



Fernanda Garcia Sampaio
Consuelo Marques da Silva
Renato Hiroshi Torigoi
Luciene Mignani
Ana Paula Contador Packer
Celso Vainer Manzatto
Juliana Lopes da Silva

ESTRATÉGIAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA AQUICULTURA

Portfólio de Resultados
do Monitoramento
Ambiental da Aquicultura
em Águas da União



Editores:

Fernanda Garcia Sampaio

Consuelo Marques da Silva

Renato Hiroshi Torigoi

Luciene Mignani

Ana Paula Contador Packer

Celso Vainer Manzatto

Juliana Lopes da Silva

Estratégias de Monitoramento Ambiental da Aquicultura

Portfólio de Resultados do Monitoramento
Ambiental da Aquicultura em Águas da União

Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto de Pesca

Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento
Ambiental da Aquicultura em Águas da União

São Paulo, 2019

EXPEDIENTE

João Doria

Governador do Estado de São Paulo

Gustavo Diniz Junqueira

Secretário de Agricultura e Abastecimento

Antonio Batista Filho

Coordernador da Apta

Vander Bruno dos Santos

Diretor Técnico de Departamento do Instituto de Pesca

Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União

Direção Nacional

Juliana Lopes da Silva

Coordenação Técnico Científica

Fernanda Garcia Sampaio

Editores

Fernanda Garcia Sampaio

Consuelo Marques da Silva

Renato Hiroshi Torigoi

Luciene Mignani

Ana Paula Contador Packer

Celso Vainer Manzatto

Juliana Lopes da Silva

Fotos da Capa:

Glauber Pereira de Santos Carvalho

Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

Fotos contra capa interna:

Fernanda Garcia Sampaio

Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

Felipe Schwahofer Landuci

Projeto e editoração eletrônica:

Paulo Eduardo Marchezini

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

S862e

Sampaio, Fernanda Garcia et al.

Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura:
portifólio de resultados do monitoramento ambiental da aquicultura
Em água da União. – São Paulo, 2019.
iv, 95.; il..gráf.

ISBN 978-65-80646-00-5

1. Nanoecologia. 2. Nanomateriais. 3. Agrotóxicos. 4. Consumo de oxigênio.
5. Excreção de amônia. I. Sampaio, Fernanda Garcia.

CDD 574.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte

APRESENTAÇÃO

O monitoramento ambiental da aquicultura é uma ferramenta imprescindível para seu ordenamento e desenvolvimento sustentável. Pela relação direta entre os processos de gestão dos empreendimentos aquícolas com a qualidade da água, o aquícultor é o maior interessado em manter preservado seu principal instrumento de produção. Aliado a necessidade de se preservar ao máximo a qualidade da água de cultivo está a importância de contribuir com os processos de regularização de uso dos corpos d'água em cooperação com as instituições que fazem a gestão dos recursos hídricos no Brasil.

Pensando estrategicamente em promover a interlocução entre o setor produtivo, as entidades de pesquisa, ensino e desenvolvimento tecnológico e os órgãos estaduais de meio ambiente é que se instituiu a Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (Rede) por meio da Portaria N° 153, de 14 de agosto de 2018.

A iniciativa de criação da Rede é uma resposta aos anseios do setor produtivo em dialogar com os órgãos de meio ambiente, na perspectiva de desmistificar o setor da aquicultura como atividade de alto impacto. Esta aproximação vem permitindo ao setor aquícola um diálogo e discussão conjunta para que se avance nos entendimentos das melhores formas de se monitorar ambientalmente a atividade, permitindo alterações nos processos de regulamentação e mitigação de possíveis impactos. A instituição da Rede permite ainda um alinhamento das instituições de pesquisa com o setor produtivo e com os órgãos de meio ambiente, visando a definição de estratégias direcionadas a segurança da produção e do meio ambiente.

Para seguir apoiando a interlocução entre os atores, incentivamos a elaboração da presente publicação "Estratégias de Monitoramento Ambiental da Aquicultura" que de forma muito objetiva apresenta resultados de monitoramento realizados em diversas realidades brasileiras, mostrando que há muito sendo feito. Esperamos com este Portfólio de Resultados fortalecer, com base em dados científicos nacionais, as políticas públicas de desenvolvimento da aquicultura no Brasil e fornecer *feedback* para o setor aquícola, melhorando a capacidade de gestão como um todo.

Agradeço a todos os colaboradores e instituições que contribuíram com esta estratégia, desejando uma ótima leitura!

Vander Bruno dos Santos

Diretor Técnico de Departamento do Instituto de Pesca
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

PREFÁCIO

A presente publicação é uma iniciativa da Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (Rede), instituída pela Portaria N° 153, de 14 de agosto de 2018, e tem como objetivo realizar um diagnóstico do estado da arte dos resultados técnico-científicos do monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União. A proposta é divulgar as informações de forma simples e acessível ao público, estimulando questionamentos e sugestões de novas estratégias, assim como a utilização dos dados científicos como subsídios para tomada de decisões.

Após um longo período de discussões com os analistas de meio ambiente, responsáveis pelo licenciamento ambiental nos estados, verificou-se a dificuldade de acesso aos trabalhos científicos de monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União. O acesso a informações científicas é muitas vezes dificultado pelo fato de os dados serem publicados como artigos científicos, ou teses, e que nem sempre chegam ao conhecimento dos analistas de meio ambiente, do setor produtivo ou do público em geral. Assim sendo, a Rede convidou grupos de pesquisadores para apresentar seus dados conforme um roteiro orientador, gerando informações com uma linguagem mais técnica e menos científica, contendo ainda apontamentos de soluções e desafios para a temática.

Assim surgiu esta publicação: “Estratégias de Monitoramento Ambiental da Aquicultura”, que é um Portfólio de Resultados de dados sobre o monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União, continentais e marinhas. A iniciativa com dados de pesquisas nacionais sobre os possíveis impactos da aquicultura e indicadores a serem monitorados pode subsidiar a definição de condicionantes ambientais. Os resultados podem ainda contribuir para discussões sobre as normativas federais e estaduais de licenciamento e monitoramento da aquicultura. A publicação permitirá ainda o conhecimento dos principais grupos de pesquisa que trabalham no tema, suas ações, modelos de monitoramento e os resultados gerados.

O Portfólio está dividido em resultados apresentados para a piscicultura em tanques-rede em reservatórios e açudes em resultados para a aquicultura marinha, com informações de malacocultura, piscicultura e algicultura. Antes da abertura dos capítulos, há uma breve contextualização sobre a legislação federal e o licenciamento ambiental nesses ambientes, compilando os principais condicionantes solicitados pelos órgãos estaduais de meio ambiente, finalizando com uma breve reflexão sobre o monitoramento e um capítulo final sobre considerações quanto aos resultados apresentados.

Os resultados apresentados são provenientes de estudos sobre o tema em diversas realidades brasileiras. Com abrangência de quase todas as regiões do país, envolvendo a aquicultura continental e marinha, com informações sobre monitoramentos realizados em produções de tilápia, tambaqui, pacu, bijupirá, ostras, mexilhões e algas, e resultados no Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

A grande diversidade dos estudos apresentados e sua abrangência permitem que verifiquemos a amplitude de como o tema é tratado no Brasil, bem como o grande esforço já realizado e o volume de material disponível sobre o tema. Sabemos, entretanto, que ainda existem outros resultados e grupos de pesquisa que trabalham na área e que a Rede fará esforços para agrupar as diversas iniciativas existentes.

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente

Coordenadora Técnico Científica da Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União

SUMÁRIO

RESULTADOS DE MONITORAMENTO DA PISCICULTURA EM TANQUES-REDE EM RESERVATÓRIOS	10
Condicionantes ambientais para aquicultura em parques aquícolas continentais	11
Luciene Mignani, Felipe Wilhelm Peixoto Bodens e Juliana Bragança Campos	
Avaliação de parâmetros hidrobiológicos a partir de Planos de Monitoramento Ambiental realizados em cultivos de tilápia em tanques-rede no reservatório de Itaparica (PE)	13
Glauber Pereira de Carvalho Santos, Silvio Mário Filho, Catarina Chagas de Andrade, Wanderson Santos e Daniele de Castro Pessoa de Melo	
Qualidade dos sedimentos da piscicultura na Associação dos Piscicultores do Serrote Preto Petrolândia, reservatório de Itaparica (PE)	15
Adriana Cunha, Fagner Barros Barbosa, Cacio Marcelo Miranda, Jackson Holanda de Oliveira e Valdicléa de Souza Silva	
Ordenamento da implantação e desenvolvimento da piscicultura intensiva em tanques-rede nos reservatórios do Semiárido	17
Maria Cristina Crispim, Hênio do Nascimento Melo Júnior, Kristina Gorlach-Lira, Glécia Trinta de Paula Freitas Ramos, Leonardo Leôncio Ribeiro e Karla Patrícia Ponte Araújo	
Indicadores etnolimnológicos e meteorológicos de circulação vertical turbulenta na piscicultura em tanque-rede	19
Hênio do Nascimento Melo Júnior, Maria Irla Bezerra Dias e Flávia Fideles de Vasconcelos	
Dinâmica vertical do oxigênio dissolvido na piscicultura em tanque-rede em açude do semiárido	21
Hênio do Nascimento Melo Júnior e Maria Irla Bezerra Dias	
Ações de monitoramento ambiental e sustentabilidade na produção de tilápia em tanques-rede no reservatório de Sobradinho (BA)	23
Daniela Ferraz Bacconi Campeche, Paula Tereza de Souza e Silva e Jacqueline Nascimento Sousa	
Modelagem hidrológica para avaliação da dispersão de nutrientes em reservatórios	25
Gérsica Nogueira da Silva, Janaina Oliveira de Assis, Elena Matta, Maria do Carmo Sobral, Günter Gunkel e Reinhard Hinkelmann	

Monitoramento da qualidade da água em piscicultura no semiárido

27

Gérsica Nogueira da Silva, Anderson Pinheiro, Vanessa Adalgiza da Silva, Ariane Silva Cardoso, Érika Marques, William Severi, Maria do Carmo Sobral

Avaliação da sustentabilidade das atividades de piscicultura em tanques-rede em reservatórios do semiárido nordestino

29

Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, Wagner Cotroni Valenti, Rodrigo Sávio Teixeira de Moura, Júlio César da Silva Cacho e Cyntia Rafaela Ferreira de Moraes

Avaliação do Índice de Estado Trófico como ferramenta para monitoramento de atividades aquícolas em reservatórios continentais

31

Flávia Tavares Matos, Clauber Rosanova, Guilherme Wolff Bueno, Emílio Pinho, Rubens Tomio Honda e Alberto Akama

Monitoramento limnológico da produção de tambaquis em tanques-rede no reservatório de Lagoa Grande (TO)

33

Daniel Chaves Webber, Flavia Tavares de Matos, Tiago Vieira da Costa, Giovanni Vitti Moro e Emilio Pinho

Monitoramento ambiental nos Parques Aquícolas do reservatório de Itaipu

35

Simone Frederigi Benassi, Gilmar Baumgartner, Rinaldo Antônio Ribeiro Filho, Jussara Elias de Souza, Caroline Henn, André Luiz Watanabe, Maurício Spagnolo Adames, Celso Carlos Buglione Neto, Carla Canzi, Julia Myrian de Almeida Pereira, Irineu Motter e Renato Fernando Brunkow

Monitoramento ambiental da aquicultura no estado de São Paulo

37

Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza, Gianmarco Silva David, Helenice Pereira de Barros, Cacilda Thais Janson Mercante, Clóvis Ferreira do Carmo, Luiz Marques da Silva Ayroza, Daniela Castellani, Eduardo Gianini Abimorad, Fernando Stopato da Fonseca e Nilton Eduardo Torres Rojas

Avaliação dos parâmetros de qualidade de água nas pisciculturas em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira (SP)

39

Sérgio Luís de Carvalho, Iara Bernardi e Leticia de Oliveira Manoel

Programa de monitoramento em áreas de influência dos Parques Aquícolas do reservatório de Três Marias (MG)

41

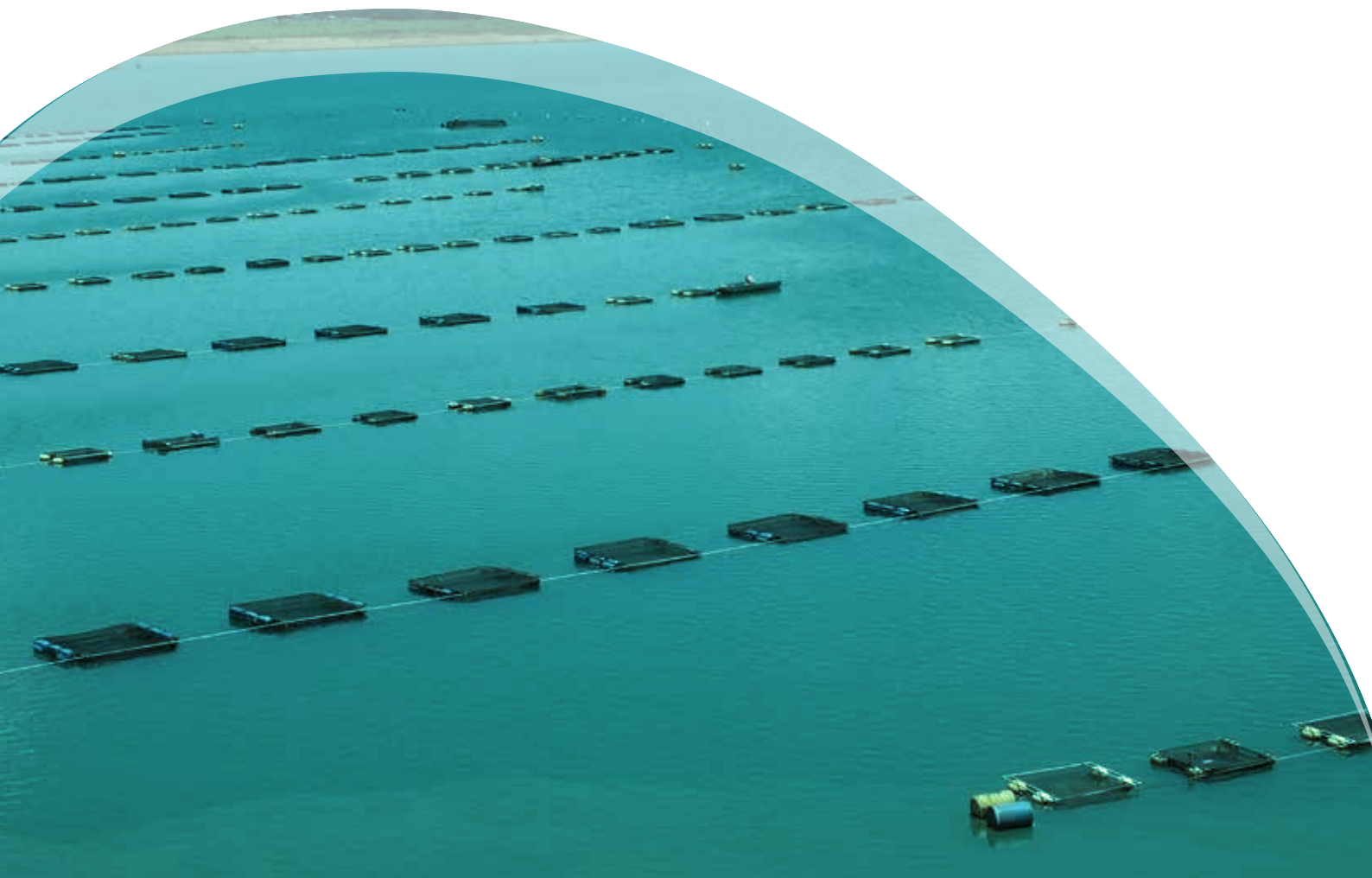
Edson Vieira Sampaio, Antônio Jessey de Abreu Tessitore, Érica Araújo Mendes, José Jacobina Romaguera Neto, Julimar Santos Sousa, Luiz Orione da Silva, Martinha Gonçalves Nunes, Nilson Gonçalves da Fonseca e Sebastião Correa de Araújo

Ordenamento da implantação e desenvolvimento da piscicultura intensiva nos reservatórios de Três Marias e Furnas	43
Elizabeth Lomelino Cardoso, Vicente de Paulo Macedo Gontijo e Roberto Martins Ferreira	
Monitoramento ambiental da piscicultura no reservatório de Furnas (MG)	45
Fernanda Garcia Sampaio, Marcos Eliseu Losekann, Gabriela de Castro Tironi, Marcus Vinícius de Oliveira Melo, Diego Bendin Marin, Bruno Oliveti de Mattos, Guilherme Cleto de Carvalho, Bruno Stéfano Lima Dallago e Renato Hiroshi Torigoi	
Alta e baixa frequência no monitoramento ambiental de piscicultura no reservatório de Furnas (MG)	47
Fernanda Garcia Sampaio, Guilherme Wolff Bueno, Carlos Alberto Sampaio de Araújo, Bruno Stéfano Lima Dallago, Marcos Eliseu Losekann e José Luiz Stech	
Uso de imagens OLI/Landsat-8 e plataformas de coleta de dados limnológicos no monitoramento ambiental da piscicultura em tanque-rede no reservatório de Furnas (MG)	49
Joaquim Antônio Dionísio Leão, José Luiz Stech, Marcelo Pedroso Curtarelli, Carlos Alberto Sampaio Araújo, Igor Ogashawara, Fernanda Garcia Sampaio e João Lorenzetti	
Efeito da frente fria atmosférica na estratificação e na qualidade da água de um reservatório tropical: implicações para a aquicultura	51
Carlos Alberto Sampaio Araújo, Fernanda Garcia Sampaio, Enner Alcântara, Marcelo Pedroso Curtarelli, Igor Ogashawara e José Luiz Stech	
Biomonitoramento da piscicultura com uso de macroinvertebrados bentônicos	53
Mariana Silveira Guerra Moura e Silva, Marcos Eliseu Losekann, Ana Lúcia Marigo, Gino Vitorio Zambon, Hugo Saulino e Marisa Nascimento	
Mudanças climáticas e a piscicultura	55
Ana Paula Contador Packer, Marcelo Gomes da Silva, Fernanda Garcia Sampaio, Plínio Carlos Alvalá, Consuelo Marques da Silva e Juliana Lopes da Silva	
Aquability - Metodologia para determinação de resíduos e gestão da capacidade de suporte para produção de pescados em reservatórios	57
Guilherme Wolff Bueno, Rodrigo Roubach, Francisco E. M. Bernal, Flávia Tavares Mattos e Wagner Cotroni Valenti	
Reflexões sobre o monitoramento ambiental da aquicultura	59
Renato Hiroshi Torigoi, Juliana Lopes da Silva, Felipe Wilhelm Peixoto Bodens e Fernanda Garcia Sampaio	

RESULTADOS DE MONITORAMENTO DA AQUICULTURA MARINHA	63
Condicionantes ambientais para aquicultura em Parques Aquícolas marinhos Luciene Mignani, Felipe Wilhelm Peixoto Bodens e Juliana Bragança Campos	64
Desenvolvimento Sustentável da piscicultura marinha no litoral sul do Rio de Janeiro Felipe Schwahofer Landuci, Luis Henrique da Silva Poersch e Miguel Alamá Rodilla	66
Estudos dos impactos da poluição fecal originária das cidades sobre os cultivos de moluscos bivalves Robson Ventura de Souza e Luis Hamilton Pospissil Garbossa	68
Análises de metais e pesticidas em moluscos bivalves produzidos em Santa Catarina Robson Ventura de Souza, André Luis Tortato Novaes e Alex Alves dos Santos	70
Monitoramento ambiental no Parque Aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói, Penha (SC) – Uma abordagem multidisciplinar Gilberto Caetano Manzoni, Adriano Weidner Cacciatori Marenzi, José Gustavo Natorf de Abreu, Katia Naomi Kuroshima e Tito Cesar Marques de Almeida	72
Densidade de coliformes em águas de cultivo de ostras e sua relação com fatores ambientais Luciene Mignani, Edison Barbieri e Helcio Luis de Almeida Marques	76
Monitoramento microbiológico de ostras de cultivo Edison Barbieri e Ana Julia Fernandes Cardoso Oliveira	78
Monitoramento de elementos traços em ostras de cultivo Edison Barbieri e Marcelo Barbosa Henriques	80
Monitoramento de amônia, nitrito e nitrato nas águas de ostras de cultivo Edison Barbieri e Marcelo Barbosa Henriques	82
Avaliação ambiental do cultivo da macroalga marinha <i>Hypnea Pseudomusciformis</i> no litoral do Ceará Wagner Cotroni Valenti, Stefany Almeida Pereira e Janaina Mitsue Kimpara	84
Sugestão de critérios para o monitoramento ambiental de macroalgas Leila Hayashi e Alex Alves dos Santos	86
Bases técnico-científicas para apoiar a regulamentação ambiental da aquicultura em águas da União Fernanda Garcia Sampaio, Consuelo Marques da Silva, Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza, Clóvis Ferreira do Carmo, Daniela Ferraz Bacconi Campeche, Gilberto Caetano Manzoni e Juliana Lopes da Silva	88



Resultados de Monitoramento da Piscicultura em Tanques-Rede em Reservatórios



Condicionantes Ambientais para Aquicultura em Parques Aquícolas Continentais



Luciene Mignani¹, Felipe Wilhelm Peixoto Bodens¹ e Juliana Bragança Campos¹.

¹Consultor especialista em licenciamento ambiental.

Diante do crescimento da atividade aquícola em reservatórios, surge a necessidade de implementação de processos de monitoramento que assegurem uma correta interpretação dos possíveis impactos e a melhor forma de minimizá-los. O monitoramento ambiental está entre as medidas exigidas nos processos de licenciamento ambiental de áreas e parques aquícolas em águas da União, como condicionantes estabelecidas nas licenças emitidas pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas), visando analisar a viabilidade técnica do projeto compatível com o meio ambiente.

No caso da aquicultura, o monitoramento ambiental é regulamentado pela Resolução CONAMA N° 413/2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, que traz em seu Anexo VI os parâmetros mínimos a serem monitorados, com intuito de assegurar o desenvolvimento adequado da produção de peixes e diminuição da incidência de possíveis impactos, bem como em busca do uso racional dos recursos hídricos.

Atrelado aos programas de monitoramento da qualidade da água, os Oemas recomendam que sejam observados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, que trata da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes. Neste caso, a aquicultura deve seguir os padrões de qualidade para os cursos d'água enquadrados na Classe 2, cujo objetivo é a definição do nível de qualidade das águas, que será avaliado por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

Além das legislações federais, normas estaduais podem ser aplicadas, determinando os parâmetros para o monitoramento, considerando as especificidades locais. Atualmente, mais de 10 estados da federação possuem normas específicas para o licenciamento ambiental da aquicultura. Ainda, somado ao determinado nas normativas federais, os estados podem exigir ações específicas de suas regulamentações. Como é o caso da solicitação do Programa de Monitoramento da Ictiofauna (PMI) exigidos por alguns órgãos de meio ambiente estaduais.

Assim, visando diagnosticar as principais condicionantes direcionadas à atividade aquícola e os critérios instituídos pelos Oemas, a seguir está apresentada uma tabela com os parâmetros comumente constantes nas licenças ambientais emitidas para os parques aquícolas localizados nos reservatórios de águas da União. Os parâmetros apresentados são ainda identificados em relação ao seu estabelecimento, ou seja, se são instituídos como limites a serem mantidos para enquadramento com base na Resolução CONAMA N° 357/2005, se são estabelecidos no Anexo VI da Resolução CONAMA N° 413/2009 como parâmetros a serem monitorados ou se são referentes a normas ou exigências estaduais.

Em síntese, os Oemas estabelecem nos condicionantes das licenças ambientais, os parâmetros que devem ser monitorados, de acordo com as características do processo produtivo, respaldados pelas legislações vigentes, podendo ainda determinar padrões mais restritivos de acordo com a discricionariedade dos analistas.

Tabela. Parâmetros ambientais exigidos nas licenças dos parques aquícolas continentais (reservatórios).

Parâmetros Ambientais
Material em suspensão ^{1,2}
Transparência ²
Temperatura ^{1,2}
Salinidade (igual ou inferior a 0,5 ‰) ^{1,2}
Oxigênio Dissolvido - OD (não inferior a 5 mg L ⁻¹ O ₂) ^{1,2}
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (até 5 mg L O ₂) ^{1,2}
pH (6,0 a 9,0) ^{1,2}
Amônia (Nitrogênio amoniacal total) ^{1,2}
Nitrito (1,0 mg L N) ^{1,2}
Nitrato (10,0 mg L N) ^{1,2}
Fosfato ^{1,2}
Ortofosfato (mg L) ³
Silicato ²
Clorofila "a" (até 30 µg L) ^{1,2}
Feofitina (µg L) ³
Coliformes termotolerantes ^{1,2}
Sólidos em suspensão ¹
Sólidos sedimentáveis ³
Fitoplâncton ²
Cianobactérias ²
Zooplâncton ²
Zoobentos ³
Fósforo Total ¹
Óleos e graxas ¹ : óleos minerais até 20 mg L; óleos vegetais; e gorduras animais até 50 mg L
Programa de Monitoramento da Ictiofauna – PMI ³
Análise do sedimento (Fósforo, carbono e zoobentos) ³

¹Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005

²Parâmetros Resolução CONAMA N° 413/2009

³Parâmetros específicos de Órgãos Estaduais de Meio Ambiente

Avaliação de Parâmetros Hidrobiológicos a partir de Planos de Monitoramento Ambiental Realizados em Cultivos de Tilápia em Tanques-rede no Reservatório de Itaparica (PE)

Glauber Pereira de Carvalho Santos¹, Silvio Mário Filho¹, Catarina Chagas de Andrade¹, Wanderson Santos¹ e Daniele de Castro Pessoa de Melo¹.

