicultura (conjunto de atores da cadeia produtiva local) e dos relatórios de gestão ambiental das unidades produtivas (aquicultores).

## RESULTADOS 5.2

Os resultados dessa etapa do Projeto Furnas foram apresentados como trabalho acadêmico no *4th International Workshop Advances in Cleaner Production - Integrating Cleaner Production*

*into Sustainability Strategies* (São Paulo, 22 a 24 de maio de 2013) como ‘Best Practices and Environmental Management in Aquaculture – Indicators for Monitoring in Multiple Scales’.<sup>10</sup>

Levantamentos de campo para a avaliação de impactos ambientais em empreendimentos aquícolas foram realizados em três estabelecimentos de referência de Capitólio / Guapé (MG), selecionados por abrigarem as Plataformas de Coleta de Dados instaladas pelo Projeto, e por representarem três tipos de produtores alvos da pesquisa, quais sejam: (1) Piscicultura A, de produtores associados (membros da Associação de Piscicultores de Capitólio), onde está instalada a Plataforma 2; (2) Piscicultura B, de um produtor familiar individual, na proximidade do Parque Aquícola delimitado como Guapé IV, onde está instalada a Plataforma 3 (esses dois com os respectivos Relatórios de Gestão Ambiental apresentados em 2013); e (3) a Piscicultura C, relativa a produtor empresarial de médio porte, instalado em área aquícola de caráter oneroso onde está a Plataforma 6 (cujo Resumo Executivo do Relatório de Gestão Ambiental consta da seção de resultados 5.1.ii, acima).

Desse conjunto de estudos de caso, depreendeu-se que há importante diversidade de estágios de adoção tecnológica, entre as diferentes categorias de produtores. Ficou evidente que os produtores associados e o produtor individual (ambos de menor porte, com cerca de 80 tanques), em geral apresentam maiores deficiências de manejo e infraestrutura, com correções a implantar no que concerne à identificação individual dos tanques rede, para que se possa realizar acompanhamento pormenorizado da oferta de ração e cálculo de consumo. Na ausência dessas condições, há evidência de excesso no fornecimento de ração, implicando em alto custo e, por estarem estabelecidos há maior período, observa-se acúmulo de nutrientes no sedimento, ao fundo da posição dos tanques rede. Especificamente, teores de matéria orgânica e de fosfato aparecem acentuadamente aumentados na comparação entre sedimentos amostrados ~10 m a montante (considerando os fluxos de corrente locais), e sob os tanques.

Por outro lado, o estudo realizado no produtor de referência para a escala empresarial apontou níveis mais adequados de adoção de BPM, bem como infraestrutura produtiva e equipamentos suficientes para organização dos registros e certificação de qualidade do produto. Devido ao manejo alimentar mais preciso, ao acompanhamento biométrico frequente e também a um menor período desde a implantação, na atual escala produtiva (~300 tanques rede), a presença de nutrientes mostrou-se bastante menor nos sedimentos coletados no empreendimento, como

---

<sup>10</sup> [http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/6B/7/rodrigues\\_gs\\_et\\_al\\_work.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/6B/7/rodrigues_gs_et_al_work.pdf);  
[http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/6B/7/rodrigues\\_gs\\_et\\_al\\_presentation.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/6B/7/rodrigues_gs_et_al_presentation.pdf)

pode ser verificado nas Tabelas 2 a 4, que resumem os resultados dos indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) nos estabelecimentos estudados.

Conforme expresso no sistema de indicadores APOIA-Aquicultura, base metodológica dos estudos, o desempenho ambiental é definido tanto pela variação percentual nos níveis de nutrientes nos sedimentos (indicativos de impacto ou alteração na qualidade) quanto em valores apontados como adequados na literatura, em termos de os sedimentos comporem (ou não) base para fertilização da água (assim contribuindo para a produção primária no reservatório). Ainda que esse efeito tenha maior importância em sistemas produtivos em tanques escavados, onde se pode manter melhor controle dessas condições e a produção primária contribui mais fortemente para a nutrição dos peixes; em geral o raciocínio é proposto como válido, também, para a gestão ambiental de sistemas de produção com tanques rede em reservatórios.