¹Instituto de Tecnologia de Pernambuco.

O estado de Pernambuco possui 11 municípios inseridos na região do semi-árido margeados pelo rio São Francisco em sua porção sub-médio, caracterizada pela dinâmica e potencialidades para o desenvolvimento da piscicultura em tanques-rede, atividade em processo de crescimento nesses municípios. Registra-se no Arranjo Produtivo Local (APL) da piscicultura do estado, 26 associações e um conjunto de empresas de médio e grande porte que juntas produziram 27.931 toneladas de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em 2017 (EMBRAPA, 2018). Esse estudo foi realizado entre os anos de 2014 e 2017 em empreendimento destinado ao cultivo de tilápia em tanques-rede no reservatório de Itaparica (PE), efetuando-se 12 campanhas de coletas de água em intervalos médios de 3 (três) meses.

As estações de coleta foram distribuídas conforme recomendações contidas no Anexo VI da Resolução CONAMA N° 413/2009, ou seja: à montante da área central dos tanques (M), no ponto central da área aquícola/tanques (T) e à jusante da área central dos tanques (J), obedecendo o sentido predominante das correntes. As amostras foram coletadas em duas profundidades: a

1,0 metro da superfície da água (S) e a 1,0 metro acima do fundo do reservatório (F), cuja área apresenta profundidade média de 20 metros.

Foram avaliados o pH, oxigênio dissolvido (OD) e clorofila-a, por meio de sondas multiparamétricas portáteis YSI 6820-V2 e YSI EXO3. Para determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as amostras foram coletadas por meio de garrafa de Van Dorn e posterior análise no Laboratório de Tecnologia Ambiental do ITEP em Recife, conforme método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW, 2012).

PRINCIPAIS RESULTADOS

Os resultados foram confrontados quanto aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas doces de Classe 2 (Tabela).

Todas os valores médios de pH, OD (Figura), DBO e Clorofila-a obtidos nas estações de amostragem apresentaram-se em conformidade ao padrão recomendado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (Tabela).



Foto. Cultivos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) da empresa Netuno Internacional S/A no reservatório de Itaparica, em Petrolândia, Pernambuco. Crédito: Glauber Carvalho.

RESULTADOS

- **pH:** característica alcalina com baixa amplitude média de variação entre montante e jusante, não apresentando influências da piscicultura.
- **OD:** resultados médios satisfatórios com baixa amplitude de variação, não apresentando influências da piscicultura.
- **DBO:** valores médios em conformidade, não sendo verificados impactos pela piscicultura.
- **Clorofila-a:** baixos teores, baixa amplitude de variação e indicativo de não ter havido influência da piscicultura sobre este parâmetro.

DESAFIOS

- Compilação dos dados gerados por meio dos Planos de Monitoramento Ambiental exigidos nos

diversos processos de licenciamento de empreendimentos instalados em águas públicas.

- Associar os dados de monitoramentos das pisciculturas aos efetuados pelas operadoras dos reservatórios, para geração de cenários quanto a capacidade de suporte.
- Mensurar os impactos oriundos das pisciculturas, considerando as demais atividades inseridas nos reservatórios e as alterações causadas pelas operações hidrodinâmicas das operadoras dos reservatórios.

SOLUÇÕES

- Fomentar o desenvolvimento de plataformas inteligentes para geração de informações de qualidade de água associadas a variáveis climáticas em tempo real.

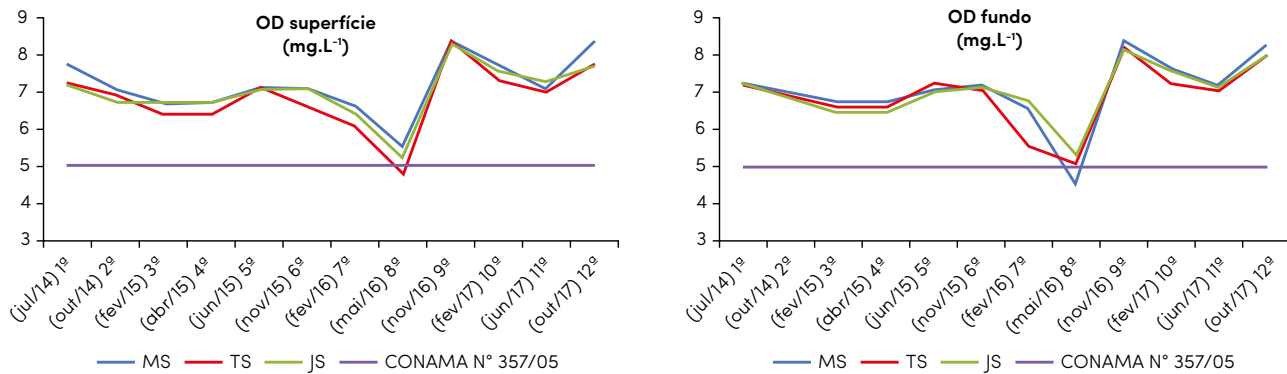


Figura. Variação do OD em área de cultivo de tilápia em tanques-rede.

Tabela. Amplitude de variação média de pH, OD, DBO e Clorofila-a nos pontos de coleta.

	pH	OD (mg L ⁻¹)	DBO (mg L ⁻¹)	Clorofila-a (mg L ⁻¹)
Superfície (S)	6,65 a 9,28	4,80 a 8,36	1,0 a 10,0	0,68 e 3,20
Montante (MS)	7,71	7,18	4,08	2,04
Ponto Central dos tanques (TS)	7,59	6,84	3,75	1,95
Jusante (JS)	7,48	7,00	3,92	1,77
Fundo do reservatório (F)	5,05 a 8,21	4,5 a 8,38		0,89 a 2,97
Montante (MF)	7,38	7,04	4,67	1,75
Ponto Central dos tanques (TF)	7,21	6,89	4,17	1,89
Jusante (JF)	7,35	7,00	3,33	1,83

REFERÊNCIAS:
Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 357, de 17 de março de 2005**. Brasília. 2005.
Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 413, de 30 de junho de 2009**. Brasília. 2009.
Embrapa. Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil. Brasília, DF, 2018.
SMEWW – *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd edition, 2012.

Coordenador:
Glauber Pereira de Carvalho Santos –
Instituto de Tecnologia de Pernambuco
– e-mail: glauber@itep.br

Qualidade dos Sedimentos da Piscicultura na Associação dos Piscicultores do Serrote Preto Petrolânia, Reservatório de Itaparica (PE)

Adriana Cunha¹, Fagner Barros Barbosa², Cacio Marcelo Miranda², Jackson Holanda de Oliveira² e Valdicléa de Souza Silva².

¹Universidade do Estado da Bahia; ²Discentes de Engenharia de Pesca da Universidade do Estado da Bahia.

O projeto Qualidade dos Sedimentos da Associação dos Piscicultores do Serrote Preto (APS) foi desenvolvido no ano de 2017 e teve como objetivo verificar o comprometimento da qualidade de água integrado aos estudos da taxa de sedimentação contribuindo para a compreensão da dinâmica do reservatório de Itaparica (PE), face as pisciculturas de tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Foto).

Nesse sentido, estamos estudando sobre a sedimentação no Reservatório com o cálculo diário, mensal e anual de volume de matéria orgânica depositada no fundo do leito do rio através da metodologia de câmaras de sedimentação idealizadas pelo Laboratório de Geologia e Sedimentologia da Universidade do Estado da Bahia.

METODOLOGIA

Durante o ano de 2017 foram realizadas campanhas e demarcação das áreas de campo para coletas e análises de dados monitorados pelo projeto Sedimentos APS.

Para as análises das variáveis, as coletas foram feitas em 5 (cinco) pontos dentro da piscicultura, nos quais foram distribuídas as 5 (cinco) câmaras de sedimentação ao longo do 60 m da passarela flutuante, com altura de 70% da profundidade total.

Para caracterizar a qualidade dos sedimentos de fundo do reservatório foram coletadas 5 (cinco) amostras de sedimentos nos locais onde foram posicionadas as câmaras.

A temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$), pH e condutividade elétrica (S.cm^{-1}), nos seguintes perfis: superfície e fundo, nos quatro pontos por um período de 24 horas obedecendo a intervalos de 2 em 2 horas entre as aferições.

RESULTADOS

As análises das 5 câmaras utilizadas demonstraram que existe um padrão de sedimentação da matéria orgânica para os turnos estudados. Tanto o 1º turno, período correspondente da manhã, como no 2º turno, período correspondente ao período noturno a taxa de sedimentação foi praticamente uniforme para as cinco câmaras utilizadas, ficando evidente que a composição do material em suspensão foi totalmente de matéria orgânica, quer seja na forma de ração não aproveitada pelos peixes e também de efluentes as excretas e os metabólitos.

Analisando a taxa diária de sedimentação das câmaras e a quantidade de tanques instalados a cada mês é possível ver uma relação diretamente proporcional em termos numéricos, ou seja, quanto maior a quantidade de tanques instalados, maior a taxa diária de material em suspensão que será depositado no fundo do leito do reservatório.

As maiores taxas de sedimentação foram no mês de julho/17 no qual se encontravam na água 29 tanques, com uma taxa média de $0,3778 \text{ mg.cm}^{-2}/\text{dia}$. No entanto, as taxas foram consideradas médias em relação a outros estudos. A taxa de sedimentação é diretamente proporcional a maior ou menor presença de tanques da água, contribuindo consideravelmente a taxa diária de sedimentação.

A temperatura da água obedeceu a um padrão para os meses secos e chuvosos sendo bem similar para todos os pontos de coleta, seguindo assim tanto para superfície como para o fundo. Durante o período experimental as variações de pH obtiveram máxima de 7,24 e mínima de 6,55. Essas oscilações do pH evidenciaram a relação entre a fotossíntese e a respiração, que por sua vez, diminuíram com o aumento da concentração de CO_2 na água. O oxigênio dissolvido no ponto 1

apresentou sempre os menores valores, fato esse relacionado diretamente com a profundidade desse ponto e também ao fato de que o ponto já existe, enquanto a piscicultura desde a sua implantação há dez anos, corroborando que a taxa de deposição da matéria orgânica e demais excrementos diminui a profundidade sob qual a piscicultura está instalada comprometendo a qualidade da água quanto aos parâmetros químicos.

Comparativamente, os valores obtidos no presente estudo indicam que a hidrodinâmica do sistema respondeu de forma eficiente ao aporte de material particulado oriundo do escoamento superficial da bacia hidrográfica e da carga orgânica do empreendimento, sendo que não foram detectados valores que alterassem a qualidade da água. Os parâmetros da qualidade da água aferidos na nictimeral apresentam valores mínimos e máximos para a funcionalidade da piscicultura de acordo com as demandas específicas dos peixes.

CONCLUSÕES

- A piscicultura Associação dos Piscicultores do Serrote Preto (APS), localizado no reservatório de Itaparica, provocou perturbações de baixa intensidade na qualidade da água sem, entretanto, comprometer o ambiente aquático.

- Até agora a área do Reservatório no qual está instalada a piscicultura foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção

atualmente empregado, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes.

- É evidente a diminuição da profundidade do leito do rio com o passar dos anos após a implementação de uma piscicultura. O volume total de matéria orgânica que está sendo depositado no leito do Reservatório contribui significativamente para isso e também acabará acometendo a qualidade da água pois o excesso de excrementos depositados limitam os valores de oxigênio dissolvido disponível alcançando índices que causam a mortalidade dos peixes.

DESAFIOS

- Utilizar o monitoramento dos sedimentos como ferramenta científica para compreender o impacto da taxa de sedimentação das pisciculturas no fundo do leito dos reservatórios.

SOLUÇÕES

- Manutenção do Projeto de médio e longo prazo no reservatório de Itaparica e nas áreas que se tem pisciculturas instaladas é de suma importância para melhorar e ampliar o banco de dados com monitoramentos mais precisos e com prognósticos de tempo para limitação da capacidade de suporte de sedimentação do reservatório. Lembrando que esses dados podem ser utilizados para provisões futuras de gerenciamento do uso das águas.



Foto. Piscicultura no reservatório de Itaparica (PE). Crédito: Adriana Cunha.

Coordenadora:
Dra. Adriana Cunha - Universidade do Estado da Bahia - e-mail: adricunha@hotmail.com

Ordenamento da Implantação e Desenvolvimento da Piscicultura Intensiva em Tanques-rede nos Reservatórios do Semiárido

Maria Cristina Crispim¹, Hênio do Nascimento Melo Júnior², Kristina Gorlach-Lira³, Glécia Trinta de Paula Freitas Ramos⁴, Leonardo Leôncio Ribeiro⁵, Karla Patrícia Ponte Araújo⁶.

¹Universidade Federal da Paraíba; ²Universidade Regional do Cariri; ³Universidade Federal da Paraíba; ⁴Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (RJ); ⁵Universidade Estadual do Piauí; ⁶Discente bolsista da Universidade Federal da Paraíba.

Foram monitorados dois açudes com cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede, um o Açude do Carneiro, no município de Jericó na Paraíba e outro no Açude Padre Azevedo, no município de Sapé, Paraíba.

PRINCIPAIS RESULTADOS

O monitoramento do Açude do Carneiro foi realizado a partir de bioindicadores, usando a comunidade zooplancônica como indicadora de qualidade de água (FREITAS et al., 2012).

- Verificou-se que na proximidade dos tanques-rede havia uma maior densidade de organismos zooplancônicos e maior diversidade de rotíferos, que são um grupo de animais que desenvolvem mais em ambientes mais eutrofizados.

- Constatou-se maiores migrações verticais de organismos do zooplâncton mais distante dos tanques-rede que nas proximidades, a maior oferta de alimento pelo cultivo evitou a necessidade desses animais de subirem à superfície durante a noite para se alimentarem melhor em águas mais ricas em fitoplâncton. Isso evidenciou o aumento de matéria orgânica nas proximidades dos tanques-rede. O aumento de matéria orgânica, provoca o aumento da decomposição dessa matéria orgânica, diminuindo as concentrações de oxigênio dissolvido, em virtude do aumento de bactérias aeróbias decompositoras.

- Os aquicultores relataram informações alarmantes, no Açude do Carneiro, o cultivo tinha cerca de 7 anos e que no início a água era de boa qualidade, mas que no momento (7 anos depois) não era usada nem para tomar banho, porque causava urticária.

No Açude Padre Azevedo (Foto), foram estabelecidos 4 pontos amostrais, 3 em áreas próximas

ao cultivo de tilápias em tanques-rede e 1 em um braço do açude mais a montante.

Os resultados mostraram que:

- O ponto mais afastado apresentou melhor qualidade de água, menores densidades totais de zooplâncton e menores densidades de Rotífera, que são indicadores de águas mais eutrofizadas (CRISPIM et al., 2013).

- Neste açude também foram analisados microorganismos como *E. coli* e estreptococcus fecais, que foram mais abundantes no ponto de amostragem mais próximo dos tanques-rede (GORLACH-LIRA et al., 2013).

- Os aquicultores relataram que antes tinham cerca de 300 tanques-rede e que diminuíram gradativamente, chegando a mudar toda a produção para outro açude, em consequência da perda de qualidade de água, que se refletiu na diminuição da produção e em eventos de mortalidade de peixes.

Isso demonstra o quanto em ambientes aquáticos do semiárido a piscicultura em tanques-rede acelera os processos de eutrofização. Açudes no semiárido que têm como principal função o consumo humano, é insustentável a criação de peixes em tanques-rede, visto que coloca em risco os outros usos, como o consumo humano. Em 5 açudes do semiárido paraibano que produziam tilápias em tanque-rede (MENDES et al., 2016) registraram a presença de cianotoxinas na água de todos os reservatórios analisados e em 60% das amostras de músculo de tilápias cultivadas. Isso revela o potencial de degradação ambiental produzido pelo cultivo em tanques-rede e o risco à saúde humana.

RESULTADOS

- Os açudes do semiárido são ambientes com tendência à eutrofização em virtude do elevado

índice de evaporação da água de cerca de 2500 mm.ano⁻¹, contra as taxas de precipitação de em média 300 a 800 mm.ano⁻¹, o que leva à depleção completa dos açudes em vários anos de menor precipitação.

- A evaporação da água aumenta a concentração dos sais minerais, aumentando o estado trófico dos ecossistemas aquáticos, mesmo onde não tem cultivos em tanque-rede, no caso da presença destes, a eutrofização é potencializada, em virtude da adição de rações diariamente. Isso provoca eutrofização, perda de qualidade de água, aumento de pH, aumento de toxicidade pela amônia para os peixes, diminuição de oxigênio, aumento de matéria orgânica, aumento de bactérias e outros microorganismos e ambientes degradados, inclusive para aquicultura. Dessa forma, o uso de tanques-rede é extremamente prejudicial ao armazenamento de água em açudes, para as populações do semiárido.

- No entanto, a criação de peixes é uma atividade econômica importante, e não deve ser deixada de lado, apesar dos impactos negativos que foram citados. Dessa forma, é essencial que medidas de mitigação sejam associadas a esses cultivos.

SOLUÇÕES

- Uma proposta seria a realização de aqicul-

tura fora dos reservatórios/açudes do semiárido. Isso evitaria os impactos diretos no açude, permitindo os múltiplos usos pelas populações, inclusive o consumo. Em viveiros escavados, haveria o controle da qualidade de água e não se colocaria em risco a saúde humana.

- Outra proposta é a retirada de nutrientes dos sistemas aquáticos em que se realize a aquicultura intensiva. Crispim et al. (2009) mostraram a eficácia de sistemas de biotratamento em água de açude com cultivo em tanques-rede (Açude Padre Azevedo, Sapé, Paraíba) podendo servir de compensação ambiental para o excesso de nutrientes. O biofilme utilizado, para além de retirar nutrientes da água, servirá de alimento para os peixes nativos, aumentando a produção de peixes do ambiente natural.

- Assim, uma das soluções para combinar a aquicultura com a qualidade de água, seja em ambientes naturais seja em viveiros ou tanques, seria o uso da biorremediação. Isso tornaria a aquicultura uma atividade mais sustentável e menos impactante, conciliando o cultivo de peixes com os múltiplos usos em um açude/reservatório. Esse biotratamento mostrou-se muito adequado em diferentes situações de ecossistemas aquáticos, e pode auxiliar no controle de excesso de nutrientes, causado pela aquicultura.



Foto. Detalhe de manejo dos peixes, separando por tamanho, em piscicultura no Açude Padre Azevedo, Sapé, Paraíba.

Coordenadora:
Dra. Maria
Cristina Crispim –
Universidade Federal
da Paraíba. – e-mail:
ccrispim@hotmail.
com

DADOS PUBLICADOS EM:

Crispim, MC; Vieira, ACB; Coelho, SFM et al. (2009) Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 21, p. 387-391.
Crispim, MC; Araújo, KPP; Melo Júnior, HN (2013) Environmental impact analysis of aquaculture in net cages in a Brazilian water reservoir, based in zooplankton communities. *African Journal of Biotechnology*, v. 12, p. 2234-2248.
Freitas, GTP; Crispim, MC; Melo Júnior, HN (2012) Effects of net cages on the vertical distribution of zooplankton in a semi-arid reservoir, northeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, p. 140-148.
Gorlach-Lira, K; Pacheco, C; Carvalho, LCT et al. (2013) The influence of fish culture in floating net cages on microbial indicators of water quality. *Brazilian Journal of Biology*, v. 73, p. 1-7.
Mendes, CF; Barbosa, JEL; Nery, JF (2016) Microcystin Accumulation and Potential Depuration on Muscle of Fishes of Fish Farm: Implications to Public Health. *International Journal of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries*, v. 2, p. 1-10.

Indicadores Etnolimnológicos e Meteorológicos de Circulação Vertical Turbulenta na Piscicultura em Tanque-rede

Hênio do Nascimento Melo Júnior¹, Maria Irla Bezerra Dias¹ e Flávia Fideles de Vasconcelos¹.

¹ Laboratório de Limnologia e Aquicultura da Universidade Regional de Cariri.

O maior impacto da piscicultura em tanque-rede no semiárido do Ceará tem sido a mortalidade generalizada de peixes do cultivo, assunto com poucas respostas às indagações pertinentes. Na bacia hidrográfica do rio Salgado essas mortalidades estão diretamente ligadas a circulação vertical turbulenta.

ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram realizados nos cultivos de tilápia, *Oreochromis niloticus*, em tanque-rede nos açudes: Rosário (6°53'29.41"S e 39° 5'11.55"O, produção média anual 126.000 kg) e Olho D'água (6°48'3.39"S e 39°22'48.66"O, produção média anual 99.000 kg).

A análise de dados de temperatura do ar, velocidade e direção do vento, coletados nos sites da Fundação Cearense de Meteorologia, Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA/INPE) e Climatempo, permitiu diagnosticar a circulação vertical turbulenta como causa de mortalidade nas pisciculturas. Foi identificado bruscas quedas de temperaturas que provocam a turbulência. Foram levantados dados etnolimnológicos, abordando aspectos físicos, químicos e biológicos re-

lacionados com o cultivo e verificados durante a turbulência e mortalidade (Tabela).

PRINCIPAIS RESULTADOS

- As observações etnolimnológicas constituem indícios reconhecidos na literatura como consequência de eventos de turbulência.
- O comportamento dos peixes permite também a inferência sobre os efeitos biológicos das alterações físicas e químicas registradas.
- As mortalidades predominaram no período de diminuição das temperaturas atmosféricas no semiárido, de março a julho quando foram registrados 74,07% das ocorrências até 2018.

RESULTADOS

- Sendo parte da dinâmica natural do ecossistema, devemos considerar o padrão de circulação vertical e suas variações na escolha de ambiente e monitoramento da piscicultura em tanque-rede.
- O conhecimento completo do fenômeno de circulação vertical permitirá aos piscicultores a adoção de procedimentos que poderão evitar a mortalidade dos peixes cultivados.

DESAFIO E SOLUÇÕES

- Várias pisciculturas encerraram suas atividades devido as mortalidades, portanto, é necessário desenvolver tecnologia de convivência com esse fenômeno natural.
- Para o açude Rosário, elaboramos um protocolo de monitoramento e fornecemos instrução limnológica, isso possibilitou que na turbulência ocorrida em 01 e 02/06/2018 não houvesse morte na piscicultura. Os piscicultores identificaram os sinais atmosféricos e limnológicos, seguindo orienta-

ção, transferiram os tanques-rede para outra área.

- Atualmente está em conclusão o desenvolvimento de um aplicativo para monitoramento em tempo real. Dados do ambiente enviado pelos piscicultores serão cruzados com dados meteorológicos, possibilitando alertar e ou prever sobre a ocorrência de circulação vertical turbulenta.
- Esse fenômeno pode ocorrer independente da condição limnológica, o açude Rosário possui a melhor condição dentre todos os açudes da bacia do rio Salgado.

Tabela. Registro de eventos observados em circulação vertical turbulenta e mortalidade de peixes cultivados em açudes do Ceará (2010 a 2018).

Açudes	Olho D'Água Várzea Alegre (Junho 2010)		Rosário Lavras da Mangabeira-CE (Março 2017)		Rosário Lavras da Mangabeira-CE (Março 2018)		Rosário Lavras da Mangabeira-CE (Junho 2018)	
	Meteo- rologia*	Etnolim- nologia	Meteo- rologia*	Etnolimnologia	Meteo- rologia*	Etnolimnologia	Meteo- rologia*	Etnolimnologia
Temperatura do Ar (°C)	30,7↔ 22,2	"Quente no dia" "fria à noite"	28,8↔ 21,1	"De 27 a 28 de quente a frio". "De 28 a 30 frio".	30,4↔ 23,7	"Esfriando de quente a frio entre os dias 17 e 18".	28,8↔ 21,3	"Queda de temperatura, mais acentuada que dias e ocorrências anteriores".
Decréscimo (°C)	8,5	-	7,7	-	6,7	-	7,5	-
Tempo de mudança	18:00 – 03:00	-	15:00 – 09:00	-	18:00 – 03:00	-	18:00 – 03:00	-
Vento (m/s)	8,95↔ 3,81	"Forte"	-	"Forte à noite e fraco durante o dia".	1,50	"Forte durante a noite e brisa leve durante o dia".	1,67↔ 2,50	"À noite o vento variou de fraco a moderado, sempre na mesma direção".
Cor e odor da água	-	"Ficando marrom" "Cheiro de enxofre"	-	"De 27 a 28 azul para amarronzada". "De 28 a 30 amarronzada para mais escura e intensa". "Cheiro de ovo podre".	-	"De 17 a 18/03 cor do azul a amarronzada, e amarronzada escura no dia 19". "Cheiro de ovo podre no dia 19".	-	"Mudou da cor normal para amarronzada, barrenta de marrom vivo". "Liberação de cheiro de ovo podre".
Peixes do cultivo	-	"Sem apetite" "Tomando ar"	-	"27 a 30 perda de apetite". "não nadavam para pegar a ração". "dia 30, peixe tomando ar, depois das 23:00 início das mortes".	-	"Entre 17 a 18, redução de apetite não buscavam a ração". "A partir do dia 18 tomaram ar até morrerem no dia 19".	-	"Não se alimentaram e beberam ar". "A orientação e providência de deslocamento das gaiolas, evitou mortalidade, mesmo sendo intenso".
Peixes	-	"Sem morte"	-	"Fuga de peixes nativos e camarões moribundos".	-	"Não houve morte dos peixes nativos". "Os nativos fugiram".	-	"Não vimos morte dos peixes nativos nas áreas do cultivo e do deslocamento".
Fonte	1	2	3		4		1	

Fonte: *Meteorologia = SINDA/INPE; FUNCEME e CLIMATEMPO; 1= dados do estudo; 2= Oliveira e Melo Júnior (2012); 3 = Melo Júnior (2017); 4= Vasconcelos e Melo Júnior(2018).

DADOS PUBLICADOS EM:
Melo Júnior, H do N Protocolo de diagnóstico e monitoramento de eventos de mortalidade nas pisciculturas de açudes do Semiárido brasileiro. In: III workshop Internacional sobre Águas no semiárido Brasileiro. Campina Grande. 2017. Anais [...]. Campina Grande: UFCG. 2017.
Oliveira, VG ; Melo Júnior, HN . Registro etnoecológico da mortalidade de peixes em piscicultura em tanque-rede no açude Olho D'Água - Várzea Alegre (Estudo de Caso). In: XIV Semana de Iniciação Científica, 2011, Crato. Anais [...]. Crato. 2011: Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa - PRPGP - URCA, 2011. p. 51-51.
Vasconcelos, FF e MELO JÚNIOR, H do N Diagnóstico dos processos determinantes de mortalidade em piscicultura em tanque-rede no semiárido. In: II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros. Serra Talhada, 2018. Anais [...]. Serra Talhada: UFRPE/UAST. 2017.

Coordenador:
Me. Hênio do Nascimento Melo Júnior- Universidade Regional do Cariri - e-mail:
heniolimnologia@yahoo.com.br



Foto. Piscicultura do açude Rosário. A) Junho de 2018 – evento de circulação vertical turbulenta. B) Coloração da água em dias normais. Crédito: Hênio do Nascimento Melo Júnior.

Dinâmica Vertical do Oxigênio Dissolvido na Piscicultura em Tanque-rede em Açude do Semiárido

Hênio do Nascimento Melo Júnior¹ e Maria Irla Bezerra Dias¹.
¹ Laboratório de Limnologia e Aquicultura da Universidade Regional do Cariri.

A literatura sobre piscicultura, em sua maioria, aborda o monitoramento do oxigênio dissolvido referindo-se apenas a análises da água superficial ou epilímnia. O fato da água superficial estar em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 não representa segurança para a piscicultura em tanque-rede, o desconhecimento da dinâmica vertical do O₂ (oxigênio) pode ser danoso a atividade. Este trabalho demonstra que o monitoramento da distribuição vertical do O₂ é uma ferramenta de avaliação de impacto ambiental e é de grande importância para a segurança e gestão do cultivo.

ÁREA DE ESTUDO
O estudo foi realizado no açude Ubaldinho, município de Cedro-CE (Foto) 6°35'29.52''S e 39°14'5.65''O. O cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanque-rede no local tem produção média de 95.000 kg/ano.
Em outubro de 2014, fevereiro de 2015 e maio de 2016, nos pontos controle (P1-6°35'29.52''S e 39°14'5.65''O) e piscicultura (P2-6°35'29.52''S; 39°14'5.65''O) foram realizadas variações nictimerais em 7 amostragens com intervalo de 3 horas, coletadas no epilímnia, metalímnia e hipolímnia.



Foto. Piscicultura do açude Ubaldinho-Cedro-CE. Crédito: Hênio do Nascimento Melo Júnior.

polímnia. Sendo mensurado: oxigênio dissolvido (sonda HI9146), estado trófico e volume hídrico (Tabela).

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Os dados desse ambiente resultam de mais de dez anos de piscicultura, sendo estes influenciados pelo cultivo e pela climatologia do semiárido, submetida a forte estiagem desde 2011.
- O estado trófico do açude variou de mesotrófico (2014) a eutrófico (2015/2016). O volume hídrico variou de 62,01% em 2014 a 32,01% em 2016.
- Em 2015 e 2016 foram verificadas menores concentrações de OD do hipolímnia no P2 que no P1, evidenciando o efeito da piscicultura sobre a zona redutora.
- Apenas em 2016 houve diferença significativa entre os pontos P1 e P2.
- A depleção de O₂ no hipolímnia tornou-se mais evidente em 2015 e em 2016 quando foi verificado hipóxia (2,0 mg L⁻¹ ↔ 0,75 mg L⁻¹).

DESAFIOS E SOLUÇÕES

- A análise da água superficial não demonstra a realidade que demanda essa atividade. No

trabalho verificou-se que a concentração de OD da superfície está, em maioria, em conformidade com a legislação ambiental, porém o hipolímnia apresenta sinais de perturbação ou impacto ambiental.

- A piscicultura em tanque-rede necessita de métodos de monitoramento limnológico que sejam simples e eficientes. O uso de colorimetria ou oxímetro com as devidas orientações permitirão que os piscicultores realizem esse monitoramento.
- Esse método é justificado pela possibilidade da hipóxia e anoxia induzirem a produção de H₂S e CH₄, os quais poderão constituir um grave risco para a piscicultura. Mortalidades verificadas nas pisciculturas em tanque-rede no Ceará estão relacionadas com a circulação vertical turbulenta e consequente liberação de H₂S e CH₄ do sedimento para a coluna de água.
- Os resultados sugerem que uma possível rotatividade do local de cultivo poderia minimizar o impacto da piscicultura na área, permitir maior eficiência na resiliência e evitar problemas para a piscicultura. No açude Rosário após 10 anos de cultivo ocorreu mortalidade em 2017 e 2018, a adoção dessa transferência evitou a repetição da mortalidade em junho de 2018.

Tabela. Variação da distribuição vertical do oxigênio dissolvido nos pontos controle (P1) e piscicultura (P2) no Açude Ubaldinho.

ANO	Ponto de coleta	Epilímnia O ₂ (mg L ⁻¹)	Metalímnia O ₂ (mg L ⁻¹)	Hipolímnia O ₂ (mg L ⁻¹)	ANOVA (p=0.05)	IET	VOLUME HÍDRICO (%)
2014	P1	6,90 ↔ 5,51	6,49 ↔ 5,10	6,18 ↔ 5,16	0,6467	Mesotrófico	62,01
	P2	6,58 ↔ 5,70	6,96 ↔ 4,98	6,54 ↔ 5,27			
2015	P1	6,26 ↔ 3,46	5,26 ↔ 3,50	5,61 ↔ 3,25	0,1204	Eutrófico	46,42
	P2	5,80 ↔ 3,13	5,51 ↔ 3,13	4,50 ↔ 2,37			
2016	P1	8,18 ↔ 6,48	8,63 ↔ 6,36	7,63 ↔ 3,32	0,0001	Eutrófico	32,01
	P2	6,60 ↔ 4,17	5,51 ↔ 3,56	2,20 ↔ 0,75			

Fonte: Dias e Melo Júnior (2017) e Dias e Melo Júnior (2018).

Coordenador:
Me. Hênio do Nascimento Melo Júnior - Universidade Regional do Cariri. e-mail: heniolimnologia@yahoo.com.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Dias, MIB e MELO JÚNIOR, H do N Dinâmica do oxigênio dissolvido na coluna d'água de piscicultura em tanque-rede em açude do semiárido. In: III workshop Internacional sobre Águas no semiárido Brasileiro. Campina Grande. 2017. **Anais** [...]. Campina Grande: UFCG. 2017.
Dias, MIB. e MELO JÚNIOR, H do N. Importância da variação na dinâmica do oxigênio dissolvido na piscicultura em tanque-rede: açude do semiárido nordestino. In: II Simpósio de Limnologia do Semiárido Brasileiro. **Anais** [...]. Natal. UFRN. 2018.

Ações de Monitoramento Ambiental e Sustentabilidade na Produção de Tilápia em Tanques-rede no Reservatório de Sobradinho (BA)

Daniela Ferraz Bacconi Campeche¹, Paula Tereza de Souza e Silva¹ e Jacqueline Nascimento Sousa¹.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido.

De agosto de 2017 até o presente momento, a equipe envolvida na atividade está realizando o monitoramento de uma área de piscicultura no lago de Sobradinho (BA). A área é de produção de tilápia em tanques-rede, embora seja de uma única produtora, faz parte de uma associação de produtores (Foto). A produtora utiliza tanques-rede de 4 m³ e a densidade final é de 100-120 kg.m³ com produção anual média 1.200 toneladas em 2017. O polo de produção onde é realizado este monitoramento, tem uma área aproximada de 10.000 m³ em uma área de aproximadamente 4 km de comprimento.

Estão sendo realizadas coletas mensais para análise *in loco* com o auxílio de uma sonda multiparâmetros (Horiba U-5000G). Os parâmetros avaliados são: temperatura (°C); oxigênio dissolvido (% de saturação e mg L⁻¹); condutividade (mS/cm); turbidez (NTU) e pH. No mesmo momento, é realizada coleta de água para análise em laboratório, onde são mensurados os seguintes parâmetros: nitrato (mg L⁻¹); nitrito (mg L⁻¹); amônia (mg

L⁻¹); clorofila (mg L⁻¹); ortofosfato (mg L⁻¹); dureza total (mg L⁻¹); cálcio (mmol L⁻¹); magnésio (mmol L⁻¹); sódio (mmol L⁻¹); potássio (mmol L⁻¹); soma de cátions; carbonatos (mmol L⁻¹); bicarbonatos (mmol L⁻¹); sulfatos (mmol L⁻¹); cloretos (mmol L⁻¹); soma de aniões; relação de absorção de sódio; classificação da dureza GHF e classificação da água analisada. Os pontos de coleta na corda de tanques-rede estão demonstrados na Figura.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Até o momento os resultados mostram que nos períodos de cheia do Reservatório, ou seja, período de chuvas no alto e médio São Francisco os níveis de compostos nitrogenados e ortofosfato, ficam acima do permitido segundo a legislação do CONAMA N° 357/2005 (Tabela). No entanto, não se pode afirmar que estes níveis foram devido ao impacto da piscicultura. Os valores de pH (7,3 a 8,1), condutividade elétrica (0,05 a 0,07 ds.m⁻¹), T (23,6 a 28,2 °C) e oxigênio dissolvido (7,7 a 11,4 mg L⁻¹) ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos na Resolução do CONAMA N° 357/2005.

RESULTADOS

- Não houve diferença entre os pontos de coleta no início, meio e fim da fileira do tanque-rede em todos os períodos estudados, isto foi indicado pelo baixo coeficiente de variação.
- O teste estatístico mostrou que houve diferença significativa para o indicador nitrito e ortofosfato entre o período seco e chuvoso. Enquanto que para nitrato e amônia não houve diferença entre os dois períodos. Isso demonstra que as variáveis estudadas foram parcialmente influenciadas pela sazonalidade.
- A área da piscicultura estudada não produziu carga poluidora que ocasionasse impacto negativo na qualidade da água do Reservatório.

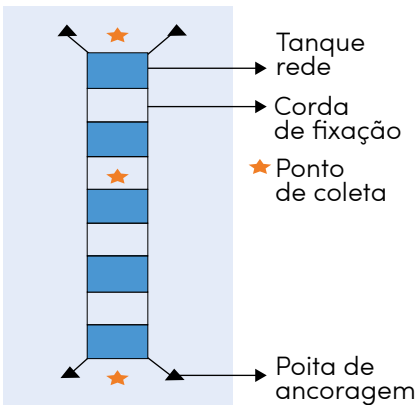


Figura. Indicação dos pontos de coleta no tanque-rede cultivado com tilápia. Crédito: Paula Tereza de Souza e Silva.

- Durante o período seco e chuvoso só houve diferença significativa para o NO₂ e orto P.

DESAFIOS

- A unificação das metodologias de coletas e análise da água, como parte da estruturação da Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União.
- Coletar sedimento para incluir as análises no lago de Sobradinho. O fundo do lago, onde estão localizados os tanques-rede, é formado de cascalho e pedras. Portanto, embora sejam lançados

no ambiente, os resíduos de ração e excretas não ficam sedimentados no local.

SOLUÇÕES

- Reuniões, mesmo que virtuais, para determinar as metodologias que serão utilizadas em cada localidade, com fluxogramas contendo direcionamentos de escolhas. Compilar e publicar o material.
- Pesquisa e determinação de metodologia e/ou soluções de inovação para coleta do material residual.

Tabela. Médias e coeficiente de variação dos teores da série de nitrogênio, e ortofosfato dos três pontos de coleta do tanque-rede e os limites da Resolução CONAMA N° 357/2005.

Coleta	Período	NH ₄ (mg L ⁻¹)	NO ₂ (mg L ⁻¹)	NO ₃ (mg L ⁻¹)	Orto P (mg L ⁻¹)
1	08/2017 seco	0,07±0,007	nd	0,5±0,03	nd
2	09/2017 seco	0,05±0,002	nd	0,6±0,08	nd
3	10/2017 seco	0,04±0,007	nd	0,6±0,09	nd
4	11/2017 seco	0,05±0,001	0,01±0,0005	0,6±0,04	nd
5	12/2017 chuvoso	0,08±0,004	0,02±0,0005	0,7±0,03	0,05±0,002
6	01/2018 chuvoso	0,1±0,03	0,02±0,001	0,9±0,05	0,009±0,002
7	02/2018 chuvoso	0,3±0,04	0,04±0,003	2,1±0,03	0,06±0,006
8	03/2018 chuvoso	0,06±0,007	0,02±0,0005	1,2±0,08	0,03±0,001
9	04/2018 chuvoso	0,07±0,002	0,02±0,0005	1,4±0,1	0,03±0,002
10	05/2018 seco	0,4±0,1	0,01±0,002	1,9±0,04	0,015±0,001
11	06/2018 seco	0,1±0,03	0,006±0,0007	1,5±0,05	0,016±0,003
12	07/2018 seco	0,1±0,04	nd	1,6±0,04	0,003±0,001
Legislação CONAMA N° 357/2005		2	1	10	0,03



Foto. Área de produção de tilápia em tanques-rede no lago de Sobradinho (BA). Crédito: Marcelino Ribeiro.

Coordenadores:
Dra. Daniela F. Bacconi Campeche – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – e-mail: daniela.campeche@embrapa.br
Dra. Paula Tereza de S. e Silva – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – e-mail: paula.silva@embrapa.br
Jacqueline Nascimento Sousa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – e-mail: jacqueline.sousa@embrapa.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Campeche, DFB; Carvalho, JL; Barone, R (2018) **Feeding Management and Growth in Tilapia Cage Small Farms: Differences among Neighbors**. In AQUA 2018. Montpellier, 2018, França. Anais do World Aquaculture Society.
Campeche, DFB; Silva, PT; Bonfa, HC (2018) **Nutrient Resurgence in Sobradinho Lake After Drought Period: Massive Financial Loss for Tilapia Cage Small Farmers**. In AQUA 2018. Montpellier, 2018, França. Anais do World Aquaculture Society.
Carvalho, WM; Silva, WR; Campeche, DFB et al. (2017) **Caracterização do perfil dos piscicultores do lago de Sobradinho e região**. In: XII Congresso Nordestino de Produção Animal, 2017, Petrolina. Anais do XII Congresso Nordestino de Produção Animal.
Carvalho, WM; Silva, WR; Silva, PTSE et al. (2018) **Teores de nitrogênio e fósforo na água de tanque-rede em cultivo de tilápia do Nilo no Lago de Sobradinho**. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina.
Simões, WL; Brito, LT; Campeche, DFB (2018) **Água e saneamento: contribuições da Embrapa**. 1 ed.

Modelagem Hidrológica para Avaliação da Dispersão de Nutrientes em Reservatórios

Gérsica Nogueira da Silva¹, Janaina Oliveira de Assis¹, Elena Matta², Maria do Carmo Sobral¹, Günter Gunkel² e Reinhard Hinkelmann².

¹Universidade Federal de Pernambuco; ²Universidade Técnica de Berlin.

O modelo hidrológico é uma ferramenta utilizada para representar os processos que ocorrem na bacia hidrográfica e prever as consequências das diferentes ocorrências em relação aos valores observados. Neste estudo, foram utilizadas simulações hidrológicas para construção de cenários em diferentes padrões de operação do reservatório Itaparica, localizado no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco, de forma a avaliar os efeitos do aporte de nutrientes na qualidade da água. A pesquisa foi desenvolvida pelo Projeto Innovate (*INterplay between the multiple use of water reservoirs via inNOVative coupling of substance cycles in Aquatic and Terrestrial Ecosystems*).

METODOLOGIA

Foi utilizado o software TELEMAC-2D para realizar o cálculo hidrodinâmico e de transporte de um traçador lançado no corpo hídrico. Os cenários foram construídos com dados obtidos em campo de seis pisciculturas no reservatório Itaparica. Esse, apresenta área superficial de 828 km² e níveis para produção hidroelétrica na cota entre 299 a 304 metros. Os cenários consideraram a cota média de 300 metros registrada nos últimos anos e diferentes vazões afluentes (cenário 1: 2.060 m³/s – vazão média; cenário 2: 900 m³/s – redução da vazão mínima; cenário 3: 550 m³/s, cenário crítico atual). Foi considerado vento médio de 5,5 m/s de sudeste (140°) e período de 6 meses de produção. A tabela apresenta o cálculo da entrada de fósforo no Reservatório.

Tabela. Valores calculados do fósforo utilizado nas simulações em todas pisciculturas.

Parâmetro	Calculado	A	B	C	D	E	F	Total
Produção de tilápia	toneladas/ano	350	1320	130	1100	1000	1000	5270
Ração utilizada	conversão 1,4	1008	1848	182	1540	1400	1400	7378
Entrada de fósforo	1,2% P ração	5,88	22,2	2,18	18,5	16,8	16,8	82,32
Fósforo dissolvido	22% P excreção	1,29	4,88	0,48	4,07	3,70	3,70	18,11
Input na simulação	Kg P/dia	3,54	13,3	1,31	11,1	10,1	10,1	49,45

PRINCIPAIS RESULTADOS

A maior concentração de fósforo observada no cenário 1 foi 3,1 µg/L, a jusante das pisciculturas. Esse valor representa cerca de 10% do valor limite estabelecido na Resolução CONAMA N° 357/2005 para ambiente intermediário com tempo de residência entre 2 e 40 dias (25 µg/L de fósforo) e está dentro do limite de 1/6 da carga estimada para as outorgas dadas pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Na situação crítica atual de operação do Reservatório com vazão afluente de 550 m³/s produziu-se até 13,1 na piscicultura E. Pode-se verificar que a redução da vazão para 900 e 550 m³/s teve impacto substancial no aumento da concentração de fósforo dissolvido (4 vezes maior), contribuindo na criação de áreas vulneráveis à eutrofização, principalmente no interior de baías onde há baixa circulação e consequentemente maior tempo de residência (MATTÁ et al., 2016).

RESULTADOS

A redução da vazão no reservatório Itaparica para valores abaixo da vazão mínima ecológica de 1.300 m³/s, estabelecida no Plano da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, potencializa a concentração da carga do fósforo, que correspondeu a aproximadamente 50% do valor crítico de fósforo na Resolução CONAMA N° 357/2005.

A elevada proximidade das pisciculturas às margens do Reservatório e algumas vezes inseridas em baías contribuem com o aumento da concentração dos nutrientes, devido principalmente as baixas velocidades de fluxo, como a exemplo a piscicultura F que apresentou velocidade de fluxo de apenas 0,0056 m/s no cenário 2, valor 10 vezes menor em relação à outras localizadas no corpo central que apresentaram velocidades de 0,058 e 0,042 m/s nas pisciculturas A e E. A concentração de nutrientes é altamente dependente das condições de fluxo e este, quando baixo e associado ao agrupamento de pisciculturas, como demonstrado entre as pisciculturas C, D e F, intensifica a concentração do fósforo dissolvido.

DESAFIOS

Considerar os múltiplos usos do Reservatório para a gestão do corpo hídricos. Estudo realizado por Gunkel et al. (2015) para capacidade de carga de fósforo no reservatório Itaparica demonstra que já há sobrecarga.

Necessidade de realização de estudos aprofundados para limites da capacidade de carga, considerando não apenas as cargas oriundas das pisciculturas, mas das demais atividades. Rever os modelos utilizados atualmente para emissão de outorgas de uso para a aquicultura, considerando as oscilações de vazão e cenários climáticos, principalmente nas regiões semiáridas.

SOLUÇÕES

Como estratégia de manutenção da qualidade da água dos reservatórios de múltiplos usos e sustentabilidade da piscicultura, recomenda-se:

- Consideração da vazão real durante os períodos críticos, no cálculo da carga máxima admissível de fósforo para concessão de outorgas em reservatórios.

Intensificação de investimentos em infraestrutura básica e programas hidro-ambientais para expansão dos serviços de saneamento básico e controle no aporte de nutrientes.

- Investimento técnico e capacitação de piscicultores para arração adequado, evitando excesso de alimentação. Usar somente alimentos com uma persistência suficientemente alta em água para minimizar as perdas e promover uso de alimentos com baixo teor de fósforo.

Orientação para instalação de tanques considerando profundidade de água mínima, fluxo significativo e distanciamento mínimo entre empreendimentos, para evitar acumulação de matéria orgânica no sedimento e potencializar a capacidade de autodepuração do reservatório.

- Impedimento de instalação de tanque-rede no interior de baías e a montante de pontos de captação de água para abastecimento humano. Por outro lado, pode ser estimulado a instalação de tanques próximos a captação de água para uso na agricultura irrigada.

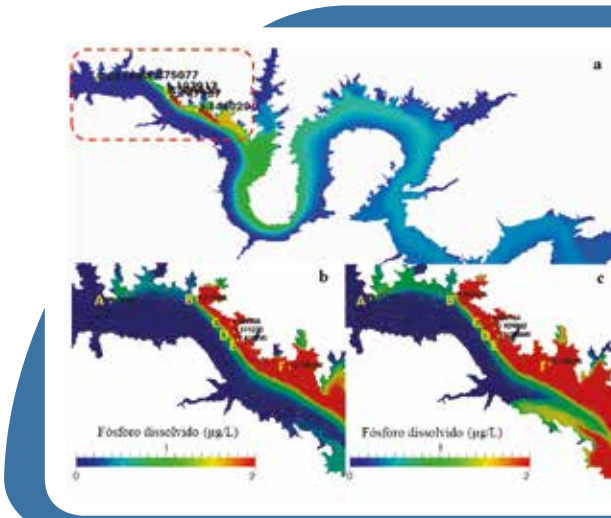


Figura: Simulação hidrológica para o fósforo dissolvido (µg/L) no reservatório Itaparica considerando os cenários 1(a), 2(b) e 3(c).

Coordenadores:

Msc. Gérsica Moraes Nogueira da Silva, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil - e-mail: gersicamns@hotmail.com
Dr^a. Maria do Carmo Sobral, Universidade Federal de Pernambuco - e-mail: mariadocarmo.sobral@gmail.com
Dr. Reinhard Hinkelmann, Universidade Técnica de Berlin - e-mail: reinhard.hinkelmann@wahyd.tu-berlin.de

REFERÊNCIAS:

Gunkel, G.; Matta, E.; Selge, F.; Nogueira da Silva, G.; Sobral, MC (2015) Carrying capacity limits of net cage aquaculture for Brazilian reservoirs. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 36, p. 128-144.
Matta, E.; Selge, F.; Gunkel, G.; Rossiter, K.; Jourieh, A.; Hinkelmann, R (2017) Simulations of nutrient emissions from a net cage aquaculture system in a Brazilian bay. *Water Science and Technology*, v. 73, p. 2430-2435.

DADOS PUBLICADOS EM:

Matta, E.; Koch, H.; Selge, F. et al. (2018) Modeling the impacts of climate extremes and multiple water uses to support water management in the Icó-Mandantes Bay, Northeast Brazil. *Journal of Water and Climate Change*.
Siegmond-Schultze, M (Ed) (2017) *Manual de diretrizes – uma compilação de conteúdos extraídos de resultados científicos do projeto INNOVATE, relevantes para atores envolvidos nas questões em foco*, pp. 132.

Monitoramento da Qualidade da Água em Piscicultura No Semiárido

Gérsica Nogueira da Silva¹, Anderson Pinheiro¹, Vanessa Adalgiza da Silva¹, Ariane Silva Cardoso¹, Érika Marques¹, William Severi² e Maria do Carmo Sobral¹.