O que se mostrou interessante no caso particular observado no empreendimento C é que, no mais das vezes, os indicadores de desempenho de Qualidade do sedimento se qualificaram como baixos (abaixo de 0,7 conforme modelado nos indicadores) por apresentarem níveis muito baixos de nutrientes (mesmo se por vezes aumentados em relação à situação 'antes', i.e., longe dos tanques). Isso significa que, na hipótese mais provável, desses níveis observados continuarem a aumentar com o transcorrer do tempo de funcionamento e a ampliação do empreendimento, a tendência será que esses indicadores apresentem melhora, antes de passar por um índice mais elevado e iniciar um retrocesso, daí então devido a excesso de nutrientes. Claro que quanto maior o tempo a transcorrer para que essa tendência se confirme, melhor terá sido o manejo no sentido de aproveitar os nutrientes aportados (como ração) e minorar tanto os desperdícios quanto os resíduos liberados no ambiente.

Ao lembrar que esse é um processo normal, inevitável como consequência da criação animal, enfatiza-se que não se trata de 'contaminação' ou 'poluição' dos sedimentos, mas de indicadores que servem de *proxi* para o manejo do 'Arraçoamento' (na dimensão 'Manejo, nutrição e sanidade'), que aparece em nosso estudo com condições a melhorar (especialmente o controle da qualidade conforme estágios de desenvolvimento e cálculo de consumo), em favor daquele objetivo de minimizar ao máximo acúmulo de nutrientes no sedimento.

A análise integrada de desempenho ambiental e adoção de BPM, fundamentada no sistema de indicadores APOIA-Aquicultura e segundo os procedimentos descritos no presente relatório, documenta importantes características do contexto produtivo observado nos empreendimentos de referência estudados nas áreas aquícolas de Capitólio / Guapé (MG). Os resultados da análise

de critérios de Organização espacial e de Manejo nutrição e sanidade têm permitido oferecer recomendações para ajustes e correções nas práticas produtivas; enquanto os critérios de Qualidade ambiental, em especial dos indicadores de qualidade da água e dos sedimentos, provêm bases para a aferição daquelas práticas produtivas, e para a conservação da qualidade dos recursos naturais explorados pelo setor aquícola local.

**Tabelas 3:** Indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) no Empreendimento: Piscicultura B (produtor familiar individual).

<b>Qualidade da água.</b>					<b>Qualidade do sedimento</b>						
Índice médio = 0,96					Índice médio de desempenho = 0,52						
<b>1</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor antes</b>	<b>Valor depois</b>	<b>Índice de impacto</b>	<b>Índice de desempenho</b>	<b>2</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor antes</b>	<b>Valor depois</b>	<b>Índice de impacto</b>	<b>Índice de desempenho</b>
	<b>Oxigênio dissolvido</b>	8,4	7,26	0,55	0,95		<b>Matéria orgânica</b>	2,7	6,3	0	0
	<b>Coliformes termotolerantes</b>	0	0	0,70	1,00		<b>pH</b>	5,2	5,4	0,99	0,66
	<b>DBO<sub>5</sub></b>	0,3	0,2	1,00	1,00		<b>Fósforo</b>	350	570	0,60	0,10
	<b>pH</b>	6,7	6,9	0,95	0,99		<b>K trocável</b>	1,0	0,9	0,99	0,27
	<b>Nitrato</b>	<5	<5	0,70	0,99		<b>Mg (e Ca) trocável</b>	49 + 5	60 + 5	1,0	0,77
	<b>Nitrito</b>	0,03	0,03	0,70	0,97		<b>H + Al (Acidez potencial)</b>	42	42	0,70	0,38
	<b>Nitrogênio amoniacal total</b>	0,23	0,19	0,88	0,93		<b>Soma de bases</b>	55,0	65,9	0,89	0,95
	<b>Fosfato</b>	0,38	0,25	1,00	0,70		<b>CTC</b>	97,0	107,9	0,82	0,98
	<b>Turbidez</b>	3	3	0,70	0,99		<b>Volume de bases</b>	56,7	61,1	0,79	0,54
	<b>Clorofila a</b>	2,07	2,07	0,70	1,00						
	<b>Condutividade</b>	0,031	0,032	0,67	0,95						
	<b>Poluição visual da água</b>	100% ausente	100% ausente	0,70	1,00						
	<b>Impacto potencial de pesticidas</b>	100% ausente	100% ausente	0,70	1,00						



**Tabelas 4:** Indicadores de Qualidade ambiental (água e sedimentos) no Empreendimento: Piscicultura C (produtor empresarial de médio porte).