¹Universidade Federal de Pernambuco; ²Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Entre as atividades econômicas desenvolvidas no semiárido do Nordeste brasileiro, a piscicultura encontra-se em expansão, como apontado por Ribeiro et al. (2015) com produção de 32.988 toneladas de tilápia nos reservatórios do submédio e baixo da bacia do rio São Francisco. Apesar dos investimentos na atividade, estudos têm apontado impactos negativos na qualidade da água, devido à liberação de nutrientes, provenientes da ração e fezes dos peixes (GUNKEL et al., 2015).

O estudo objetivou avaliar os impactos da piscicultura na qualidade da água do reservatório Itaparica em condições hidrodinâmicas de escassez hídrica para apoiar o processo de tomada de decisão. Esta pesquisa conta com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), por meio do projeto "Sistema de apoio à decisão para gestão ambiental do arranjo produtivo da piscicultura em reservatórios no semiárido de Pernambuco".

METODOLOGIA

O monitoramento foi realizado no trecho inicial do reservatório Itaparica, semiárido de Pernambuco (08° 50' 22,50" Sul e 38° 41' 47,38" Oeste). A área monitorada contempla quatro empreendi-

mentos de piscicultura de tanque-rede, que produzem aproximadamente 4.000 toneladas/ano da espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia). Foram realizadas análises físico-químicas da água, coletada trimestralmente em 23 pontos amostrais, considerando o período de estiagem (jan e nov 2017) e chuvoso (abril e julho 2017 (Figura 1).

As variáveis temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram determinadas *in situ* com uso de sonda multiparâmetro. As amostras de água foram coletadas na superfície, meio e fundo do corpo hídrico, considerando montante, centro e jusante das pisciculturas. Nos 23 pontos de monitoramento da qualidade da água, foram coletadas amostras do sedimento para análise do teor de fósforo, por meio de metodologia da Embrapa (2009). As amostras foram acondicionadas e transportadas ao Laboratório de Limnologia do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, sendo analisados: nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fosfato inorgânico, fósforo total, clorofila-a e turbidez.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Dentre os parâmetros analisados, o fósforo apresentou valores acima dos limites recomendados pela Resolução CONAMA N° 357/2005 em

todos os pontos de amostragem, inclusive nos pontos a montante das pisciculturas, demonstrando que o Reservatório já apresenta elevada carga de fósforo. O valor máximo observado para o fósforo foi em ponto central de uma das pisciculturas monitoradas de 323 µg L⁻¹ (mais de 10 vezes a concentração limite). Nesses pontos centrais foram observadas condições críticas no mês novembro/17, onde o oxigênio dissolvido esteve abaixo do limite recomendado (5 mg L⁻¹), chegando a 0,6 mg L⁻¹ (Figura 2a). Valores elevados de nitrito, fosfato inorgânico e pH foram observados no período de estiagem.

Por outro lado, no período chuvoso, houve aumento do nitrato, turbidez e clorofila-a (Figura 2b), provavelmente pelo aporte de nutrientes oriundos das margens e material carreado para o Reservatório.

RESULTADOS

Entre as formas nitrogenadas analisadas, todas se mantiveram dentro dos limites recomendados pela legislação, apresentando valores máximos de 78 µg L⁻¹ de nitrato, 16,2 µg L⁻¹ de nitrito e 200 µg L⁻¹ do nitrogênio amoniacal.

As altas concentrações do fósforo total no período de estiagem, podem estar relacionadas à redução da vazão afluente do reservatório Itaparica no mês de novembro/17, de 1.300 para 550 m³/s. Os pontos A5, B2, B0 e B7 (pontos centrais) apresentaram elevados valores de fósforo no sedimento, chegando a 2.300 e 2.200 mg/dm³ de fósforo nas pisciculturas 1 (ponto A5) e 4 (ponto B7), respectivamente. A redução do fluxo da água também contribuiu no aumento da deposição de compostos orgânicos no sedimento, principalmente sob os tanques das pisciculturas. Conforme classificação do teor de fósforo no solo, o mesmo pode ser enquadrado como alto quando acima de 40 mg/dm³, observado em 3 das 4 pisciculturas monitoradas.

DESAFIOS

Apesar das concentrações de fósforo terem sido elevadas nas pisciculturas, os pontos a montante do monitoramento indicam que há outras fontes de poluição que contribuem com o processo de eutrofização do Reservatório. A área de estudo demanda:

- Realização de estudos aprofundados para estabelecer limites da capacidade de carga, considerando as pisciculturas e demais fontes de poluição.
- Regularização de piscicultores que atuam na região sem a cessão de uso e Licença de Operação, logo, também não realizam o monitoramento exigido.
- Maior cautela na ocupação do Reservatório pela piscicultura, uma vez que o volume do Reservatório está baixo e não há cenários otimistas para o período chuvoso.

SOLUÇÕES

Como estratégia para manutenção da qualidade da água dos reservatórios de múltiplos usos e a sustentabilidade da piscicultura, recomenda-se:

- Inserção da análise do sedimento no monitoramento das pisciculturas, ao menos no centro, em termos de matéria orgânica e fósforo.
- Deslocamento dos tanques-rede para o centro do corpo hídrico mantendo uma profundidade mínima de 10 metros, em situação de baixa circulação de água e redução crítica de vazão.
- Fiscalização e controle das fontes de poluição pontuais e difusas, evitando risco de eutrofização.
- Incentivo a produção em tanques escavados, uma vez que é possível controlar o ambiente e a difusão, inserindo técnicas de tratamento de efluentes e Aquaponia (produção associada de peixe e horta).

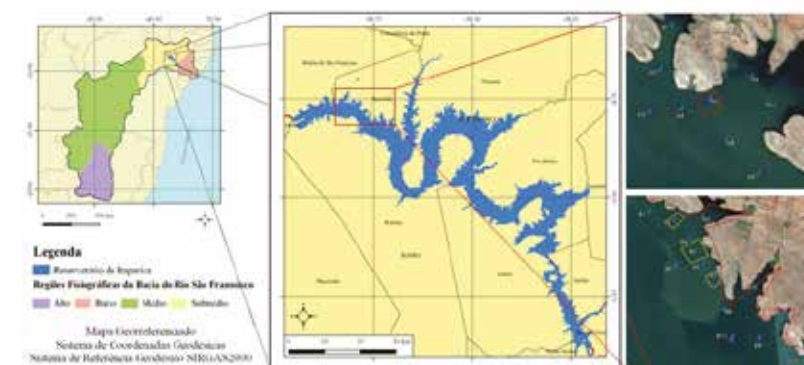


Figura 1: Localização do reservatório Itaparica no Submédio São Francisco, com indicação dos 23 pontos de monitoramento das pisciculturas.

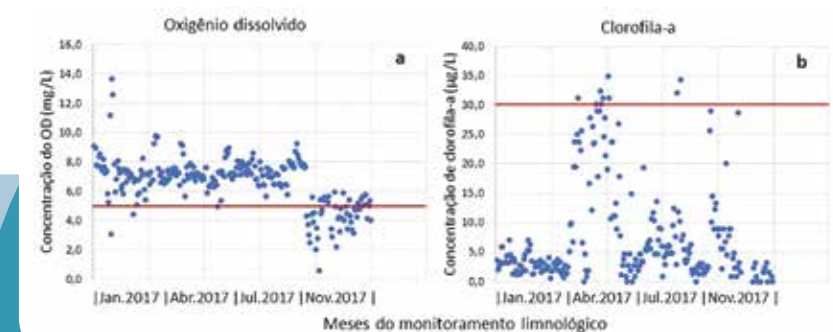


Figura 2: Concentração do oxigênio dissolvido (a) e clorofila-a (b) nas pisciculturas do município de Itacuruba/PE. Onde: corresponde a concentração limite estabelecida na Resolução CONAMA N° 357/05.

Coordenadores:

Msc. Gérsica Moraes Nogueira da Silva - Universidade Federal de Pernambuco - e-mail: gersicamns@hotmail.com

Dra. Maria do Carmo Sobral - Universidade Federal de Pernambuco - e-mail: mariadocarmo.sobral@gmail.com

Dr. William Severi - Universidade Federal Rural de Pernambuco - e-mail: wseveri@gmail.com

REFERÊNCIAS:

Gunkel, G.; Matta, E.; Selge, F.; Nogueira da Silva, G.; Sobral, MC (2015). Carrying capacity limits of net cage aquaculture for Brazilian reservoirs. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 36, p. 128-144. Ribeiro, MRF; Santos, JP; Silva, EM et al. (2015). A piscicultura nos reservatórios hidrelétricos do submédio e baixo São Francisco, região semiárida do nordeste do Brasil. *Acta Fish. Aquat. Res.*, v. 3, n. 1, p. 91-108, 2016.

Avaliação da Sustentabilidade das Atividades de Piscicultura em Tanques-rede em Reservatórios do Semiárido Nordeste

Gustavo Henrique Gonzaga da Silva¹, Wagner Cotroni Valenti², Rodrigo Sávio Teixeira de Moura¹, Júlio César da Silva Cacho¹ e Cyntia Rafaela Ferreira de Moraes¹.

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido; ²Universidade Estadual Paulista.

Dentre as ferramentas utilizadas na mensuração da sustentabilidade em aquicultura os conjuntos de indicadores ganham destaque por permitirem uma visão holística do sistema. Abordagens que aliem os indicadores a modelos como o arcabouço *Drivers-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR)* permitem ainda um melhor entendimento desta sustentabilidade. Com o objetivo de avaliar a sustentabilidade econômica, ambiental e social de sistemas de cultivo em tanques-rede as atividades no reservatório de Santa Cruz (modelo familiar - associação) foram monitoradas de abril a setembro de 2012, com produção média de 33 t/ano e no Umari (modelo empresarial - cooperativa) de novembro de 2015 a janeiro de 2016 com produção de 280 t/ano de tilápia.

As taxas de sedimentação de nutrientes foram calculadas com a instalação de câmaras de sedimentação, dentro e fora da área da piscicultura. Foram utilizados 49 indicadores calculados a partir de informações obtidas em questionários e pelo acompanhamento da produção do sistema. A sustentabilidade foi ainda modelada ainda e comparada com cenários hipotéticos, com diferentes densidades de estocagem.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- O sistema de cultivo no açude de Santa Cruz é viável economicamente, gerando lucro e distribuindo renda. Entretanto, a renda gerada beneficia poucas pessoas, e não é fixada na comunidade.
- A análise econômica dos cultivos em Umari demonstrou uma baixa taxa interna de retorno, além de uma relação renda/investimento não satisfatória, e um período de retorno de capital elevado, caracterizando o cultivo com baixa sustentabilidade.
- Ambientalmente, ambos os sistemas de cultivo em Santa Cruz e Umari foram dependentes de insumos, em especial nitrogênio, e energia, além de

elevarem a sedimentação de nutrientes nos açudes.

- Na dimensão social, a piscicultura em tanques-rede em Santa Cruz empregou pouca mão-de-obra, visto que 100% da mão de obra é constituída de auto emprego.
- A modelagem mostrou que o sistema de produção em Santa Cruz é potencialmente sustentável, e que alterações em sua densidade de estocagem diminuiriam esta sustentabilidade.
- Em decorrência da região semiárida brasileira apresentar características peculiares com relação à escassez de água, com períodos de seca prolongados, a constatação da baixa sustentabilidade ambiental da atividade de piscicultura intensiva em tanques-rede realizada em reservatórios desta região pode comprometer economicamente e socialmente a atividade.

RESULTADOS

- As concentrações de formas nitrogenadas, formas fosfatadas e formas carbonadas mostram uma diferenciação entre a área da piscicultura e a controle, evidenciando a influência do cultivo em tanques-rede na elevação dos níveis de nutrientes sedimentados.
- O sistema de criação de tilápia do Nilo no reservatório de Santa Cruz pode ser classificado como potencialmente sustentável de uma maneira geral, sendo que foi considerado economicamente sustentável, enquanto relativamente sustentável para as dimensões ambiental e social. Os principais fatores que reduzem a sustentabilidade foram a geração de resíduos sólidos, a relativa ineficiência no uso dos nutrientes, a baixa geração de empregos diretos e reduzida fixação de renda na comunidade local.
- O sistema de criação de cultivo em Umari não foi sustentável economicamente, inviabilizando a atividade de produção de tilápia do Nilo.

DESAFIOS

- Levantar em consideração a disponibilidade hídrica existente e as estiagens prolongadas que vêm ocorrendo desde 2012 ao se definir a sustentabilidade das atividades de piscicultura em tanques-rede em reservatórios do semiárido.
- Em decorrências das sucessivas secas e diminuições drásticas do volume útil do Reservatório a criação de peixes em tanques-rede no açude do Umari teve que ser suspensa.
- A grande mortalidade que houve em janeiro de 2016 em consequência da inversão térmica no período de chuvas, que reduziu as concentrações de oxigênio dissolvido e aumentou os teores de gases tóxicos nos locais de cultivo também foi um fator determinante para a interrupção das atividades.
- A avaliação da sustentabilidade das atividades de piscicultura em tanques-rede em reservatórios do semiárido brasileiro deve considerar além dos indicadores econômicos, sociais e ambientais, também as características hidrológicas destes reservatórios.
- O sistema de cultivo nos moldes familiares, como o realizado no reservatório de Santa Cruz, mostrou-se mais sustentável do que o desenvolvido no reservatório de Umari.
- O grau de eutrofização destes ambientes aquáticos também é um aspecto que deve ser considerado para o desenvolvimento da piscicultura em tanques-rede em reservatórios do semiárido brasileiro. Os estudos têm demonstrado que os demais reservatórios com capacidade máxima acima de cinco milhões de m³, encontram-se eutrofizados, com concentrações de fósforo total e clorofila-a acima do estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para Classe 2.
- Em última análise a avaliação da sustentabilidade da criação de peixes em tanques-rede em reservatórios do semiárido deve levar em consideração as condições climáticas e hidrológicas a que

estes ambientes aquáticos estão submetidos, bem como o seu grau de eutrofização, visando a preservação dos escassos recursos hídricos que precisam ser usados para múltiplos usos, especialmente para o consumo humano. Essa visão mais holística pode impedir que grandes mortalidades de peixes ocorram em reservatórios do semiárido nordestino, assim como foi constatado recentemente em Umari (RN), Castanhão (CE) e Orós (CE).

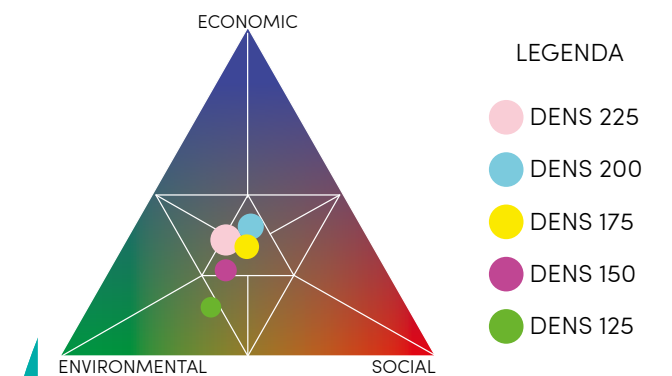


Figura. Triângulo da sustentabilidade para os sistemas de cultivo em tanques-rede no reservatório de Santa Cruz em diferentes densidades (peixes/m²). Quanto mais próximo do centro da pirâmide, maior a sustentabilidade global do sistema de produção.

Foto: Atividade de piscicultura em tanques-rede nos reservatórios de Santa Cruz e Umari. Crédito: Gustavo Henrique Gonzaga.

Coordenador:

Dr. Gustavo Henrique Gonzaga da Silva - Universidade Federal Rural do Semiárido - e-mail: gustavo@ufersa.edu.br

DADOS PUBLICADOS EM:

Cacho, JC da S (2017) **O cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Lopes, PFM; Carvalho, AR; Villasante, S et al. (2017) Fisheries or aquaculture? Unravelling key determinants of livelihoods in the Brazilian semi-arid region. *Aquaculture Research*, v. 7, p. 1-11.
Moraes, CRF; Henry-Silva, GG Mixing models and stable isotopes as tools for research on feeding aquatic organisms. *Ciência Rural*, v. 48, p. 1-14, 2018.
Moura, RST (2018) **Modelagem da estrutura e funcionamento de reservatórios submetidos a atividades de aquicultura no semiárido do Rio Grande do Norte. Tese** - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Moura, RST (2013) **Sustentabilidade do sistema de cultivo de tilápia-do-Nilo em tanques-rede no reservatório de Santa Cruz, semiárido do Rio Grande do**

Norte. Dissertação - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Moura, RST; Henry-Silva, GG (2015) Limnological characteristics of a hydrographic basin of the Brazilian semi-arid region. *Acta Limnologica Brasiliensia* (Online), v. 27, p. 78-84.
Moura, RST; Lopes, YA; Henry-Silva, GG (2014) Influência da criação de tilápia do Nilo em tanques-rede na sedimentação de nutrientes e material particulado em reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte. *Química Nova* (Online), v. 37, p. 1283-1288.
Moura, RST; Santos, RV; Lopes, YA; Henry-Silva, GG (2015) Parâmetros morfométricos dos reservatórios Santa Cruz e Umari, semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* (Online), v. 41, p. 355-363.
Moura, RST; Valenti, WC; Henry-Silva, GG (2016) Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. *Ecological Indicators*, v. 66, p. 574-582.

Avaliação do Índice de Estado Trófico como Ferramenta para o Monitoramento de Atividades Aquícolas em Reservatórios Continentais

Flávia Tavares Matos¹, Clauber Rosanova², Guilherme Wolff Bueno³, Emílio Pinho⁴, Rubens Tomio Honda⁵ e Alberto Akama⁶.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pesca e Aquicultura; ²Instituto Federal do Tocantins; ³Universidade Estadual Paulista; ⁴BRK Ambiental; ⁵Faculdade Católica do Tocantins; ⁶Universidade Federal do Tocantins.

O conhecimento das condições de trofia dos ambientes aquáticos, a partir de limites calculados por indicadores correlacionados à eutrofização, podem ser ferramentas simples e acessíveis ao produtor na realização de programas de monitoramento. Um exemplo é o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), que tem por finalidade classificar os corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (CETESB, 2009). Nesse contexto, o presente estudo objetivou realizar o monitoramento limnológico e determinar o grau de trofia do Parque Aquícola (PA) Sucupira, área de cultivo de tambaquis (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede no reservatório do Lajeado em Palmas (TO).

METODOLOGIA

Para a escolha dos pontos de coleta e periodicidade foi determinada uma malha amostral de 10 pontos equidistantes, abrangendo toda a área de produção do PA, um ponto localizado fora da área de influência (controle). O monitoramento foi realizado entre janeiro a agosto de 2017.

Parâmetros mensurados: fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$), clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade (mS cm^{-1}), oxigênio dissolvido (mgL^{-1}), sólidos totais (mgL^{-1}) e turbidez (NTU). As amostras de fósforo total e a clorofila-a- foram analisadas em laboratório e os demais parâmetros *in loco* com o auxílio de sonda multiparâmetros Horiba (U52G). Foi ainda determinado o IET para o fósforo e para a clorofila-a, para cada um dos 10 pontos amostrais monitorados.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Com exceção do fósforo total, apesar das pe-

quenas variações de oxigênio e sólidos totais, os resultados estão de acordo com as recomendações da Resolução CONAMA N° 357/2005.

- Os dados obtidos permitem concluir que a área aquícola apresentou predominância de estado trófico supereutrófico e que o estado trófico do lago nas proximidades dos tanques-rede sofre forte influência externa de atividades antrópicas, principalmente no período chuvoso. No período da seca, pelo fato de não haver a diluição de nutrientes devido à escassez de chuvas, ocorre aumento considerável na concentração de fósforo na água, levando a um estado hipereutrófico.

- O índice também se apresentou alto no ponto controle, nas classes de eutrófico e hipereutrófico, indicando que a aquicultura não é uma atividade impactante e que o lago apresenta naturalmente altos índices de fósforo, principalmente na seca.

- O IET pode ser considerado um bom índice para monitoramento da aquicultura, pois é simples de se determinar, considera apenas dois parâmetros de qualidade de água e indica a condição trófica do ambiente, com base na biomassa de clorofila-a e na concentração de fósforo na água.

RESULTADOS

- O IET pode ser considerado um bom índice para monitoramento da aquicultura, pois é simples de se determinar e indica o grau de eutrofização do corpo hídrico;

- A área de influência do PA Sucupira apresentou predominância de estado trófico supereutrófico pelo fato do reservatório do Lajeado apresentar naturalmente altas concentrações de fósforo, contribuindo para a elevação do IET tanto na área do PA como no ponto controle, principalmente na seca.

- Pelo fato do índice se apresentar alto tanto na área do PA como no ponto controle (A10), é possível afirmar que a aquicultura não apresentou impactos significativos ao corpo hídrico.

DESAFIOS E SOLUÇÕES

- Obtenção de séries históricas de dados de qualidade de água (fósforo e clorofila) para a determinação do IET do corpo hídrico antes da

- instalação das atividades aquícolas.
- Condução de experimentos para a validação do uso do IET para o monitoramento ambiental da aquicultura.
- Padronização na quantidade de pontos, determinação da malha amostral e da periodicidade das coletas para a adoção do IET pelos órgãos de meio ambiente nos processos de licenciamento e renovação de licenças existentes.

Tabela. Índices de Estado Trófico obtidos no parque aquícola Sucupira no período de janeiro a agosto de 2017.

Ponto	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
1	64	64	65	56	64	64	69	68
2	65	62	66	49	66	66	68	70
3	66	63	67	58	65	65	67	70
4	67	63	65	49	64	64	68	71
5	63	63	68	54	65	65	66	70
6	62	64	63	53	64	64	66	70
7	63	64	61	51	64	64	66	70
8	69	64	68	53	64	64	67	69
9	73	62	65	36	65	65	66	70
Média	66	63	65	51	64	64	67	70

Legenda:

- ultraoligotrófico
- oligotrófico
- mesotrófico
- eutrófico
- supereutrófico
- hipereutrófico



Foto. Monitoramento de qualidade de água em reservatórios. Crédito: Flávia Tavares.

Coordenadores:
Dra. Flávia T. Matos – Embrapa Pesca e Aquicultura – e-mail: flavia.tavares@embrapa.br
Clauber Rosanova – Instituto Federal do Tocantins – e-mail: clauber@ifto.edu.br
Dr. Guilherme W. Bueno – Universidade Estadual Paulista – e-mail: guilherme.bueno@registro.unesp.br

REFERÊNCIAS:
Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 413, de 30 de junho de 2009. Brasília. 2009.
CETESB, Companhia De Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008/ CETESB. São Paulo: Série Relatórios-Secretaria de Estado do Meio Ambiente. v. 1, 531p. 2009.
Lamparelli, MC Grau de trofia em corpos d’água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 235f. Tese (Doutorado), Instituto de Bio-ciências de São Paulo, Departamento de Ecologia, São Paulo, 2004.

Monitoramento Limnológico da Produção de Tambaquis em Tanques-Rede no Reservatório de Lagoa Grande (TO)

Daniel Chaves Webber¹, Flavia Tavares de Matos², Tiago Vieira da Costa², Giovanni Vitti Moro² e Emilio Pinho³.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pesca e Aquicultura; ³Universidade Federal do Tocantins.

A Embrapa Pesca e Aquicultura realiza estudos ambientais visando a produção aquícola sustentável em corpos da União, sendo muitos destes em reservatórios de usinas hidrelétricas. O estudo em apreço foi realizado em um cultivo de tambaquis (*Colossoma macropomum*) no reservatório da PCH Lagoa Grande, município de Dianópolis-Tocantins, cuja a produção se dá em uma linha contendo 12 tanques-rede de 18m³ cada, densidade de estocagem final de 60 kg/m³ e produção anual de cerca de 1.000 kg cada. Para este experimento, os tanques foram alocados à montante 1 km de outras linhas particulares de tanques-rede. A profundidade média na área instalada é de 11 metros e a vazão média é de 6,20 m³/s no período seco e de 9,25 m³/s no período chuvoso.

No estudo foi realizada a caracterização limnológica do ambiente antes (marco zero) e após um ano de cultivo, bem como o monitoramento sistemático em diferentes distâncias ao redor da linha de tanques visando analisar os impactos da produção do ponto de vista espaço-temporal e a conferência com os limites de parâmetros definidos para a Classe 2 da Resolução CONAMA N° 357/2005. O levantamento de dados batimétricos (profundidade) foi realizado antes da instalação dos tanques-rede utilizando um ecobatímetro monofeixe, um receptor de sinal de satélite (GPS e GLONASS) e os softwares Pownav e Echosounder de forma consorciada seguindo as instruções do Manual Técnico para seleção de áreas aquícolas em águas da União (WEBBER et al., 2015). Os dados hidrométricos (vazão e direção das correntes) foram aferidos semestralmente (período seco e chuvoso) utilizando um ADCP (doppler), um receptor de sinal de satélite com diferencial e o software WinRiver II. Em ambas as ações foram coletadas amostras mensalmente em 18 pontos amostrais equidistantes ao redor do cultivo, dispostos em três buffers (10, 55 e 100m) e em 2 profundidades (0,20m da lâmina d'água e 0,50m do fundo) durante o período

matutino. Os parâmetros físicos e químicos de pH (mV), temperatura (°C), turbidez (UNT), OD (mg L⁻¹), OD (%), percentual de oxirredução (mv) e condutividade (mS/cm) foram coletados *in loco* através de uma sonda multiparamétrica, enquanto que fósforo total (mg L⁻¹), orto-fosfato (mg L⁻¹), nitrogênio amoniacal (mg L⁻¹), nitrito (mg L⁻¹), nitrato (mg L⁻¹), DQO (mg L⁻¹) e clorofila (µg L⁻¹) foram coletados utilizando a garrafa de Van Dorn e analisados em laboratório através de técnicas de espectrofotometria, titulação e diferenciação, seguindo as normas da APHA (2005). Os softwares de geoprocessamento ARCGIS e Garmin MapSource e o de limnologia U-50 Data Collection HORIBA também foram utilizados para as análises e para o mapeamento espaço-temporal. Os dados foram analisados de acordo com a estação e profundidade, sendo tabulados e interpolados através do método geostatístico de krigagem.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Com exceção aos parâmetros nitrogênio amoniacal (mg L⁻¹) e clorofila-a (µg L⁻¹), todos parâmetros analisados ultrapassaram os limites da Resolução CONAMA N° 357/2005 para Classe 2 em alguma amostra no período de um ano.

- Os valores de turbidez (NTU) encontrados em águas da camada superficial estão dentro dos limites da Classe 2 em todas as amostras.

- O oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) durante o período de estiagem ficou abaixo do limite da Classe 2 ($\geq 5,00$ mg L⁻¹) em todos os pontos amostrais que não estão localizados próximos a calha original do rio.

- A análise do pH permitiu verificar maior acidez das águas durante o período de chuvas em todos os pontos amostrais, chegando a atingir o limite mínimo de 5,5 no ponto S (mais próximo a calha do rio).

- O ambiente analisado do reservatório da Lagoa Grande naturalmente possui elevada

carga de fósforo total (mg L⁻¹). Em todos pontos amostrais foram encontrados valores de fósforo total acima da Classe 2, contudo os níveis baixos de clorofila-a reduziram a possibilidade de eutrofização da água.

- Os parâmetros fósforo total (mg L⁻¹) e amônia total (mg L⁻¹) tiveram moderada elevação durante o período de secas, porém foram diluídos pelas chuvas e rapidamente voltaram aos níveis encontrados na amostragem que antecedeu a instalação dos tanques-rede (marco zero).

- Em locais do Reservatório com menor profundidade ou com maior tempo de residência sugere-se que o monitoramento seja a uma distância superior a 100 metros, visto que em áreas rasas o pH tende a ser mais elevado e a amônia mais concentrada, combinação esta que favorece o aumento da amônia tóxica no ambiente.

- Os resultados mostram que o modelo metodológico empregado foi bem-sucedido tendo melhores resultados durante o período de estiagem, haja vista que durante o período chuvoso os efluentes são diluídos, dificultando a análise espacial de emissão de efluentes.

DESAFIOS

- Há necessidade de se monitorar a amônia e o fósforo durante um período mais longo de tempo à montante dos tanques-rede para avaliar a condição natural destes elementos durante o período de chuvas e de estiagem.

- Para o monitoramento do cultivo se faz necessário intensificar a frequência de coletas do parâmetro clorofila-a durante o período de chuvas, uma vez que existe neste período uma tendência de aumento moderado.

SOLUÇÕES

- As análises de água feitas com as amostras localizadas a 100 m do cultivo demonstram que nessa distância ainda há influência da produção de peixes no meio ambiente. No entanto, o declínio na concentração de alguns parâmetros (p.e. amônia e fósforo) em relação às amostras localizadas a 50 m das linhas de cultivo, indica que a distância de 100 m já seria suficiente para diluir os nutrientes, colaborando com a resiliência do corpo hídrico (Figura).

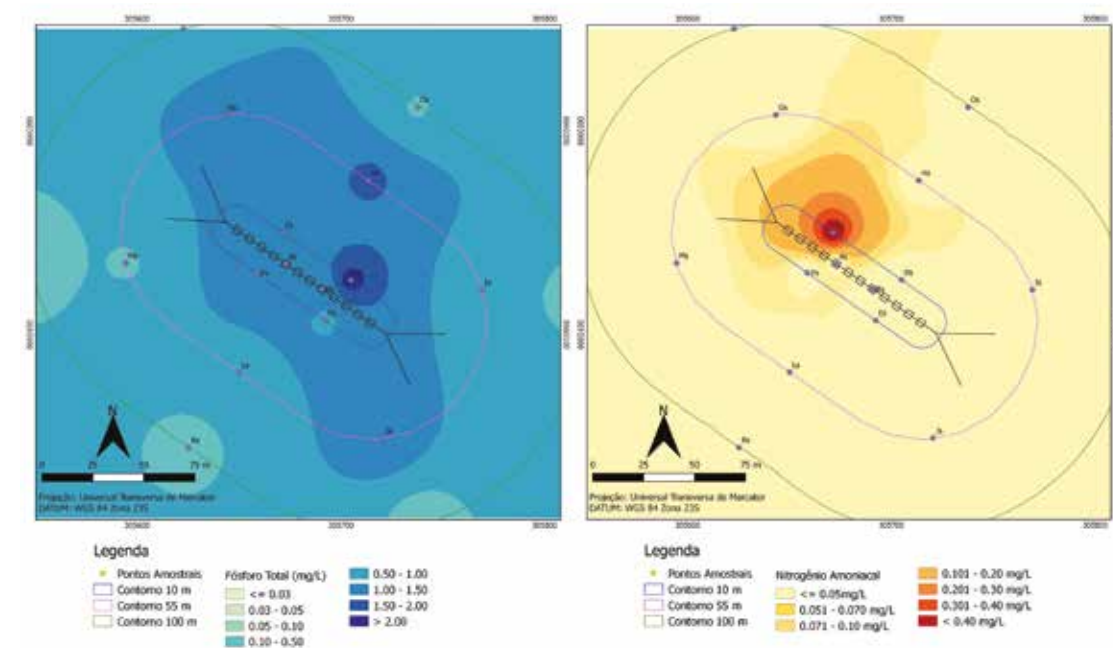


Figura. Distribuição horizontal dos parâmetros fósforo total (mg L⁻¹) e nitrogênio amoniacal (mg L⁻¹) em amostras de água do fundo do reservatório da PCH Lagoa Grande em julho de 2014.

Coordenadores:

Me. Daniel Chaves Webber – Embrapa Solos – e-mail: daniel.webber@embrapa.br

Dra. Flavia Tavares de Matos – Embrapa Pesca e Aquicultura – e-mail: flavia.tavares@embrapa.br

Tiago Vieira da Costa – Embrapa Pesca e Aquicultura – tiago.costa@embrapa.br

Dr. Giovanni Vitti Moro – Embrapa Pesca e Aquicultura – e-mail: giovanni.moro@embrapa.br

REFERÊNCIAS:

APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF – Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. Eaton, A.D.; L.S. Clesceri; A.E. Greenberg (Ed.), 21th ed. Washington, D.C; [s.n], 2005. CETESB/ANA, 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão... [et al.] – São Paulo: CETESB; Brasília: ANA.

DADOS PUBLICADOS EM:

Webber, DC; MATOS, FT de; OLIVEIRA, FMM de; UMMUS, ME 2015. Manual técnico para seleção de áreas aquícolas em águas da União. Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Monitoramento Ambiental nos Parques Aquícolas do Reservatório de Itaipu

Simone Frederigi Benassi¹, Gilmar Baumgartner², Rinaldo Antônio Ribeiro Filho³, Jussara Elias de Souza¹, Caroline Henn¹, André Luiz Watanabe¹, Maurício Spagnolo Adames¹, Celso Carlos Buglione Neto¹, Carla Canzi¹, Julia Myrian de Almeida Pereira³, Irineu Motter¹ e Renato Fernando Brunkow⁴.

¹Itaipu Binacional; ²Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais; ³Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, ⁴Instituto Ambiental do Paraná.

O reservatório de Itaipu conta com três parques aquícolas licenciados e algumas áreas propícias para futuro licenciamento. As atividades de monitoramento da qualidade da água nos parques aquícolas (Figura 1) foram iniciadas em 2006 e são realizadas em convênio com o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), além de projetos com instituições de ensino e pesquisa. Nesses Parques estão instalados tanques-rede e o cultivo é prioritariamente de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). O número de tanques instalados nos Parques vem aumentando ao longo dos anos e em 2017 foram aproximadamente 240 tanques e produção de 155 mil kg.

MONITORAMENTO AMBIENTAL

As campanhas de monitoramento da qualidade da água da aquicultura e da rede histórica de monitoramento são realizadas trimestralmente em pontos predefinidos. São avaliados cerca de 30 parâmetros, dentre eles: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais, transparência, fósforo total, nitrogênio total, metais pesados, fitoplâncton, zooplâncton, concentração de clorofila, alcalinidade; as amostras são realizadas na superfície e no fundo. O laboratório do IAP é acreditado e utiliza os métodos de análises recomendados pela Agência Nacional de Águas. A principal forma de avaliação empregada é por meio do Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson, cujas variáveis utilizadas são: concentração de clorofila, concentração de fósforo total e transparência.

PRINCIPAIS RESULTADOS

• Nas estações localizadas nos parques, estações estas pertencentes à rede de monitoramento da série histórica de Itaipu, o IET médio ao longo dos anos é majoritariamente oligo a mesotrófico, porém em situações ocasionais eutrófico e até hi-

pereutrófico (Figura 2). Observa-se também uma melhoria geral no estado trófico ao longo do tempo.

• Nas estações de amostragens específicas dos Parques, observamos que a concentração de fósforo total foi próxima do valor preconizado na Resolução CONAMA Nº 357/2005 para corpos hídricos Classe 2 nos parques Ocoí e São Francisco Verdadeiro até 2011, após este período estes valores aumentaram (Figura 3). Entretanto, no parque aquícola São Francisco Falso os valores de concentração de fósforo sempre foram altos, desde o início do monitoramento dos Parques. Ressaltamos que um amplo estudo foi realizado nas bacias de contribuição dos rios formadores destes braços pelo comitê da bacia Paraná 3 visando o diagnóstico para o enquadramento de seus corpos hídricos. Nesse estudo observa-se que estas bacias apresentam alta carga de fósforo e os braços muitas vezes já recebem estas águas com o limite de concentração de fósforo preconizado pela legislação ultrapassado. Este documento pode ser acessado no site do comitê da bacia Paraná 3. Sendo assim, não se pode inferir que a aquicultura é a única atividade responsável por estas alterações na qualidade da água.

DESAFIOS

O desafio atual é avaliar a real alteração no meio decorrente do cultivo de peixes em tanque-rede no reservatório de Itaipu. Para tanto um estudo está em andamento em que foram coletados e analisados, até o momento, parâmetros de nutrientes na água e no sedimento, bem como a fauna bentônica e íctica durante dois anos sem a presença de tanques-rede, para cultivo de pacu. A partir de agora serão instalados os tanques e iniciado o cultivo para avaliação dos mesmos parâmetros durante mais dois anos. O projeto ocorre

em parceria entre ITAIPU, INEO e Unesp. Plataformas de monitoramento da qualidade da água automatizada e telemetrizada estão em fase de instalação nos Parques, para avaliação detalhada.

• Espera-se realizar os estudos de capacidade de suporte para o licenciamento das áreas propícias a serem licenciadas, sendo que, desde 2016, é realizado o levantamento de dados de concentração de fósforo total na superfície e aferidos os dados com sonda multiparâmetros do perfil

vertical (condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio).

SOLUÇÕES

• Apesar de não estar sob governança da ITAIPU BINACIONAL, sugere-se que sejam elaboradas ações que foquem na melhoria da qualidade da água nas bacias dos afluentes do reservatório de Itaipu, visando o atendimento da legislação. Em especial ao parâmetro fósforo.

Figura 1. Localização das estações de amostragem dos parques aquícolas no Reservatório de Itaipu – Brasil.

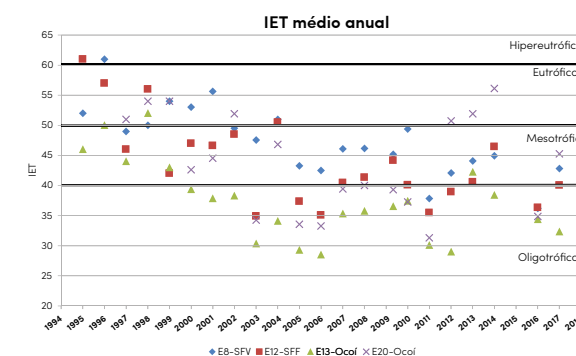
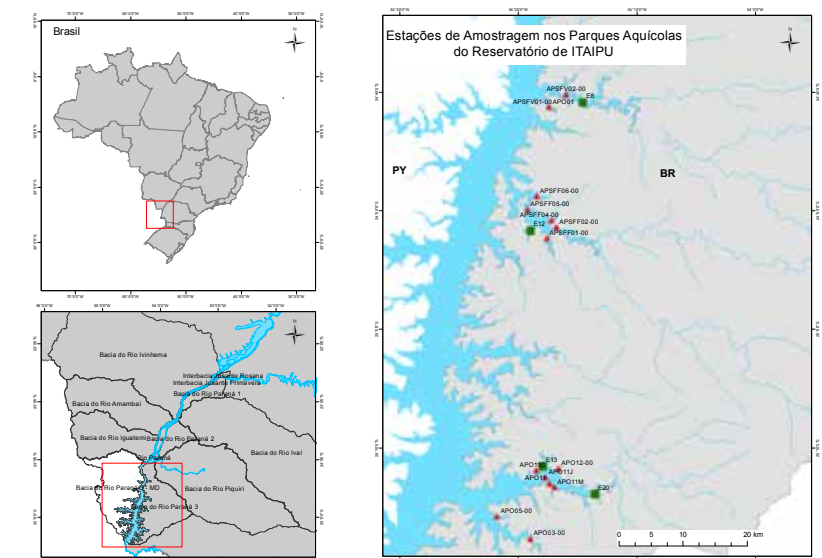


Figura 2. Variação temporal do Índice de Estado Trófico (IET) médio nos braços do reservatório de Itaipu licenciados como parques aquícolas no período de 1995 a 2017. SFV: São Francisco Verdadeiro, SFF: São Francisco Falso.

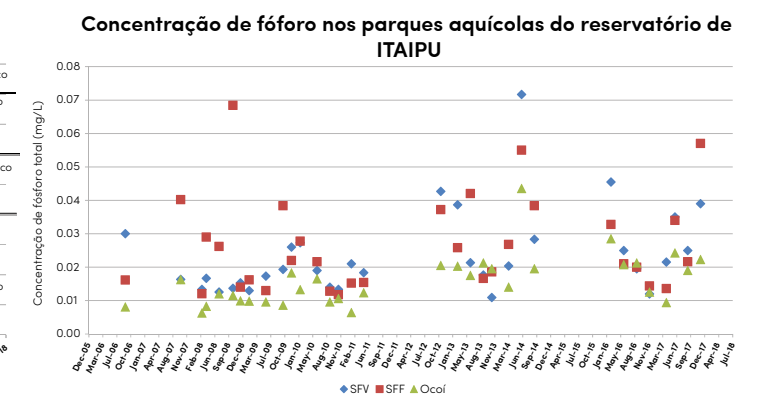


Figura 3. Variação temporal da concentração de fósforo total (mg L⁻¹) nos parques aquícolas do reservatório de Itaipu, no período de 2006 a 2017. SFV: São Francisco Verdadeiro, SFF: São Francisco Falso.

Coordenadores:

Msc. Simone Frederigi Benassi – Itaipu Binacional – e-mail: simonefb@itaipu.gov.br,
Dr. Gilmar Baumgartner – Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais- institutoneotropical@hotmail.com,
Dr. Rinaldo Antônio Ribeiro Filho – Universidade Estadual Paulista – e-mail: rarfilho@gmail.com

DADOS PUBLICADOS EM:

Bueno, GW; Ostrensky, A; Canzi, C et al. (2015) Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 7, p. 1-12, 2015.
Canzi, C.; Roubach, R.; Motter, I et al. (2017) Site Selection for Aquaculture Parks and Carrying Capacity Estimation for Fish Production in Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. **Lakes & Reservoirs**, v. 20, p. 01-13.

Monitoramento Ambiental da Aquicultura no Estado de São Paulo

Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza¹, Gianmarco Silva David¹, Helenice Pereira de Barros¹, Cacilda Thais Janson Mercante¹, Clóvis Ferreira do Carmo¹, Luiz Marques da Silva Ayroza¹, Daniela Castellani¹, Eduardo Gianini Abimorad¹, Fernando Stopato da Fonseca¹, Nilton Eduardo Torres Rojas¹.

¹Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

As ações de monitoramento da qualidade da água em áreas de aquicultura são realizadas pelo Instituto de Pesca (IP-APTA), órgão de pesquisa do Governo do Estado de São Paulo, por meio de projetos direcionados aos principais polos produtores de tilápias em tanques-rede. Esse trabalho abrange as principais bacias hidrográficas do Estado, como as dos rios Paranapanema, Tietê e Grande (Tabela), porém de forma intermitente na maioria.

As coletas de dados são realizadas *in situ* empregando sondas multiparamétricas HORIBA U-22 ou U-50 e YSI EXO2 para medição de condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e pH, além da amostragem de água superficial e em perfis para determinação de nitrogênio total, fósforo total e clorofila-a, em laboratório. Objetivos específicos de cada projeto motivam a inclusão de dados quali-quantitativos do fitoplâncton, série de nitrogênio (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal total) e ortofosfato na água. Eventualmente, também são avaliados a granulometria, teor de matéria orgânica, nitrogênio total e fósforo total nos sedimentos. Alguns projetos incluem ainda avaliações de organismos bentônicos, de ictiofauna e levantamentos batimétricos.

A maior parte dos projetos realizam análises sazonais e espaciais, considerando as áreas com ou sem piscicultura, visando à avaliação dos impactos ambientais da atividade e a estimativa da capacidade de suporte ambiental. As amostras dos projetos de pesquisas são, geralmente, com baixa frequência e a tilápia é a espécie predominante nas pisciculturas avaliadas.

PRINCIPAIS RESULTADOS

• A alteração da qualidade da água foi detectada em parte das ações de monitoramento na

forma de aumento do teor de nutrientes no interior dos cultivos.

• Não foram encontradas evidências de degradação da qualidade da água por processos de eutrofização, tanto na escala local, quanto na regional.

• Foi detectada diminuição do teor de clorofila-a nas áreas aquícolas, provavelmente devido à filtração pelas tilápias e por organismos agregados, como, por exemplo, o mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei*, que invadiu todas as bacias do Estado há dez anos.

• Não ficou evidente a interferência das pisciculturas no sedimento superficial do reservatório, uma vez que os resultados foram mais associados às características dos compartimentos.

• O monitoramento da ictiofauna agregada demonstrou que a piscicultura pode afetar a dieta natural das espécies de peixes tróficos generalistas, aumentando os valores do fator de condição e que os peixes ao redor das pisciculturas auxiliam na mitigação dos efeitos dos cultivos através do consumo de restos de ração e outros resíduos.

• Estes resultados caracterizam o baixo impacto da atividade nos moldes que é praticada atualmente.

DESAFIOS

• Desenvolvimento de índices que permitam o acompanhamento de alterações da qualidade da água a longo prazo.

• Desenvolvimento de plataforma de dados de monitoramento da qualidade da água com acesso aberto para o público/ produtor.

• Equipar e manter condições para pesquisa científica e tecnológica, monitoramento e formação de recursos humanos nas instituições de

pesquisa e universidades no que diz respeito à atividade de aquicultura.

• Envolvimento dos órgãos ambientais e produtores nas pesquisas e trabalhos de monitoramento em redes.

SOLUÇÕES

• Trabalho em rede e em cooperação entre

piscicultores e demais usuários do recurso hídrico, com a participação de instituições governamentais em níveis federais, estaduais e municipais para gestão dos recursos nas diferentes bacias hidrográficas que abrangem o estado de São Paulo;

• Capacitação dos piscicultores para o uso de boas práticas de manejo.



Foto. Piscicultura no sistema de tanques-rede, no reservatório de Chavantes (SP/PR), monitorada pelos pesquisadores do Instituto de Pesca. Crédito: Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza.

Tabela. Listagem das unidades hidrográficas com monitoramento da qualidade da água em áreas aquícolas de grandes reservatórios no Estado de Paulo pelo Instituto de Pesca.

Unidade Hidrográfica	Reservatório	Coordenadas ¹	Período
Alto Paranapanema	Jurumirim	23°13'00" S 49°14'00" W	2008 - 2011
Alto Paranapanema	Chavantes	23°07'42" S 49°43'59" W	2005 - Atual
Turvo/Grande	Água Vermelha	19°51'30" S 50°20'35" W	2017 - Atual
Médio Paranapanema	Canoas II	22°56'19" S 50°15'04" W	2012 - 2013
São José dos Dourados	Ilha Solteira	22°12'02" S 51°11'59" W	2006 - 2017
Baixo Tietê	Nova Avanhandava	21°07'01" S 50°12'06" W	2005 - 2010 - 2014 - 2017
Baixo Tietê	Três Irmãos	20°40'10" S 51°18'00" W	2015 - 2018

¹Coordenadas da barragem da Usina Hidrelétrica correspondente

Coordenadores:

Dra. Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza - Instituto de Pesca - e-mail: daercy@pesca.sp.gov.br
Dr. Gianmarco Silva David - Instituto de Pesca - e-mail: gianmarco@apta.sp.gov.br
Dra. Helenice Pereira de Barros - Instituto de Pesca - e-mail: helenicebarros@pesca.sp.gov.br

DADOS PUBLICADOS EM:

Ayroza, DMMR; Nogueira, MG; Ayroza, LMS et al. (2013) Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, p. 814-825.
Ayroza, DMMR; Scaloppi, FG; Ayroza, LMS et al. (2014) Environmental conditions, fish diseases, management and economic evaluation of tilapia cages in a Brazilian hydroelectric reservoir. In: Renae Wakefield. (Org.). **Tilapia: Biology, Management Practices and Human Consumption**. 1ed. Nova York: Nova Publishers, Inc, v. 1, p. 119-145.
David, GS; Carvalho, EDD; Lemos, D et al. (2015) Ecological carrying capacity for intensive tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. **Aquacultural Engineering**, 66, 30-40.
Mallase, M; Barros, HP (2008) Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água. In: Cyrino, JEP; Furuya, WM; Ribeiro, RP; Scorvo Filho, JD (Org.). Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, v. 1, p. 79-85.
Mallase, M; Barros, HP; Traficante, DP et al. (2012). Influence of a net cage tilapia culture on the water quality of the Nova Avanhandava reservoir, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** (Online), v. 34, p. 289-296.
Mallase, M; Carmo, CF; Tucci, A et al. (2012) Qualidade da Água em Sistema de Piscicultura em Tanques-rede no Reservatório de Ilha Solteira, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, p. 15-30.
Ramos, IP; Brandão, H; Zanatta, AS et al. (2013) Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. **Aquaculture** (Amsterdam), v. 414-415, p. 56-62.

Avaliação dos Parâmetros de Qualidade de Água nas Pisciculturas em Tanques-rede no Reservatório de Ilha Solteira (SP)

Sérgio Luís de Carvalho¹, Iara Bernardi¹ e Letícia de Oliveira Manoel².

¹Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira, ²Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu – UNESP.

A avaliação e o monitoramento da qualidade da água em pisciculturas em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira (SP) foram executados em 12 campanhas com periodicidade mensal (setembro/2016 a setembro/2017), em três áreas de produção de tilápia do Nilo (*Oreochromus niloticus*) em tanques-rede, no município de Santa Clara D'Oeste, rio Grande, braço Can-Can. As análises dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e fósforo total) seguiram a metodologia padrão (APHA-AWWA-WPCF, 1998).

RESULTADOS

- No período em que foi avaliada, a temperatura da água apresentou maiores valores no mês de março de 2017, com média de 30,6 °C e os menores no mês de agosto de 2017 com média de 22,6°C, com uma variação de 8°C. Os dados expressaram variação de acordo com a temperatura do ar, com menores valores na seca e maiores valores nos períodos de maior precipitação.
- Houve um aumento gradativo do pH durante o período chuvoso e uma diminuição no período seco (Figura).
- Em relação à concentração de oxigênio dissolvido, observou-se que os valores encontrados nos pontos amostrais se enquadram no padrão estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para corpos d'água Classe 2 (não deve ser inferior à 5 mg L⁻¹), destacando a exceção no mês de junho de 2017, nos pontos P2 e P3 (Figura), podendo estar relacionado com a queda da temperatura no período.
- A Resolução CONAMA N° 357/2005 define os limites máximos aceitáveis de fósforo total como sendo de 0,030 mg L⁻¹ em ambientes lênticos. O menor valor encontrado foi de 0,07 mg L⁻¹ nos pontos P2 (janeiro/17) e P3 (novembro/16).