Qualidade da água					Índice médio = 0,95	Qualidade do sedimento					Índice médio de desempenho = 0,43
3	Indicador	Valor antes	Valor depois	Índice de impacto	Índice de desempenho	4	Indicador	Valor antes	Valor depois	Índice de impacto	Índice de desempenho
	<b>Oxigênio dissolvido</b>	8,6	6,4	0,70	0,95		<b>Matéria orgânica</b>	2,5	4,2	0,54	0,48
	<b>Coliformes termotolerantes</b>	0	0	0,70	1,00		<b>pH</b>	4,5	4,5	0,99	0,24
	<b>DBO<sub>5</sub></b>	1,2	1,3	0,60	0,96		<b>Fósforo</b>	8	25	0,0	0,60
	<b>pH</b>	7,38	6,62	0,57	0,93		<b>K trocável</b>	1	1	1,00	0,29
	<b>Nitrato</b>	<5	<5	0,70	1,00		<b>Mg (e Ca) trocável</b>	10 + 3	14 + 3	1,00	0,55
	<b>Nitrito</b>	0,003	0,003	0,70	1,00		<b>H + Al (Acidez potencial)</b>	52	58	0,56	0,21
	<b>Nitrogênio amoniacal total</b>	0,09	0,09	0,70	0,98		<b>Soma de bases</b>	14,0	18,0	0,93	0,33
	<b>Fosfato</b>	0,2	0,42	0,0	0,51		<b>CTC</b>	66,0	76,0	0,86	0,96
	<b>Turbidez</b>	0,9	0,8	0,70	1,00		<b>Volume de bases</b>	21,2	23,7	0,83	0,18
	<b>Clorofila a</b>	0	0	0,70	1,00						
	<b>Condutividade</b>	0,038	0,037	0,72	0,95						
	<b>Poluição visual da água</b>	100% ausente	100% ausente	0,70	1,00						
	<b>Impacto potencial de pesticidas</b>	100% ausente	100% ausente	0,70	1,00						

---

## ATIVIDADE

5.3 Promoção de ações de transferência de tecnologia para membros de comitês de bacias; órgãos de gestão de recursos hídricos, prefeituras municipais, cooperativas e consórcios de cidades e produtores. Serão realizados 3 dias de campo/workshops.

---

### RESULTADOS 5.3

Quatro eventos de transferência de tecnologia foram realizados no âmbito da Meta 5 em 2013, sendo (1) um curso de capacitação em avaliação de impactos para gestão ambiental de atividades rurais, com ênfase em aplicações para o setor aquícola, oferecido por solicitação do programa de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP; (2) uma 'Oficina sobre Análise de vantagens competitivas de empreendimentos aquícolas', organizada como etapa da Atividade 5.1i, de Avaliação Multi-critério dos Impactos socioambientais do projeto na escala territorial do Parque Aquícola de Capitólio / Guapé (MG); (3) uma Mesa redonda sobre 'Aplicabilidade das informações ambientais para a tomada de decisão sobre práticas de manejo aquícola no Reservatório de Furnas', para transferência de resultados dos estudos de campo ao grupo de produtores membros da Associação de Piscicultores de Capitólio; e (4) um Dia de Campo sobre 'Gestão ambiental e adoção de Boas Práticas de Manejo aquícola em empreendimento de escala empresarial no Reservatório de Furnas', como etapa de estudo de caso de avaliação de impacto de empreendimento aquícola.

Esses eventos são detalhados a seguir.

### **Curso Avaliação de impactos e análise de desempenho socioambiental de atividades rurais**

Data: 10 de junho de 2013

Local: Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) - UNICAMP

Parceiros: Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) - UNICAMP

#### **Introdução**

Reconhecida a necessidade de metodologias que tornem possível o estudo dos impactos socioambientais e que contribuam para a gestão ambiental de atividades rurais, propõe-se o

Sistema Ambitec-Agro para a avaliação de impactos na escala de cadeias produtivas locais, e o sistema APOIA-NovoRural para a gestão ambiental de estabelecimentos rurais. No presente curso, esses métodos serão apresentados como alternativas para a realização de projetos cooperativos, de interesse interinstitucional.