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Alta concentração de fósforo total na água, acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas doces Classe 2, destinadas, dentre outros usos, a aquicultura.
- Os efluentes aportados (restos de ração, fezes, muco, escamas, peixes mortos) geram danos ao ecossistema aquático local, com reflexos na qualidade da água, podendo induzir a processos de eutrofização, sendo esta situação um dos aspectos mais preocupantes para os ambientalistas, ecólogos e gestores dos recursos hídricos.

DESAFIOS

- Diante da expansão da atividade de piscicultura em tanques-rede, tornam-se imprescindíveis estudos técnicos e científicos, visando reduzir o aporte de nutrientes nas áreas sob influência dos parques aquícolas.
- Manutenção da qualidade da água em condições adequadas para criação dos organismos aquáticos, exigindo manejo efetivo e assegurando a sustentabilidade.

SOLUÇÕES

- Recomendar técnicas de boas práticas de manejo, visando minimizar o impacto gerado pela atividade.
- Incrementar rações de qualidade, melhorando a eficiência alimentar e a biodisponibilidade destes nutrientes para os peixes.
- Adotar estratégias adequadas de alimentação, ajustando corretamente os níveis e a frequência de arraçoamento e monitorando criteriosamente a qualidade da água e as condições sanitárias nas unidades de cultivo.

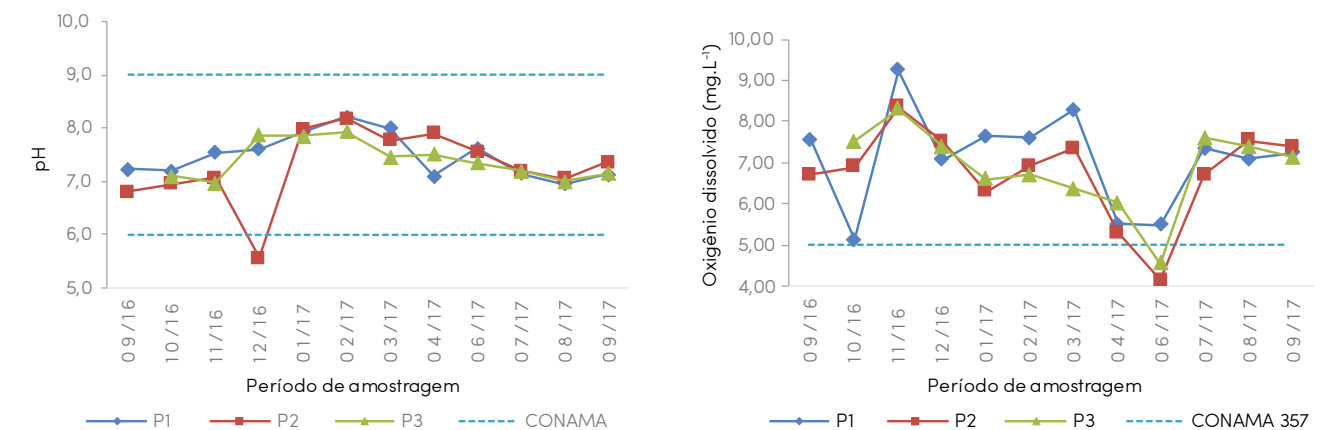


Figura. Série temporal do pH e do oxigênio dissolvido registrada nas pisciculturas em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, Rio Grande (SP).



Foto. Vista aérea das pisciculturas em tanques-rede através da utilização de drone, no reservatório de Ilha Solteira, Rio Grande (SP). Crédito: Iara Bernardi.

Coordenador:
Dr. Sérgio Luís de Carvalho – Universidade Estadual Paulista – e-mail: sergicar@bio.feis.unesp.br

REFERÊNCIAS:

APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF – Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Eaton, AD; LS Clesceri; AE Greenberg (Ed.), 21th ed. Washington, DC; [s.n], 2005. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 357, de 17 de março de 2005**. Brasília. 2005.

Programa de Monitoramento em Áreas de Influência dos Parques Aquícolas do Reservatório de Três Marias (MG)

Edson Vieira Sampaio¹, Antônio Jessey de Abreu Tessitore¹, Érica Araújo Mendes¹, José Jacobina Romaguera Neto¹, Julimar Santos Sousa¹, Luiz Orione da Silva¹, Martinha Gonçalves Nunes¹, Nilson Gonçalves da Fonseca¹ e Sebastião Correa de Araújo¹.

¹Grupo de Monitoramento em Áreas de Influência dos Parques Aquícolas do Reservatório de Três Marias (MG), Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, Área de Revitalização das Bacias Hidrográficas.

O Programa foi realizado pelo Laboratório de Análises Químicas do Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias e o Escritório de Apoio Técnico de Morada Nova de Minas, e teve como objetivo o monitoramento limnológico e da biologia pesqueira nas regiões sob influência dos Parques Aquícolas (PA), como ferramenta para gerenciamento e tomada de decisões por parte dos órgãos responsáveis para garantir a sustentabilidade do empreendimento.

METODOLOGIA

Durante o período de setembro de 2013 a novembro de 2015 foram monitorados 18 parâmetros limnológicos elencados no Anexo VI da Resolução CONAMA N° 413/2009, em 36 pontos sob influência dos PA Indaiá 1, 2 e 3 e dos PA São Francisco 1 e 2. Com base nos valores de clorofila-a e fósforo total, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) introduzido por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). No período monitorado apenas um único polígono (Polígono 5A do PA do Indaiá 3) encontrava-se ocupado por uma piscicultura de tilápia do Nilo (*Oreochromus niloticus*), com 160 tanques-rede e produção de 380 toneladas/ano.

Os monitoramentos ictiológicos foram realizados em 4 áreas sob influência de PA e 1 área, testemunho (sem influência da produção aquícola). Para amostragem utilizou-se conjuntos de redes de espera e a abundância relativa foi definida pela biomassa através do índice de Captura por Unidade de Esforço (CPUEbio). Tanto o monitoramento limnológico como o ictiológico foram realizados semestralmente, sendo uma campanha na estação seca e outra na chuvosa.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Não houve variações significativas nos valores dos parâmetros limnológicos do polígono 5A em relação aos valores dos outros polígonos.

- De forma geral, os parâmetros limnológicos mantiveram-se dentro dos valores preconizados pela Resolução CONAMA N° 357/2005, o oxigênio dissolvido foi o parâmetro que apresentou valores abaixo do limite estabelecido pela CONAMA, influenciado pelas concentrações obtidas nas camadas de água do fundo.

- Quanto ao (IET), os valores obtidos variaram, em sua grande maioria, entre 6,0 (Ultraoligotrófico) e 59,0 (Mesotrófico). Somente em uma única ocorrência, atípica, o IET foi classificado como Supereutrófico (63,72) em março de 2014 em ponto amostral que não sofreu influência da piscicultura instalada no ponto 5A.

- No campo da biologia pesqueira, observa-se que a ocupação do polígono 5A do PA do Indaiá 3, apresentou grande influência sobre as comunidades de peixes. Na maioria das campanhas de monitoramento o valor da CPUEbio encontrada neste polígono se apresentou visivelmente maior que a CPUEbio das outras regiões monitoradas, levando à hipótese que a ocupação deste polígono pela piscicultura em tanques-rede foi responsável por atrair e manter uma maior biomassa de peixes frente as regiões não ocupadas.

RESULTADOS

- A piscicultura não alterou significativamente os parâmetros limnológicos monitorados com base no Anexo VI da Resolução CONAMA N° 413/2009.

- Os parâmetros limnológicos das áreas monitoradas no reservatório de Três Marias mantiveram-se dentro dos valores preconizados pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para Classe 2, havendo somente diminuição de oxigênio dissolvido nas camadas de água do fundo.

- O IET das áreas monitoradas no reservatório de Três Marias não foi influenciado pela piscicultura e variaram entre Ultraoligotrófico e Mesotrófico.

- No campo da biologia pesqueira, observa-se que a ocupação do polígono 5A do PA do Indaiá 3 pela piscicultura, apresentou grande influência sobre as comunidades de peixes. Na maioria das campanhas de monitoramento o valor da CPUEbio encontrada nesse polígono se apresentou visivelmente maior que o das outras regiões, levando à hipótese que a piscicultura em tanques-rede foi responsável por atrair e manter uma maior biomassa de peixes.

DESAFIOS

- O reservatório de Três Marias devido a sua localização, grande extensão e multiplicidade de usos (produção de energia elétrica, atenuação das cheias, regularização da vazão do rio, irrigação, abastecimento humano, atividades de turismo e lazer, pesca artesanal e aquicultura), torna-se motivo de conflito de interesses econômicos, ambientais e sociais e, por isso, deveria ser considerado uma área prioritária para o desenvolvimento de estudos e práticas de conservação, principalmente em relação aos recursos hídricos.

SOLUÇÕES

- Manutenção deste Programa de Monitoramento Ambiental (limnológico e ictiológico) de médio e longo prazo no reservatório de Três Marias e nas áreas sob influência dos PA é importante para melhorar e ampliar o banco de dados e fornecer informações precisas e imediatas sobre a situação do ecossistema. Uma vez que essas informações deverão ser utilizadas como ferramenta no gerenciamento e na tomada de decisões sobre os aspectos qualitativos e quantitativos das águas.

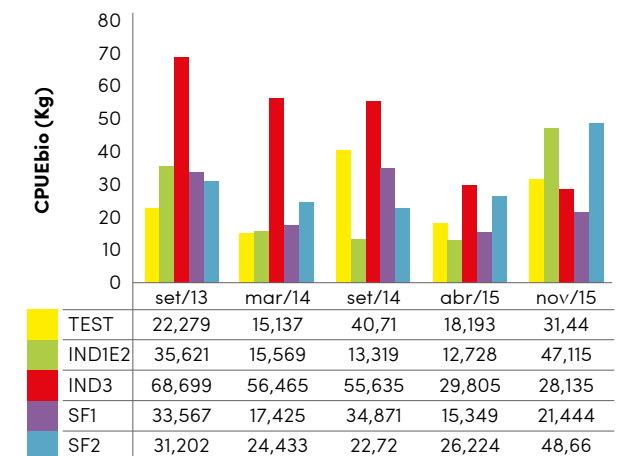


Figura. Comparação das CPUEbio dos Parques Aquícolas Indaiá 1, 2 e 3 (IND1E2 e IND3), São Francisco 1 e 2 (SF1 e SF2) e ponto Testemunho (TEST), no período de 2013 a 2015, no reservatório de Três Marias (MG).



Foto. Técnico realiza coleta de amostra no reservatório de Três Marias (MG). Crédito: Antônio Tessitore.

REFERÊNCIAS:

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 357, de 17 de março de 2005.** Brasília, 2005.
Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 413, de 30 de junho de 2009.** Brasília, 2009.
Carlson, RE. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v. 22, n. 2, p. 261-269, 1977.
Lamparelli, MC **Grau de tráfego em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** 235f. Tese (Doutorado), Instituto de Bio-ciências de São Paulo, Departamento de Ecologia, São Paulo, 2004.

Coordenador:
Edson Vieira Sampaio – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba –
e-mail: edson.vieira@codevaf.gov.br

Ordenamento da Implantação e Desenvolvimento da Piscicultura Intensiva nos Reservatórios de Três Marias e Furnas

Elizabeth Lomelino Cardoso¹, Vicente de Paulo Macedo Gontijo¹ e Roberto Martins Ferreira².

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; ²Bolsita Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais.

Entre novembro de 2011 e outubro de 2012, foi realizado o monitoramento de áreas de piscicultura nas Represas de Três Marias e Furnas, localizadas em Minas Gerais e componentes das Bacias dos Rios São Francisco e Grande, respectivamente. Os diagnósticos foram realizados por meio de levantamentos censitários das 197 pisciculturas estabelecidas nos dois reservatórios, sendo 67 em Três Marias e 130 em Furnas. Todas as pisciculturas que cultivavam tilápias do Nilo em tanques-rede nos dois reservatórios foram georreferenciadas. Foram aplicados questionários abertos que contemplavam os principais aspectos relacionados às piscicultura: número e volume de tanques-rede, densidade de estocagem, manejo das pisciculturas, formas e canais de comercialização, etc. Concomitantemente às entrevistas, foram realizadas análises em três pontos da água no entorno das pisciculturas, por meio de uma sonda multiparâmetros YSI 6600-V2. A sonda foi programada para realizar medições a cada segundo, sendo mergulhada lentamente até atingir o fundo. Foi observada também a presença ou não de áreas de agricultura no entorno do empreendimento.

Foram medidas as seguintes variáveis físicas e químicas: profundidade (m), temperatura da água (°C), condutividade específica (µS.cm⁻¹), pH, nitrato (mg L⁻¹), amônia total (mg L⁻¹), cloreto (mg L⁻¹), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) e potencial de oxirredução (mV).

PRINCIPAIS RESULTADOS

• Nos dois reservatórios avaliados foi diagnosticado um grande número de áreas de produção irregulares, estando muitas destas localizadas em locais impróprios para produção. Havendo inclusive no reservatório de Furnas, pisciculturas instaladas em áreas de exclusão apontadas no relatório, que gerou a demarcação dos Parques Aquícolas.

• No reservatório de Três Marias, os resultados das análises de água no entorno das pisciculturas indicaram que o principal impacto sobre a qualidade da água ocorreu em áreas de produção localizadas em braços do reservatório com pequena ou nenhuma renovação de água. Nesses casos, o acúmulo de dejetos no fundo, junto ao sedimento, resultou em depleção drástica, em alguns casos, da concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas da água, sob os tanques-rede.

• No Reservatório de Três Marias, em áreas de produção localizadas em braços mais amplos ou próximas aos eixos principais do Reservatório, onde a movimentação da água (correntes) ou topografia do fundo permitiam a remoção dos dejetos, a qualidade da água foi pouco afetada pelas pisciculturas.

• No reservatório de Furnas, por outro lado, dois impactos significativos sobre a qualidade da água foram observados. Em algumas áreas de produção, sobretudo aquelas localizadas em braços do reservatório onde havia menor renovação e movimentação da água, observou-se redução na concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas, sob as pisciculturas. O principal impacto observado em algumas áreas de produção, no entanto, foi a elevação do pH e da concentração da amônia total e, por conseguinte, da amônia não ionizada (NH₃), que atingiu níveis sub letais para os peixes, caracterizando um processo de eutrofização da água. Esse processo de eutrofização da água pode estar associado a atividades antrópicas – esgotos, agricultura, etc. – nas áreas que margeiam os braços do reservatório onde foi observado e não estão diretamente associados à piscicultura.

RESULTADOS

• Redução das concentrações de oxigênio dis-

solvido em camadas mais profundas da água sob os tanques-rede, em determinadas áreas de produção consideradas impróprias.

• Elevação do pH, das concentrações de amônia total, de amônia não ionizada (NH₃) e de oxigênio dissolvido, caracterizando processo de eutrofização da água no entorno dos tanques-rede, em determinadas áreas de produção consideradas inapropriadas.

DESAFIOS

• Definir critérios restritivos ou excludentes para a seleção de locais, visando à implantação de pisciculturas ou de áreas aquícolas.

• Conscientizar os piscicultores da importância da escolha do local para implantação da piscicultura, da distribuição espacial correta dos tanques-rede, do manejo adequado do cultivo e da regularização do empreendimento.

• Promover estudos detalhados das condições

dos locais – braços dos reservatórios – previamente à instalação das pisciculturas em tanques-rede.

SOLUÇÕES

• Realocar os empreendimentos aquícolas para áreas com maiores taxas de renovação ou movimentação de água, de forma a evitar os efeitos negativos do acúmulo de dejetos no sedimento.

• Estabelecer sistemas de ordenamento das pisciculturas e de monitoramento da qualidade da água, para orientação dos piscicultores.

• Evitar o estabelecimento de pisciculturas em áreas sujeitas à influência de atividades antrópicas que possam impactar a qualidade da água.

• Realizar cursos de capacitação de piscicultores e técnicos envolvidos na atividade sobre os aspectos técnicos da piscicultura que possam afetar a qualidade da água, como localização e distribuição espacial dos tanques-rede, densidade de estocagem, manejo da alimentação, etc.

Tabela. Amplitude de variação dos parâmetros de qualidade da água nas áreas de cultivo de tilápias do Nilo em tanques-rede, nos Reservatórios de Três Maria e Furnas.

Variáveis	Três Marias		Furnas	
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo
Temperatura da água (°C)	23,64	28,29	19,60	27,21
Condutividade específica (uS/cm)	27,00	78,00	29,30	151,00
pH	6,10	8,47	6,06	9,39*
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,21	2,69	0,08	1,94
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,04	0,49	0,06	0,79*
Amônia – NH ₃ (mg L ⁻¹)	0,00	0,02	0,00	0,45*
Cloreto (mg L ⁻¹)	0,42	2,91	0,89	17,82
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	0,29	9,12	0,60	13,01*

*Indicativo de água eutrofizada



Foto. Unidade produtiva no reservatório de Três Marias. Crédito: Elizabeth Lomelino Cardoso.

Coordenadora:
Elizabeth Lomelino Cardoso - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais -
e-mail: elomelinoc@epamig.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Cardoso, EL; Gontijo, VP; Ferreira Junior, RM (2013) Ordenamento da piscicultura em grandes reservatórios de Minas Gerais. Belo Horizonte: Epamig. **Informe Agropecuário.**
Cardoso, EL; Gontijo, VP; Ferreira Junior, RM et al. (2013) Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas do Reservatório de Furnas. Belo Horizonte: Epamig. **Série Documentos.**
Cardoso, EL; Gontijo, VP; Ferreira Junior, RM et al. (2012) Ordenamento e monitoramento de áreas aquícolas do Reservatório de Três Marias. Belo Horizonte: Epamig. **Série Documentos.**

Monitoramento Ambiental da Piscicultura no Reservatório de Furnas (MG)

Fernanda Garcia Sampaio¹, Marcos Eliseu Losekann¹, Gabriela de Castro Tironi², Marcus Vinícius de Oliveira Melo², Diego Bedin Marin², Bruno Olivetti de Mattos³, Guilherme Cleto de Carvalho², Bruno Stéfano Lima Dallago⁴ e Renato Hiroshi Torigo⁵.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio Ambiente; ²Universidade Federal de Lavras; ³Universidade Nilton Lins; ⁴Universidade de Brasília; ⁵Consultor autônomo.

O monitoramento foi realizado no reservatório de Furnas, no âmbito do Projeto "Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas". A área de coleta foram piscicultura de produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no município de Guapé. Sendo a área 1 controle (sem produção), a área 2 uma associação de produtores com produção de cerca de 90 t/ano, na 3, nove produtores individuais com 500 t/ano e na 4, um produtor com 550 t/ano.

As coletas de água foram feitas mensalmente de setembro de 2013 a maio de 2015, coletadas a 1,5 m da superfície da água. Foram realizadas análises *in situ* e coletadas amostras para análises no Laboratório de Análises de Água da Universidade Federal de Lavras. Os resultados foram comparados entre presença e ausência de produção e a discussão feita com base no enquadramento da Resolução CONAMA N° 413/2009. Em função da grande variação no Volume Útil (VU%) do reservatório ocorrido no período monitorado, as comparações foram feitas no período de Cheia (set/13 a jan/14) e Seca (fev/14 a mai/14) e a interação entre VU e produção.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 413/2009, a água superficial, incluindo a do controle estiveram dentro dos parâmetros estabelecidos para Classe 2 apenas para o pH, oxigênio dissolvido, cor e turbidez. E os parâmetros de clorofila-a e Demanda Bioquímica de Oxigênio, estiveram dentro dos limites estabelecidos.

As diferenças entre as áreas de produção e áreas controle foram encontradas somente para os parâmetros de Demanda Química de Oxigênio e Clorofila-a.

De forma geral os resultados indicam que o cultivo de tilápia em tanques-rede na área moni-

torada tem um impacto limitado no Reservatório. Entretanto, fatores como o nível da água, e a influência dos outros usos devem ser considerados para avaliação do impacto da piscicultura nos parâmetros de qualidade da água.

RESULTADOS

- No período monitorado o Volume Útil (VU%) do Reservatório oscilou de forma pronunciada entre 60 a 30%, chegando a atingir 20%.

- Nas áreas de produção monitoradas as profundidades chegaram a ficar menores do que 5 m, em função das oscilações do VU%.

- As flutuações de profundidade são um fato importante a se considerar na discussão dos possíveis impactos da piscicultura.

- As grandes flutuações em Furnas, que foram mais pronunciadas na área de produção 2, comprometeu tanto a qualidade da água quanto a eficiência da produção.

- No período de seca a piscicultura influenciou na diminuição do OD, da alcalinidade total e da dureza no período de seca.

- No período de cheia a piscicultura influenciou no aumento da condutividade elétrica e da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

- A piscicultura não influenciou a clorofila-a, pH, transparência, turbidez, cor, DBO, nitrogênio total e amoniacal, nitrato, acidez total, quando comparado ao controle nos períodos de seca ou de cheia.

- As diminuições de pH, OD, transparência, nitrogênio total e amoniacal, acidez e alcalinidade total, aumento de turbidez, condutividade elétrica, cor, nitrato, Demanda Bioquímica de Oxigênio e dureza observadas ocorreram no período seco em relação ao de cheia, sendo um efeito da dimi-

nuição do VU%.

- A diminuição do VU% influencia diretamente os impactos da piscicultura e de outros usos do reservatório, pois efeitos que não foram verificados na cheia foram verificados na seca.

DESAFIOS E SOLUÇÕES

- Rever os parâmetros sugeridos na Resolução CONAMA N° 413/2009, para que esta seja mais efetiva na proposição de parâmetros para o mo-

onitoramento ambiental da aquicultura e a possibilidade de mitigá-los quando houver.

- Discutir juntos aos órgãos estaduais de meio ambiente e gestores de recursos hídricos as questões relacionadas ao monitoramento ambiental da aquicultura, e a baixa eficiência do monitoramento com base somente na qualidade de água.

- O monitoramento preconizado nos processos de licenciamento ambientais atuais parecem mais burocráticos e onerosos do que eficientes e práticos.

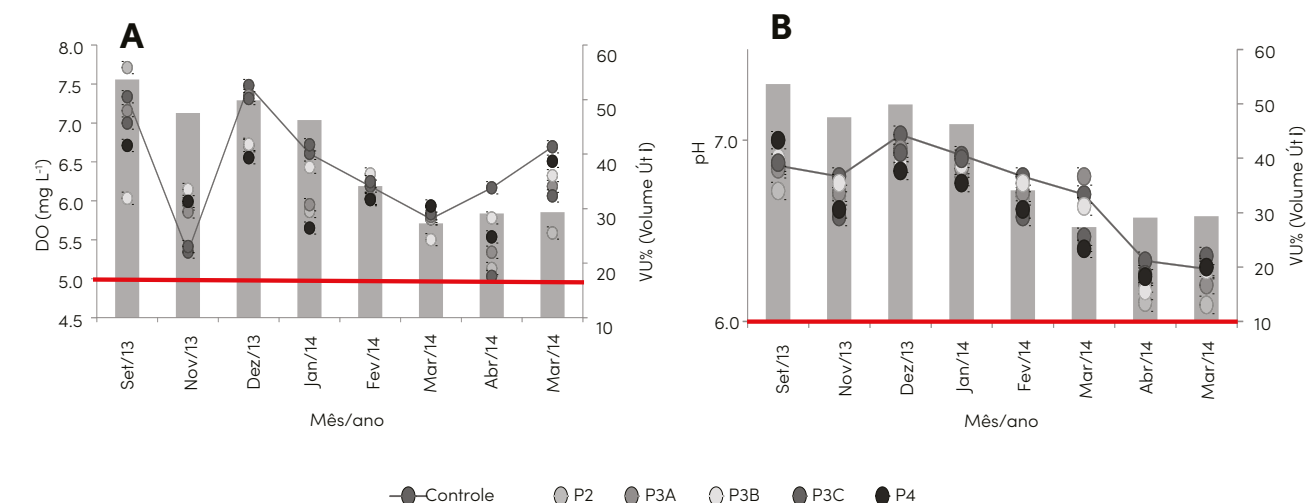


Foto. Piscicultura em área aquícola no reservatório de Furnas (MG). Crédito: Fernanda Sampaio.

Coordenadores:

Dra. Fernanda Garcia Sampaio - Embrapa Meio Ambiente - e-mail: fernanda.sampaio@embrapa.br
Me. Marcos Eliseu Losekann - Embrapa Meio Ambiente - e-mail: marcos.losekann@embrapa.br

Alta e Baixa Frequência no Monitoramento Ambiental de Piscicultura no Reservatório de Furnas (MG)

Fernanda Garcia Sampaio¹, Guilherme Wolff Bueno², Carlos Alberto Sampaio de Araújo³, Bruno Stéfano Lima Dallago⁴, Marcos Eliseu Losekann¹ e José Luiz Stech⁵.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente; ²Universidade Estadual Paulista; ⁴Universidade de Brasília; ⁵Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

O Projeto Furnas (2011 a 2015) – “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas (MG)”, foi executado em áreas de produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no município de Guapé (MG), reservatórios de Furnas. Sendo a área 1 controle (sem produção), a área 2 uma associação de produtores com cerca de 90 t/ano, na 3, nove produtores individuais com 500 t/ano e na 4, um produtor com 550 t/ano.

Foram utilizadas duas metodologias, Alta Frequência (AF), com o fundeio durante dois anos de Plataformas de Coleta de Dados (PCD) autônomos, utilizando o Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA; STECH et al. (2006) e ARAÚJO et al. (2017)), que coleta a cada 10 minutos parâmetros limnológicos e meteorológicos e mais cinco PCD com coleta de dados limnológicos.

Baixa Frequência (BF) – No mesmo local das PCD foram coletadas por 8 meses amostras de água para determinação de parâmetros listados na Resolução CONAMA N° 413/2009. Em ambas as metodologias a amostragem foi feita a 1,5 m da superfície da água.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Dados de AF permitiram criar perfil de variação mais precisos de pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura, clorofila-a e condutividade elétrica. Os dados meteorológicos dos SIMA permitiram avaliar o efeito da Frente Fria na estratificação térmica da água Araújo et al. (2017).

Dados BF – em função da grande seca e consequente diminuição do Volume Útil (VU %) do Reservatório no período monitorado os dados tiveram que ser comparados entre cheia e seca.

• **Influência da piscicultura** – na diminuição do

OD, da alcalinidade total e da dureza no período de seca e aumento da condutividade elétrica e da Demanda Química do Oxigênio (DQO) na cheia.

• **Sem influência da piscicultura** – na clorofila-a, pH, transparência, turbidez, cor, DBO, nitrogênio total e amoniacal, nitrato, acidez total, quando comparado ao controle nos períodos de seca e cheia.

• **Influência do período** – na diminuição de pH, OD, transparência, nitrogênio total e amoniacal, acidez e alcalinidade total; aumento de turbidez, condutividade elétrica, cor, nitrato, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e dureza na seca em relação a cheia.

Monitoramento AF versus BF – os parâmetros pH, OD e condutividade elétrica monitorados em BF foram diferentes dos AF, já a temperatura, turbidez e clorofila-a foram semelhantes. As diferenças demonstram que as avaliações em BF não conseguem definir o perfil destas variáveis e nem suas alterações, sendo uma ferramenta não efetiva para o monitoramento ambiental da piscicultura (Figura). Apesar do monitoramento AF conseguir detectar a realidade dos impactos, possui elevado custo e manutenção intensa, inviabilizando seu uso para empreendimentos de médio e pequeno porte.

RESULTADOS

• O monitoramento AF cria perfis reais das variáveis limnológicas, porém seu alto custo e manutenção dificultam seu uso.

• O monitoramento em BF seguindo os parâmetros da CONAMA N° 413/2009 não foi, em sua maioria, efetivo para o monitoramento e podem onerar o sistema produtivo.

• O monitoramento AF x BF mostram que efetivamente não foram detectados impactos da pis-

cicultura em tanques-rede.

• A diminuição do VU% influencia diretamente os impactos da piscicultura e de outros usos do Reservatório, pois efeitos que não foram verificados na cheia foram verificados na seca.

DESAFIOS

• Utilizar o monitoramento AF como ferramenta científica para compreender o impacto ambiental da piscicultura em tanques-rede.

• Desenvolver novas ferramentas para o monitoramento ambiental da piscicultura em tanques-rede.

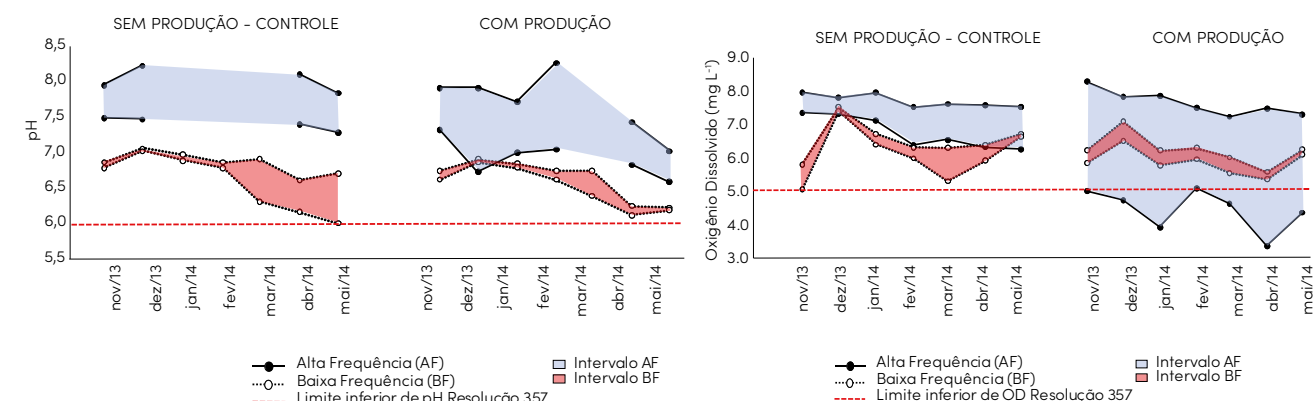


Figura. Perfil de oxigênio dissolvido e pH das coletas em AF e BF na área controle e área 2 ao longo de 2013 e 2014.



Foto. Piscicultura em área aquícola no reservatório de Furnas (MG). Crédito: Fernanda Sampaio.

Coordenadores:

Dra. Fernanda Garcia Sampaio – Embrapa Meio Ambiente – e-mail: fernanda.sampaio@embrapa.br
Dr. José Luiz Stech – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – e-mail: stechjosell@gmail.com

REFERÊNCIAS:

Araújo CAS, Sampaio FG, Alcântara E, et al. (2017) Effects of atmospheric cold fronts on stratification and water quality of a tropical reservoir: implications for aquaculture. *Aquac Environ Interact* 9:385–403.
 Stech JL, Silva CM, Assireu AT, et al. (2006) Telemetric monitoring system for meteorological and limnological data acquisition. *Verhandlungen des Int Verein Limnol* 29:1–4.

Uso de Imagens Oli/Landsat-8 e Plataformas de Coleta de Dados Limnológicos no Monitoramento Ambiental da Piscicultura no Reservatório de Furnas (MG)

Joaquim Antônio Dionísio Leão¹, José Luiz Stech¹, Marcelo Pedroso Curtarelli², Carlos Alberto Sampaio Araújo³, Igor Ogashawara⁴, Fernanda Garcia Sampaio⁵ e João Lorenzzetti¹.

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; ²Centro de Economia Verde, Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras; ³Universidade do Quebec em Rimouski; ⁴Indiana University – Purdue University Indianapolis; ⁵Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente.

Verificar a efetividade de imagens obtidas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI), a bordo do satélite Landsat-8, comparadas aos dados limnológicos da plataforma SIMA no monitoramento ambiental da piscicultura em tanque-rede. As atividades foram desenvolvidas no âmbito do Projeto Furnas “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas (MG)”.

Área de estudo: áreas de produção no município de Guapé (MG), reservatório de Furnas. Nessa área foram fundeadas 2 Plataformas de Coleta de Dados (PCD), uma na área controle (SC, sem cultivo) e outra na área de influência direta do cultivo (CC, com cultivo) com produção média de 550 t/ano de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

METODOLOGIA

Primeiramente as imagens OLI/Landsat-8 foram selecionadas e adquiridas gratuitamente por meio do portal *Global Visualization Viewer* (Glovis) do Serviço Geológico Americano (USGS). Foram adquiridas duas imagens (órbita/ponto 219/74), em nível digital (ND), sendo uma do período de verão (08/02/2014) e outra referente ao período de inverno (03/08/2014). Após a aquisição das imagens, foi realizada a conversão de ND para radiância no topo da atmosfera utilizando equação proposta por USGS (2014) para posterior aplicação da correção atmosférica. A classificação das imagens foi realizada utilizando o algoritmo de agrupamentos K-média, implementado no aplicativo ENVI® 4.7. Os parâmetros de entrada deste algoritmo foram: (1) Limiar de mudança, (2) Número de categorias e (3) Número de interações. Por fim, os resultados das classificações das duas imagens foram comparados para avaliar a heterogeneidade e a variação sazonal das massas

d'água dentro da área de estudo. Os resultados também foram comparados com dados limnológicos coletados pelas PCD. As PCD possuem uma sonda multiparâmetros modelo 6600-V2-4, YSI (Yellow Springs, OH, USA), capaz de registrar oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH, turbidez, clorofila-a e condutividade. Os dados foram registrados a cada 10 minutos e o *download* e calibração dos equipamentos foram feitos na frequência média de 40 dias.

RESULTADOS PRINCIPAIS

A figura apresenta o detalhamento das classificações para as regiões estudadas para os dois períodos analisados (verão e inverno). Analisando o detalhamento da classificação para as imagens do verão e inverno percebe-se que:

- Para o verão, a região CC (com cultivo) foi classificada predominantemente nas categorias 2 e 3, e no inverno nas categorias 1 e 2.
- Para a região controle SC (sem cultivo) a predominância foi categoria 2. Esses resultados indicam uma possível diferença na qualidade da água entre estas regiões.
- Quando analisada apenas a área com cultivo, notou-se uma mudança de categoria entre o período de verão e inverno, sendo que no verão esta região apresentava predominantemente a categoria 3 e durante o inverno apresentava predominantemente a categoria 1.
- Para os dois períodos analisados, a área sem cultivo apresentou valores mais altos de oxigênio dissolvido e menores de turbidez quando comparados com a área com cultivo. Esses resultados indicam uma possível alteração da qualidade da água decorrente da atividade aquícola.
- Levando em consideração apenas a área

com cultivo nos dois períodos analisados, todos os parâmetros de qualidade da água apresentaram uma tendência de aumento nos meses de inverno quando comparados ao período de verão. Já na área sem cultivo a alteração dos parâmetros de qualidade da água foi sensivelmente menor entre as duas estações. As alterações na composição das massas d'água observadas com os dados coletados em campo corroboram os resultados obtidos a partir da classificação das imagens, onde o algoritmo K-média foi capaz de captar essa variação.

- A utilização conjunta de dados coletados *in situ* e imagens de satélite apresentou potencial para avaliar possíveis impactos da aquicultura sobre a qualidade da água em reservatórios hidrelétricos. O uso de imagens de satélite pode prover informações importantes para a gestão dos empreendimentos aquícolas.

RESULTADOS

- O sensoriamento remoto + a coleta de dados

in situ apresentam grande potencial para avaliar possíveis impactos da aquicultura sobre a qualidade da água em reservatórios hidrelétricos.

- As imagens coletadas pelo sensor OLI apresentaram resultados satisfatórios para o estudo dos impactos da atividade aquícola no reservatório de Furnas, podendo estas análises serem expandidas para outros reservatórios brasileiros.

SOLUÇÕES

- Futuros estudos são necessários para investigar de maneira mais precisa o alcance dos possíveis impactos no reservatório como um todo.

DESAFIOS

- Outras técnicas baseadas em imagens de satélite, ou com um maior número de imagens, podem ser testadas para este fim, como por exemplo, a utilização de outros classificadores e modelagem bio-óptica.

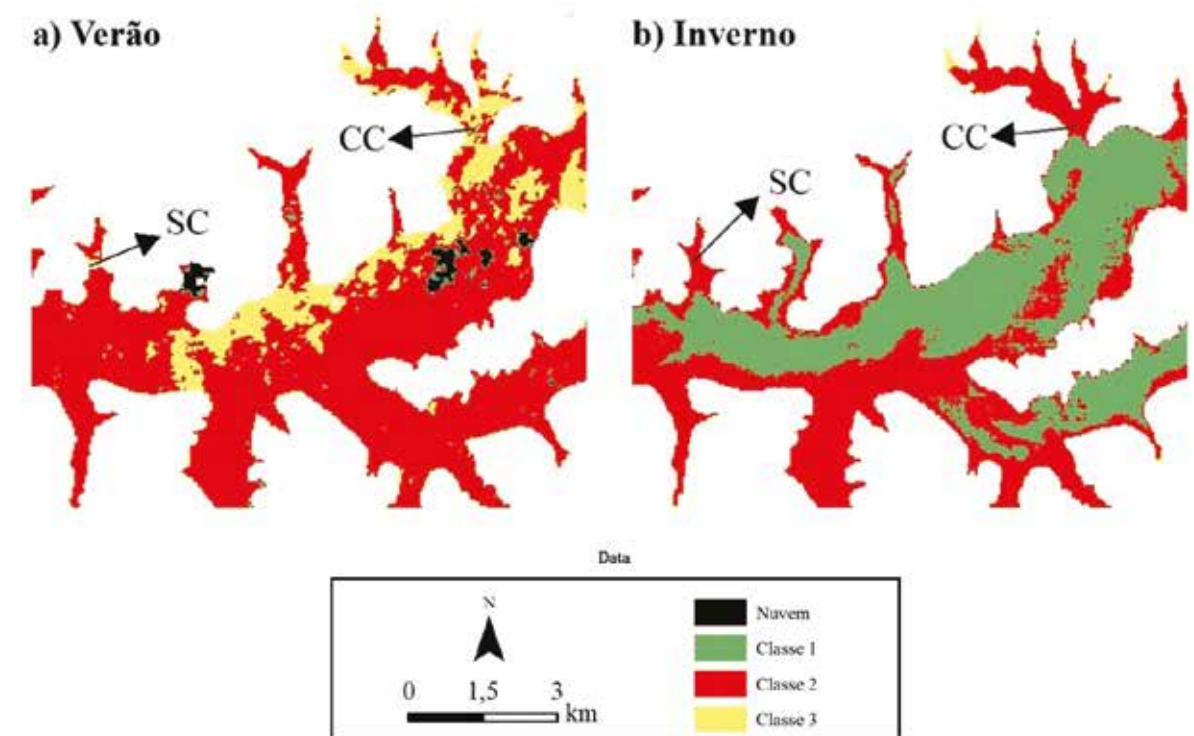


Figura. Detalhamento da classificação para a área com cultivo (CC) e sem cultivo (SC) para o período de verão (a) e inverno (b) e estrutura térmica do reservatório para o período de verão (c) e inverno (d).

Coordenadores:
Dr. José Luiz Stech – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. e-mail: stechjosell@gmail.com
Dra. Fernanda Garcia Sampaio – Embrapa Meio Ambiente. e-mail: fernanda.sampaio@embrapa.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Leão, JAD; Curtarelli, MP; Araújo, CAS et al. (2015) Uso de Imagens OLI/Landsat-8 e Plataformas de Coleta de Dados Limnológicos no Monitoramento Ambiental da Piscicultura em Tanque-rede no Reservatório de Furnas-MG. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR.

Efeito da Frente Fria Atmosférica na Estratificação e na Qualidade da Água de um Reservatório Tropical: Implicações para a Aquicultura

Carlos Alberto Sampaio Araújo¹, Fernanda Garcia Sampaio², Enner Alcântara³, Marcelo Pedroso Curtarelli⁴, Igor Ogashawara⁵ e José Luiz Stech⁶.

¹Universidade do Québec em Rimouski; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente; ³Universidade Estadual Paulista; ⁴Centro de Economia Verde, Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras; ⁵Universidade de Indiana – Purdue University Indianapolis; ⁶Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A estratificação e os padrões de mistura de um corpo hídrico são influenciados pela variação de sistemas atmosféricos, que modificam não somente suas propriedades físicas, mas também as biogeoquímicas. O principal objetivo do trabalho foi analisar os efeitos de Frentes Frias (FF) na estratificação térmica e nos parâmetros de qualidade da água de quatro braços do reservatório de Furnas (MG) e suas implicações no cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede. Ao longo de dois anos foram coletados dados meteorológicos e limnológicos para calcular os componentes de balanço de fluxo de calor e a frequência de estratificação. Esses parâmetros foram utilizados para avaliar a influência da FF na estabilidade da coluna d'água do reservatório e na qualidade da água, verificando se estas alterações alteram as condições ideais para o cultivo de peixes.

O trabalho foi realizado no âmbito do Projeto Furnas e a área de estudo foram pisciculturas no município de Guapé (MG), sendo uma área controle e as demais áreas com produção. Nessas áreas foram fundeadas seis Plataformas de Coleta de Dados (PCD), sendo uma delas equipada com sensores meteorológicos e limnológicos, chamado de Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA; STECH et al. 2006), e as outras 5 somente com sensores limnológicos, destacando-se a sonda multiparâmetro (YSI). As variáveis medidas foram: temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e radiação curta e temperatura da água, condutividade, pH, turbidez e oxigênio dissolvido (OD), medidos a 1.5 m da coluna d'água. Além disso, uma cadeia de termistores para medir a temperatura da coluna d'água foi distribuído em diferentes profundidades em todas as PCD. Todos os instrumentos foram configurados para armazenar os dados coletados em intervalos de 10 minutos e a manutenção dos equipamentos, calibração e download dos dados

foi feita aproximadamente a cada dois meses.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Foi observado que a passagem da FF aumentou a perda de calor e a velocidade do vento, resultando em uma mistura parcial entre a superfície e as camadas mais profundas da coluna d'água. Estas modificações na estrutura física da coluna d'água alterou o ciclo de temperatura da água, resultando na redução da concentração de OD e nos valores de pH durante o período de estratificação, contribuindo com aumento do poder de diluição nos locais de produção. Entretanto, não houve diferenças significativas nos valores dos parâmetros limnológicos devido a passagem da FF que pudessem influenciar negativamente o cultivo da tilápia do Nilo no reservatório.

O efeito do aumento da velocidade do vento com o aumento da perda de calor, promovidos pela FF agem em favor dos processos de mistura. Mesmo as FF ocorrendo mais intensa e frequentemente no inverno, é esperado que as mudanças ambientais na qualidade da água em função da FF sejam mais intensas no verão, quando a estratificação está mais estabelecida.

A mistura das camadas quimicamente divergentes durante o período de estratificação pode ocorrer em camadas superficiais do reservatório. Esperam-se variações mais fortes durante e após as passagens das FF, uma vez que irão promover a mistura parcial ou total da coluna d'água.

Durante o período de estratificação, três ou quatro dias após a passagem da FF, a coluna d'água voltou a ter as condições ideais para o cultivo da tilápia, considerando que os efeitos de diminuição do pH e do OD foram minimizados pelo poder de diluição da passagem da FF. O relativo baixo poder de diluição na superfície da água durante o período de estratificação pode levar a maior concentração

de nutrientes nos locais de cultivo e, consequentemente, afetando os processos biogeoquímicos.

RESULTADOS

Pequenas estratificações na superfície também foram encontradas, entretanto as variações ocorridas não modificaram os parâmetros de qualidade da água em relação a zona de conforto térmico da tilápia.

No período de estratificação, durante a passagem da FF, e cerca de 2 a 3 dias após, o aquecimento diário das camadas superiores é enfraquecido e a coluna d'água se torna mais homogênea, com temperaturas aproximadas de 24°C. Já no período de mistura, o mesmo fenômeno ocorre, porém com menores amplitudes térmicas. Entretanto as maiores misturas da coluna da água promovida por frentes frias neste período podem diminuir temperatura de superfície da água à aproximadamente 22°C.

O período ideal para cultivo da tilápia em Furnas parece ser o verão (período de estratificação), ressaltando, entretanto, que a temperatura da superfície da água neste período chegou a atingir 30°C.

Por outro lado, durante o inverno (período de mistura), as temperaturas da superfície da água chegaram a valores abaixo dos 22°C, podendo levar a mortalidade ou estressar os peixes, diminuindo a produção. Como a maior frequência de FF ocorrendo no inverno, baixas temperaturas podem ocorrer na superfície da água recomendado diminuição de manejo de arraçoamento e despesca ou altas densidades prevenindo o estresse neste período do ano.

O monitoramento de parâmetros meteorológicos pode ajudar no monitoramento ambiental da aquicultura, pois com a maior ocorrência de FF no período de mistura, flutuações térmicas tendem a ocorrer influenciando diretamente o desempenho dos peixes em cultivo, evitando sobras de ração e mortalidades em massa.

Como o verão é a época de maior produção, o monitoramento da ocorrência das FF pode ser um ótimo instrumento para apoiar o manejo adequado, diminuindo perdas no processo produtivo e evitando impactos ambientais.

Por outro lado, a passagem da FF aumenta o poder de diluição nos braços do reservatório por causar uma mistura parcial da coluna d'água, beneficiando as áreas de cultivo.

A identificação de sistemas meteorológicos e a compreensão a respeito da sua influência nas propriedades físicas e biogeoquímicas de um sistema aquático são ferramentas importantes para o manejo adequado da aquicultura.

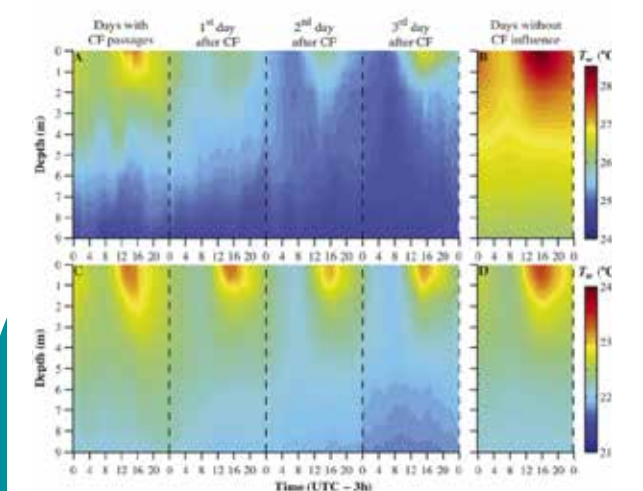
A compreensão dos padrões de estratificação em um sistema aquático e sua influência nos parâmetros de qualidade de água são fundamentais para compreender seus efeitos na aquicultura.

O monitoramento das passagens de FF é um fator crucial a ser considerado no monitoramento da aquicultura em reservatórios. Assim como o monitoramento de outros sistemas meteorológicos que possam ocorrer são importantes para desenvolvimento da aquicultura.

DESAFIOS E SOLUÇÕES

- A entrada de FF pode ser considerada um alerta para prever que tipo de manejo pode ser feito no período seguinte a sua passagem.
- Incluir os parâmetros meteorológicos no monitoramento ambiental da atividade como forma de apoiar os processos de gestão do manejo e diminuição dos impactos das atividades
- Avaliar os efeitos das FF na ocorrência de mortalidade em massa que ocorrem nos sistemas de produção de peixes em reservatórios.

Figura. Distribuição vertical da temperatura da água durante a passagem da Frente Fria e três dias após sua passagem nos períodos de estratificação (A e B) e de mistura (C e D). A e C mostram dados em dias com influência da FF, enquanto B e D, sem a influência de FF.



REFERÊNCIAS:

Stech JL, Silva CM, Assireu AT, et al. (2006) Telemetric monitoring system for meteorological and limnological data acquisition. *Verhandlungen des Int Verein Limnol* 29:1-4.

DADOS PUBLICADOS EM:

Araújo CAS, Sampaio FG, Alcântara E, et al. (2017) Effects of atmospheric cold fronts on stratification and water quality of a tropical reservoir: implications for aquaculture. *Aquac Environ Interact* 9:385-403.

Coordenadores:

Dr. José Luiz Stech – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – email: stechjosell@gmail.com

Dra. Fernanda Garcia Sampaio – Embrapa Meio Ambiente – email: fernanda.sampaio@embrapa.br

Biomonitoramento da Piscicultura com Uso de Macroinvertebrados Bentônicos

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva¹, Marcos Eliseu Losekann¹, Ana Lúcia Marigo¹, Gino Vitorio Zambon¹, Hugo Saulino² e Marisa Nascimento¹.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente; ²Bolsista do Cnpq.

Nas últimas duas décadas, a Embrapa Meio Ambiente vem desenvolvendo pesquisas na área de monitoramento ambiental da aquicultura com uso de bioindicadores, os macroinvertebrados bentônicos. Os projetos foram executados nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Tocantins, tanto em áreas de produção com viveiros escavados como em tanques-rede. Em todos a espécie produzida foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Os objetivos gerais foram utilizar a comunidade macrobentônica colonizadora do sedimento desses sistemas como bioindicadora da qualidade da água. Também foram adaptadas metodologias usadas em ecossistemas naturais, como rios e lagos, para os sistemas de produção na tilapicultura. Os coletores empregados na amostragem são: draga de Ekman e puçá (que coletam o sedimento natural) e coletores confeccionados e preenchidos com materiais de baixo custo (ex.: bucha vegetal, argila expandida, brita) avaliados nos projetos coordenados pela equipe do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Embrapa Meio Ambiente. As medidas utilizadas para monitoramento são aquelas aplicadas em estudos de comunidades, tais como: riqueza de táxons, diversidade, equitabilidade, densidade, bem como porcentagens e taxas de grupos tolerantes e sensíveis ao aumento da matéria orgânica. Além das métricas bióticas, também são monitoradas as variáveis físicas e químicas de qualidade da água com auxílio de sondas multiparâmetros e análise laboratorial, e quantificada a concentração de matéria orgânica no sedimento e sua granulometria.