## **Objetivos**

Transferir procedimentos de avaliação de impactos e análise de indicadores de desempenho ambiental de inovações tecnológicas e sistemas produtivos agropecuários.

## **Programa**

8:00 – 8:15 - Abertura e apresentação dos participantes

8:15 – 10:00 - Avaliação de impactos e gestão ambiental – integração metodológica nas escalas de cadeias produtivas locais e estabelecimentos rurais

10:00 – 10:15 – Café

10:15 – 11:00 - Um sistema multicritério de indicadores (Ambitec-Agro) para avaliação de impactos socioambientais de inovações tecnológicas agropecuárias

11:00 – 12:00 - Um sistema multiatributo de indicadores (APOIA-NovoRural) para gestão ambiental de atividades rurais

12:00 – 13:30 – Almoço

13:30 – 15:00 - Detalhamento do conjunto de indicadores e Revisão de projetos e estudos de caso  
15:00 – 15:15 – Café

15:15 – 17:00 - Análise crítica da aplicabilidade das abordagens metodológicas para estudos de competitividade e agregação de valor no setor produtivo rural

17:00 – Encerramento

---

## **Oficina sobre Análise de vantagens competitivas de empreendimentos aquícolas**

Data: 13 de agosto de 2013

Local: Câmara Municipal de Capitólio (MG)

Parceiros: Epamig, APTA Regional Leste Paulista, Unicamp

## **Introdução**

Ao longo de 2012/2013 foram realizadas diversas campanhas de campo para levantamento do uso do solo e o tamanho dos empreendimentos aquícolas no entorno do Parque Aquícola, e avaliação dos parâmetros de qualidade da água e de sedimentos. Assim, neste evento serão apresentados resultados alcançados até o momento e discutir desafios futuros. Esclarecimento da metodologia do trabalho realizado anteriormente e levantamento de dados através de questionário impresso / entrevista para fins de análise e definição das vantagens competitivas da gestão ambiental no empreendimento aquícola.

## **Objetivos**

Apresentar resultados alcançados aos piscicultores, gestores públicos e comunitários, pesquisa e extensão, e fornecedores de ração; e delinear os desafios futuros.

Obter dados que apoiem na análise e definição das vantagens competitivas da gestão ambiental no empreendimento aquícola.

## **Programa**

19:00 - Recepção aos participantes e entrega de materiais

19:15-19:45 - O potencial do SIMA-Aquicultura - Alfredo J.B. Luiz (Embrapa Meio Ambiente)

19:45-20:15 - Módulo para verificação da adoção de Boas Práticas Aquícolas para a Gestão Ambiental - Rosa T.S. Frighetto (Embrapa Meio Ambiente)

20:15-20:45 - Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas no reservatório de Furnas - Elisabeth Lomelino Cardoso (Epamig)

20h45-21:15 - Discussão e Delineamento de desafios futuros (os três palestrantes)

21h15-21:45 - Fornecimento de rações de qualidade e outros insumos - Representantes da Purina e Rações Total

21:45-22:00 - Representante da Associação dos Piscicultores

22:00 Lanche da noite e discussões informais

23:00 Encerramento

# **Mesa redonda do projeto ‘Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas (MG)’**

## **Aplicabilidade das informações ambientais para a tomada de decisão sobre práticas de manejo aquícola no Reservatório de Furnas**

Data: 11 de novembro de 2013

Local: Sede da EMATER Capitólio (MG)

### **Introdução**

Com a instalação dos Sistemas de Monitoramento Ambiental (SIMAs) de parâmetros climáticos e de qualidade da água em pontos de referência para o monitoramento da aquicultura no reservatório de Furnas, consolidam-se as oportunidades para o engajamento dos produtores, visando à sustentabilidade da atividade produtiva local. Após duas etapas de levantamento de dados sobre o desempenho ambiental e a adoção de Boas Práticas de Manejo em estabelecimentos aquícolas de referência, que oferecem exemplos sobre a organização, documentação e comunicação dos procedimentos propostos para gestão ambiental, propõe-se um debate entre produtores e pesquisadores especialistas em produção em tanques rede, para compreensão das possibilidades de qualificação produtiva e promoção da piscicultura em Capitólio / Guapé (MG).

### **Objetivos**

Promover o debate entre produtores e especialistas em produção de peixes em tanques rede visando ao adequado aproveitamento das informações ambientais fornecidas pelo Projeto Furnas e dos procedimentos de coleta e comunicação de informações para adoção de Boas Práticas de Manejo nos Parques Aquícolas locais.

### **PROGRAMA**

19:00 – 19:30	Abertura e apresentação dos participantes;
19:30 – 20:00	Explicação sobre Boas Práticas de Manejo e importância de informações ambientais para a produção aquícola – Dr. João Donato Scorvo, APTA Pólo Leste Paulista;
20:00 – 20:30	Explicação sobre uso de indicadores e de adoção de boas práticas para gestão ambiental e comunicação de qualidade na aquicultura – Dra. Célia M. D. Frasca Scorvo, APTA Pólo Leste Paulista;
20:30 – 21:30	Debates entre os participantes
21:30 – 22:00	Análise crítica sobre as propostas de promoção da aquicultura nos parques aquícolas de Capitólio / Guapé (MG)
22:00	Encerramento

---

## **Dia de campo sobre 'Gestão ambiental e adoção de Boas Práticas de Manejo aquícola em empreendimento de escala empresarial' no Reservatório de Furnas**

Data: 12 de novembro de 2013

Local: Piscicultura C, Reservatório de Furnas, Capitólio / Guapé (MG)

### **Introdução**

Um módulo de indicadores para verificação de Boas Práticas de Manejo (BPM) e gestão ambiental foi desenvolvido no âmbito do Projeto Furnas, com critérios direcionados ao desempenho de atividades e processos produtivos na aquicultura (APOIA-Aquicultura). Incluindo aspectos de organização espacial dos viveiros e tanques de cultivo, qualidade das águas e dos sedimentos, além da nutrição e sanidade dos animais, esse sistema integrado visa organizar, documentar e comunicar a adoção de Boas Práticas de Manejo. Duas etapas de levantamentos de campo e análise de desempenho ambiental foram realizadas com o módulo de indicadores APOIA-Aquicultura, envolvendo um produtor de referência individual e um produtor de referência entre os associados. O presente Dia de Campo promoverá nova etapa de levantamento de dados e interpretação da gestão ambiental, junto ao produtor de referência de escala empresarial, representado pela piscicultura C.

### **Objetivos**

Proceder à análise de indicadores do módulo APOIA-Aquicultura no empreendimento Piscicultura C; colher a análise crítica, sob o ponto de vista de um produtor em escala empresarial, sobre os procedimentos de coleta, armazenamento e comunicação de resultados representado pelo módulo de indicadores.

### **PROGRAMA**

- 8:00 – 9:00 Apresentação dos participantes e dos objetivos dos trabalhos; delimitação do contexto de adoção de Boas Práticas de Manejo e definição dos pontos de coleta de amostras de referência para qualidade da água e sedimentos;
- 9:00 – 12:00 Coleta de amostras e inserção de dados de adoção de Boas Práticas de Manejo Aquícola no empreendimento Piscicultura C;
- 12:00 – 13:00 Almoço
- 14:00 – 16:00 Verificação e análise dos dados, apresentação da planilha de resultados;
- 16:00 – 17:00 Análise crítica da formulação do módulo de indicadores APOIA-Aquicultura e planejamento da elaboração do relatório de gestão ambiental.
- 17:00 Encerramento

---

**ATIVIDADE**

5.4 Relatório global de planejamento estratégico como modelo de aplicação aos diversos contextos produtivos dos Parques Aquícolas na esfera Federal.

---

**RESULTADOS 5.4**

A realizar – etapa final do projeto.

## Referências bibliográficas

AYROZA, L. M. S. (coord.) Piscicultura. Manual Técnico CATI 79. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Campinas, 2011. 246 p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S. Indicadores de sustentabilidade, avaliação de impactos e gestão ambiental de atividades rurais. Informe Agropecuário. Gestão ambiental na agricultura. Belo Horizonte, v.30, n.252, p.80-89, 2009.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. A.; BARROS, I. . Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. Environmental Impact Assessment Review, v. 30, p. 229-239, 2010.

RODRIGUES, G. S.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; SAMPAIO, F. G.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; COUTO, K. R.; RODRIGUES, I. A. Best management practices and environmental management in aquaculture – indicators for monitoring in multiple scales. In: International Workshop Advances in Cleaner Production [Anais...]. São Paulo: Universidade Paulista (UNIP), v.4, 2013. 9 p.

SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanques rede em reservatórios. Informe Agropecuário. Piscicultura: uma visão para o futuro. Belo Horizonte, v.34, n.272, p.1-11, 2013.



## ANEXO II – Lista de publicações de 2014

Anexo	Título documento
1	MARCOS CORRÊA NEVES; ALFREDO JOSÉ BARRETO LUIZ; MOISÉS PEREIRA GALVÃO SALGADO. Diagnóstico da produção agrícola, pecuária e da silvicultura à montante da represa de Furnas no estado de Minas Gerais. – Jaguariúna, SP : Embrapa Meio Ambiente, 2014. 26 p. Documentos / Embrapa Meio Ambiente; 97.
2	GONÇALVES, V. T.; CARRA, M. L.; SANTANA, F. S.; THOMAZ, J. M.; SAMPAIO, F. G. Uso dos parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ), cultivadas em tanques rede no reservatório de Furnas/MG, como ferramenta no biomonitoramento. In: 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, 2013, Campinas-SP.
3	DONETTI, L. A. R.; THOMAZ, J. M.; SAMPAIO, F. G. Caracterização morfológica de brânquias de <i>Oreochromis niloticus</i> criadas em tanques rede no reservatório de Furnas (MG). In: 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, 2013, Campinas-SP.
4	MARIANA SILVEIRA GUERRA MOURA E SILVA, NAYARA CYRINO CARVALHO, MARCOS ELISEU LOSEKANN, FERNANDA GARCIA SAMPAIO, ANA LUCIA SILVA MARIGO, MARISA NASCIMENTO, KATHIA CRISTINA SONODA. Composição da comunidade macrobentônica no reservatório de Furnas (MG) em área de Parque Aquícola. II Seminário: Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos Recursos Hídricos" - Rede Agrohidro.

## ANEXO III - Cronograma de Atividades - 2014

Meta	Atividade	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
META 01. COMPILAÇÃO DAS CONDIÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E AMBIENTAIS DOS PARQUES AQUÍCOLAS E PONTOS AMOSTRAIS.	1.1 Compilação de dados. <b>executado</b>												
	1.2 Elaboração de diagnóstico do Parque Aquícola (PA) objeto de estudo. <b>executado</b>												

Meta	Atividade	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
META 02. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG.	2.1 Identificação dos usos múltiplos no entorno do Parque Aquícola (PA) <b>executado</b>												
	2.2 Áreas sujeitas ou consideradas eutrofizadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	2.3 Integração dos dados levantados nas demais metas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Meta	Atividade		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
META 03. IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL	3.1	Construção, integração e fundeio de um Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) <b>executado</b>												
	3.2	Desenvolvimento e fundeio do SIMA <b>executado</b>												
	3.3	Fundeio dos SIMAs <b>executado</b>												
	3.4	Manutenção e calibração	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	3.5	Desenvolvimento do banco de dados <b>executado</b>												
	3.6	Gestão do banco de dados	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	3.7	Relatórios de gestão												X
	3.8	determinação dos fluxos de metano			X				X					

Meta	Atividade		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
META 04. AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA E AMBIENTAL.	4.1	Avaliação zootécnica.				X				X				
	4.2	Amostragem de água.	X	X	X	X	X							
	4.3	Amostragem de sedimentos.			X									
	4.4	Amostragem biótica. <b>executado</b>												
	4.5	Amostragem da macrofauna bentônica.			X									

Meta	Atividade		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
META 05. ADOÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE MANEJO (BPM) E GESTÃO AMBIENTAL TERRITORIAL PARA SUSTENTABILIDADE DA AQUICULTURA.	5.1	Proceder à avaliação de impactos ambientais junto aos atores sociais. <b>executado</b>												
	5.2	Formulação e transferência dos planos de desenvolvimento territorial da aquicultura. <b>executado</b>												
	5.3	Promoção de ações de transferência de tecnologia. <b>executado</b>												
	5.4	Relatório global de planejamento estratégico.										X	X	X