Todas essas análises em conjunto têm por finalidade compor o diagnóstico da qualidade da água e do sedimento nas áreas de produção aquícolas e são comparadas com a comunidade em áreas controle (sem produção). A frequência de coleta é quinzenal, no caso do uso de coletores com substrato artificial, por um período de 3 a 6 meses, conforme o ciclo de produção da tilápia. Já para tanques-rede em reservatórios, a frequência

é trimestral, compreendendo um período amostral de um a dois anos.

PROJETOS RELACIONADOS

- Proposição e validação de Boas Práticas de Manejo (BPM) para gestão ambiental da aquicultura – Sigla: ECOPEIXE.
- Projeto Componente: Manejo e Gestão Ambiental da Aquicultura – AQUABRASIL.
- 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 Desenvolvimento com metodologia para o cálculo da produção máxima de pescados no reservatório da UHE Peixe Angical (TO).
- Uso de bioindicadores para avaliação da qualidade da água no cultivo da tilápia (Bioaqua).
- Protocolo de biomonitoramento em reservatórios com atividade de aquicultura baseada em insetos aquáticos BRS-Aqua (BNDES).

PRINCIPAIS RESULTADOS

• Foi calculado o índice de *Shannon H'*, nos pontos com produção aquícola e nos pontos marginais do reservatório. A classificação de qualidade da água (baseada no índice biótico da CETESB) variou, estando melhor nos pontos marginais do que nos profundos. Ainda assim, isso pode ser devido a fatores abióticos, como a grande profundidade nos pontos profundos, o que pode reduzir a produtividade primária, e consequentemente, a colonização pela comunidade bentônica.

• Em viveiros escavados, a riqueza taxonômica é baixa, porém é suficiente para o uso do biomonitoramento nestes sistemas de produção. Organismos considerados tolerantes ao aumento da

matéria orgânica, como a larva de inseto aquático da família Chironomidae (Diptera) e vermes (oligoquetos e sanguessugas) dominam a comunidade bentônica.

• A concentração de amônia medida 3 vezes por semana com kit colorimétrico apresentou correlação negativa com o índice biótico adaptado (BMWPP) em viveiros escavados, o que é esperado, pois espécies consideradas tolerantes ao aumento da matéria orgânica na água apresentam pontuação menor no índice.

• Organismos bentônicos exóticos como o mexilhão dourado, por exemplo, foram encontrados nos reservatórios de Peixe Angical (TO) e Furnas (MG), e o seu número crescente chama a atenção para o risco de competição com espécies nativas e redução da biodiversidade, além dos problemas que ocasionam nas turbinas das hidrelétricas e incrustação nas malhas dos tanques-rede.

• Resultados preliminares atuais obtidos em área de produção aquícola no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira indicam que há uma clara separação da comunidade macrobentônica em três segmentos distintos: área à montante dos viveiros, área dos tanques e área de jusante dos viveiros. Essa separação pode ser motivada por condições de eutrofização local (restos de ração e fezes concentrados na área de produção). Porém ainda é preciso outras análises estatísticas para comprovar isso (análises em conjunto com variáveis abióticas).

DESAFIOS

- Estabelecer a correlação entre variáveis físicas e químicas de qualidade de água e variáveis biológicas (macroinvertebrados bentônicos) em áreas de aquicultura.
- Estabelecer um protocolo de biomonitoramento para áreas de produção aquícolas em reservatórios (tanques-rede) e viveiros escavados.
- Desenvolver e validar um índice biótico simples para uso pelo público leigo (produtores e gestores) para diagnóstico da qualidade da água e do sedimento com base em organismos bentônicos.
- Incorporar à legislação ambiental e de recursos hídricos o biomonitoramento com uso de organismos bentônicos para áreas com produção aquícola.

SOLUÇÕES

- Capacitação de produtores para uso do biomonitoramento em suas propriedades, como uso de uma ferramenta de relativo baixo custo e rápida, para atendimento da legislação ambiental.
- Composição de uma rede nacional para adoção do biomonitoramento, respeitando as particularidades regionais (composição diversa da fauna local), de modo a padronizar os protocolos de coleta.



Figura. Piscicultura no sistema de tanques-rede, no reservatório de Ilha Solteira. Crédito: Marcos Eliseu Losekann.

Coordenadores:
Dra. Mariana Silveira Guerra Moura e Silva – Embrapa Meio Ambiente. e-mail: mariana.silveira@embrapa.br
Me. Marcos Eliseu Losekann – Embrapa Meio Ambiente. e-mail: marcos.losekann@embrapa.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Dumaresq, D. *Composição e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos no reservatório Peixe Angical em Tocantins, Brasil*. 2015. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Trabalho de conclusão de Curso. 38 p.
Moura e Silva, MSG; Graciano, TS; Losekann, ME et al. (2016). Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, p. 735-742.
Moura e Silva, MSG; Losekann, ME; Santos, MF et al. (2016) *Biomonitoramento na aquicultura: os macroinvertebrados são bons bioindicadores para viveiros escavados?* In: Congresso Brasileiro Aquicultura e Biologia Aquática, 2016, Belo Horizonte. Anais do V Aquaciência, p. 823.
Moura e Silva, MSG; Queiroz, JF; Losekann, ME (2012). Utilização de coletores com substrato artificial para o biomonitoramento da qualidade da água na aquicultura. *Circular Técnica*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 8 p.
Queiroz, JF; Boeira, RC; Silveira, MP (2004) *Coletor simplificado de sedimentos do fundo de viveiros de aquicultura*. Jaguariúna: v. 01. 5p.

Mudanças Climáticas e a Piscicultura

Ana Paula Contador Packer¹, Marcelo Gomes da Silva², Fernanda Garcia Sampaio¹, Plínio Carlos Alvalá³, Consuelo Marques da Silva⁴ e Juliana Lopes da Silva⁵.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; ²Bolsista do CNPq; ³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; ⁴Consultora especialista em monitoramento ambiental; ⁵Coordenadora de Aquicultura em Águas da União da Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca da Secretaria Geral da Presidência da República.

As mudanças climáticas oriundas do aumento das emissões dos principais gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, estão diretamente relacionadas a vulnerabilidade dos ecossistemas. O conhecimento do impacto ambiental de uma atividade pode ser visto hoje como um diferencial de mercado. Atividades agropecuárias têm sido muito cobradas por serem consideradas de alta emissão de GEE, forçando o mercado a adotar medidas mitigadoras. Ao pensarmos na aquicultura, pouco se sabe sobre a emissão e seu real impacto em relação às mudanças climáticas.

O aumento de GEE na atmosfera resulta em alterações como o aumento da temperatura e alterações na precipitação com efeitos diretos na aquicultura como alterações no crescimento, re-

produção e mortalidade de peixes (COCHRANE et al., 2009). De forma pioneira foram realizados alguns trabalhos para quantificação de emissões de GEE pela produção de peixes em tanques-rede em reservatórios tropicais (Foto 1).

AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE ASSOCIADAS À PISCICULTURA

A medição de GEE foi realizada em três reservatórios com produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede. Amostras de gases foram coletadas para determinar os fluxos de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). As coletas foram realizadas nas áreas de produção (PS) e em áreas controle (CT), no reservatório de Furnas (FHR), Minas Gerais, açude do Castanhão (CAS), Ceará, e Chavantes (CHV), divisa entre São Paulo e Paraná. Nas áreas de produção de FHR o volume estava estimado em 1.100 t/ano e em CHV 2.900 t/ano. A produção de peixe no CAS não pode ser estimada no momento da coleta.

Amostras de gás foram coletadas com câmaras estáticas Marani e Alvalá (2007) para determinar o fluxo de GEE ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) (Foto 2). O fluxo positivo define que o corpo d'água emite GEE, enquanto que fluxos negativos representam o sumidouro de GEE da atmosfera. O fluxo de CH_4 foi classificado pela forma de transporte do gás através da coluna d'água (difusivo e ebulitivo).

PRINCIPAIS RESULTADOS

FLUXOS DE CH_4

- Fluxos ebulitivos emitiram quantidades maiores de CH_4 quando comparados com os fluxos difusivos nos três reservatórios (Figura A e B).
- Em FHR e CHV não houve diferença de fluxos difusivos entre as áreas de PS e CT. No CAS as

áreas de PS tiveram fluxos difusivos maiores que o CT (Figura A).

- Os fluxos ebulitivos em FHR foram maiores no CT do que nas áreas de PS. No CAS e no CHV os fluxos ebulitivos foram maiores nas áreas de PS (Figura B).

FLUXO DE CO_2

- No CAS houve remoção de CO_2 da atmosfera, enquanto que no CHV houve emissão de CO_2 (Figura C).
- Não houve diferença nos fluxos de CO_2 entre PS e CT no CAS e CHV (Figura C).
- A comparação entre os pontos com tanques-rede e controle em FHR e CHV sugerem que a criação de peixes não impactou a emissão de CH_4 por transporte difusivo.
- No CAS, os elevados fluxos difusivos de CH_4 nos pontos com tanques-rede sugerem a influência da criação de peixes.
- No CAS e no CHV a elevada média de fluxo ebulitivo de CH_4 nas áreas com tanques-rede sugerem a influência da criação de peixes.
- No FHR, o período da seca foi associado como o fator com maior impacto para a emissão de CH_4 ebulitivo.
- Os fluxos de CO_2 no CHV e CAS sugerem que as características do reservatório têm fator de impacto maior que a criação de peixes.

DESAFIOS

- O tempo necessário para amostragem de

GEE limita o número de pontos amostrais em cada deslocamento a campo.

- Incluir o fluxo de óxido nitroso (N_2O) em estudos devido ao grande poder de aquecimento da atmosfera.

SOLUÇÕES

- Aprimorar a metodologia de amostragem de GEE utilizando equipamentos mais adequados a reservatórios com piscicultura.
- Utilizar câmaras estáticas com volume interno menor para amostragem de N_2O .



Foto 2. Câmaras estáticas para coleta e determinação de fluxo de GEE. Crédito: Marcelo Gomes da Silva.



Foto 1. Tanques-rede para cultivo de peixes em reservatórios. Crédito: Marcelo Gomes da Silva.

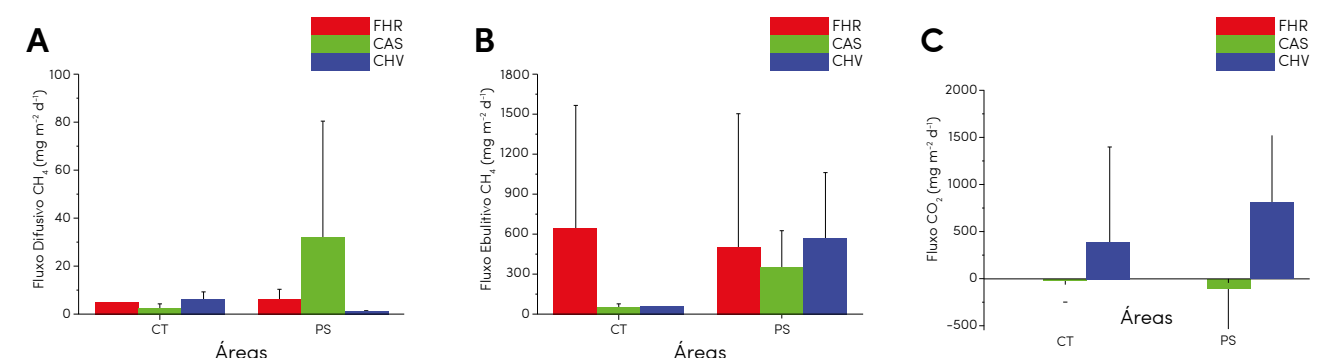


Figura. Fluxo difusivo de CH_4 (A), fluxo ebulitivo de CH_4 (B) e fluxo de CO_2 (C) em áreas controle (CT) e com produção de peixe (PS) nos reservatórios de Furnas (FHR), Castanhão (CAS) e Chavantes (CHV).

Coordenadores:
Dra. Ana Paula Contador Packer - Embrapa Meio Ambiente - e-mail: paula.packer@embrapa.br
Dr. Marcelo Gomes da Silva - Bolsista DTI-A do CNPq - e-mail: engmarcogomes@gmail.com

REFERÊNCIAS:
 Cochran, K; De Young, C; Soto, D; Bahri, T (eds). **Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rome, FAO. 212p. 2009.
 Marani, L; Alvalá, PC (2007) Methane emissions from lakes and floodplains in Pantanal, Brazil. **Atmospheric Environment**. pp. 1627-1633.

DADOS PUBLICADOS EM:
 da Silva, MG; Packer, AP; Sampaio, FG et al. (2018) Impact of intensive fish farming on methane emission in a tropical hydropower reservoir. **Climatic Change**. pp. 195-210.

Aquability – Metodologia para Determinação de Resíduos e Gestão da Capacidade de Suporte para Produção de Pescados em Reservatórios

Guilherme Wolff Bueno¹, Rodrigo Roubach², Francisco E. M. Bernal³, Elisa M. Godoy¹, Flávia Tavares Mattos⁴ e Wagner Cotroni Valenti¹.

¹Universidade Estadual Paulista; ²Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura; ³Universidade de Brasília; ⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pesca e Aquicultura.

O Projeto Aquability representou o aprimoramento no cálculo para quantificar e gerir a capacidade de suporte (CS) em áreas aquícolas para a produção de pescado em reservatórios. Durante cinco anos, foram realizados estudos utilizando mais de 80 lotes e 14 ciclos de produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no reservatório de Chavantes. Foi aplicada a modelagem bioenergética integrada à hidrodinâmica para desenvolver uma ferramenta que estima a carga de resíduos oriundos das excretas dos peixes somadas ao desperdício de ração durante a alimentação (balanço de massas), em ambientes aquáticos tropicais. Assim, esta metodologia sintetizou uma forma prática e objetiva de procedimento a ser utilizado pela indústria aquícola, órgãos de fiscalização e outorga, considerando uma abordagem mais dinâmica e precisa que auxilia na determinação da CS destes ambientes aquáticos.

Nova abordagem – dentre os desafios em determinar a CS, temos a quantificação da carga de efluentes gerados durante a produção aquícola. A produção de resíduos da aquicultura pode ser estimada utilizando princípios simples de nutrição e bioenergética aplicados por Cho & Bureau (1998) e Bureau & Hua (2010), que trata de uma abordagem “biológica”, ao invés de um produto químico (Figura). Assim, o estudo adaptou a metodologia para a espécie tilápia do Nilo produzida em tanques-rede no reservatório de Chavantes, localizado no rio Paranapanema, fronteira entre São Paulo e Paraná.

Integração de modelos matemáticos – uma das principais estratégias utilizadas pelos órgãos gestores e fiscalizadores para determinar a CS de áreas aquícolas em reservatórios, consiste no uso de modelos hidrodinâmicos que calculam a capacidade de suporte ou de carga de nutrientes que um determinado corpo hídrico possa receber e a influência que os cultivos de peixes possam exercer.

Entretanto, a utilização destes modelos em ambientes para a determinação da CS, nem sempre consideram fatores zootécnicos e limnológicos específicos, podendo sub ou superestimar a real contribuição dos efluentes da produção de peixes. Com isso, este estudo apresenta uma nova abordagem, a partir da integração da modelagem bioenergética

que auxilia no cálculo de resíduos aquícolas e determina o input de dados para a modelagem hidrodinâmica que irá definir a CS, de acordo com a metodologia descrita por Bueno et al. (2017).

PRINCIPAIS RESULTADOS

Na tabela estão descritos os resultados obtidos para a simulação de resíduos considerando diferentes níveis de fósforo total na ração (0,8%, 1,0 e 1,5%) para a produção de tilápias sob diferentes temperaturas da água (21, 25 e 29 °C).

Aplicação da nova proposta – considerando o cenário de 1,0% de fósforo na ração, com digestibilidade de 60%, conversão alimentar esperada de 1,6 e temperatura média da água de 25 °C, foram obtidas as quantidades exatas de fósforo excretado (kg) por tonelada de peixe produzido (*input*) (Tabela). Em seguida, foram realizadas as simulações da CS para alguns reservatórios tropicais brasileiros utilizando o modelo Dillon & Riegler (1974), comparando a metodologia utilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2009) e o cálculo ajustado pelo projeto Aquability (Figura).

RESULTADOS

- As estimativas de cálculo de CS com os dados do Aquability são mais precisas dos que os dados utilizados atualmente pela Agência Nacional de Águas para a emissão de outorgas para aquicultura, principalmente em relação a determinação da emissão de resíduos.
- A avaliação de cada processo ou fazenda de forma compartimentalizada permite determinar a contribuição de resíduos (P) no ambiente aquático.
- Esta ferramenta contribui para o aprimoramento para definição da capacidade de suporte de reservatórios para produção de pescado.
- A abordagem apresentada auxilia no monitoramento da eficiência zootécnica e na melhoria das análises de outorga para fins de aquicultura.
- A aplicação desta metodologia incentiva os produtores e a indústria aquícola na utilização de rações de melhor qualidade nutricional que proporcione

menor impacto ambiental.

DESAFIOS

- O cálculo de CS proposto é realizado para o reservatório como um todo, e há risco da concentração de grande número de áreas aquícolas em determinados locais, tornando o ambiente passível de eutrofização, trazendo problemas para a atividade.
- Para se garantir a integridade tanto do corpo hídrico, como da aquicultura, há a necessidade de se ter um zoneamento dos reservatórios, com base em mapas de exclusão de áreas inaptas e definição de locais com maior favorabilidade para a prática da aquicultura.
- É necessária a realização de ações conjuntas de fiscalização *in loco* ou dos relatórios de produção

e programas de monitoramento da qualidade da água, da produção e dos sedimentos no ambiente onde estão implantados estes empreendimentos, isso auxiliará no controle e ajuste da capacidade de suporte calculada para a produção de pescados.

SOLUÇÕES

Devido ao fato de considerar um maior número de dados e informações mais robustas, o projeto Aquability é de suma importância para tornar o modelo hidrodinâmico utilizado atualmente na emissão de outorgas para a aquicultura mais preciso, sendo que além do uso do modelo Dillon & Riegler (1974), pode-se adotar outros modelos hidrodinâmicos, desde que se tenha uma malha de dados mais robusta e consistente.

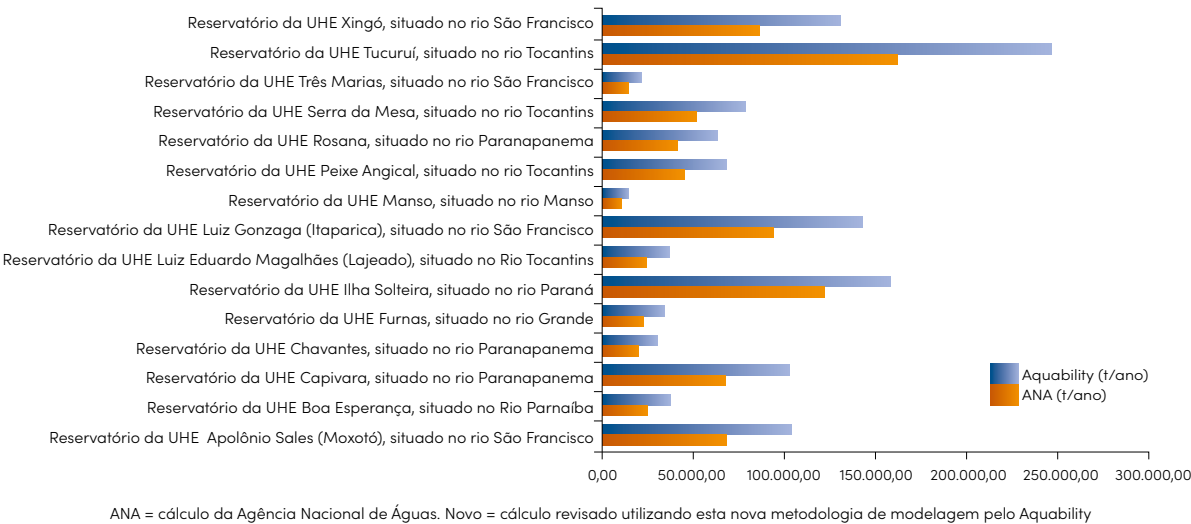


Figura. Simulações de cálculo da capacidade suporte para atividades aquícolas (toneladas/ano de pescado) em reservatórios continentais brasileiros com a adoção de informações do projeto Aquability e da Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela. Estimativa de excreção de fósforo na produção de tilápia em tanques-rede calculada pelo modelo fatorial bioenergético¹.

Fósforo na ração	0,8%			1,0%			1,5%		
Temperatura	21°C	25°C	29°C	21°C	25°C	29°C	21°C	25°C	29°C
CAE	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,5
Excreção de fósforo (kg/t)	3,6	3,3	4,4	4,5	5,0	5,5	6,7	7,6	7,6

CAE= Conversão alimentar esperada; Dieta utilizada para modelagem: 90% de matéria seca (MS), 69% de MS Digestível, 35% proteína bruta (PB), 31% de PB digestível, 16 MJ/kg energia bruta; 11 MJ/kg de energia Digestível. Obs: os valores de resíduos podem alterar de acordo com a dieta fornecida e temperatura média da água.

Coordenadores:
Dr. Guilherme Wolff Bueno – Universidade Estadual Paulista – Campus de Registro. e-mail: gwolff@reitoria.unesp.br
Dr. Rodrigo Roubach – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, Roma, Itália. e-mail: rodrigo.roubach@fao.org
Dr. Dominique P. Bureau – University of Guelph, Animal Biosciences Department, Guelph, Canadá. e-mail: dbureau@uguelph.ca

REFERÊNCIAS:
ANA – Agência Nacional Das Águas (2009). Nota Técnica n.009/2009/GEOUT/SOF-ANA: **Atualização na metodologia de análise de pedidos de outorga para piscicultura em tanques-rede**, 1-3.
Bueno, GW; Bureau, D; Skipper-Horton, JO et al. (2017) Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p. 695-706.
Bureau, DP; Hua, K (2010). Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. **Aquaculture Research**, 41: 777-792.
CHO, CY; Bureau, DP (1998). Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. **Aquatic Living Resources**, v.11, p.199-210.
Dillon, PJ; Riegler, FH (1974). A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. **J. Fish. Res. Board Can.** 31:1771-1778.

Reflexões Sobre o Monitoramento Ambiental da Aquicultura

Renato Hiroshi Torigoi¹, Juliana Lopes da Silva², Felipe Wilhelm Peixoto Bodens³ e Fernanda Garcia Sampaio⁴.

¹Consultor Especialista em Aquicultura; ²Coordenadora de Aquicultura em Águas da União da Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca da Secretaria Geral da Presidência da República; ³Consultor Especialista em Licenciamento Ambiental; ⁴Pesquisador Embrapa Meio Ambiente.

Quando falamos em monitoramento ambiental da aquicultura é preciso ter clareza sobre o que exatamente se deseja avaliar e como os dados obtidos poderão atingir os objetivos desejados.

Embora o monitoramento ambiental se aplique a todas atividades aquícolas, o presente texto discorrerá somente sobre o monitoramento ambiental para a piscicultura em águas continentais.

Atualmente, as normas federais que possuem relação direta com o licenciamento e o monitoramento ambiental obrigatório da aquicultura em águas da União, são duas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA; RC):

- A RC 413, de 2009, posteriormente alterada pela RC 459, de 2013, que trata do licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. Esta RC é a única norma federal com orientações específicas para o monitoramento ambiental da aquicultura. E em seu Anexo VI, sugere um programa de monitoramento que define parâmetros mínimos e pontos de coleta (no centro da área de produção e ao longo do sentido predominante das correntes, sendo antes e depois do ponto central), porém sem sugerir periodicidade de monitoramento.

- A RC 357, de 2005, alterada pelas RC 410 de 2009 e pela RC 430 de 2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e seu enquadramento. A RC estabelece os valores de referência para parâmetros em classes de água, e os padrões dos efluentes a serem considerados para o delineamento do programa de monitoramento ambiental.

Apesar do licenciamento ambiental da aquicultura continental ser hoje atribuído aos órgãos estaduais de meio ambiente e de alguns estados já possuírem normas próprias, grande parte dos estados ainda se baseiam exclusivamente nas RC 413 e RC 357 para definir o modelo de monitoramento a ser adotado e os parâmetros que deverão ser analisados.

Podemos considerar então, que quando elaboramos um plano de monitoramento da qualidade da água, na forma como está proposto na RC 413, a aplicação é feita a cada empreendimento individualmente, ou seja, a detecção das alterações ambientais deve ser “atribuível” a esse empreendimento. O plano de monitoramento obrigatório (como condicionante ambiental), normalmente é vinculado à uma licença ambiental, sendo proposto para um determinado empreendimento licenciado. Desta forma, seria atribuído a um empreendimento específico as alterações observadas.

É certo que a aquicultura em tanque-rede muitas vezes interfere nos parâmetros de qualidade da água podendo provocar um desequilíbrio no ambiente onde está inserida. O problema é que se pretendemos atribuir as alterações encontradas a um determinado empreendimento, é necessário adotar metodologia adequada de monitoramento, que traga informações sobre os reais impactos da unidade produtiva no ambiente.

O plano amostral proposto na RC 413 baseia-se ainda na premissa de haver sempre um fluxo linear e laminar da água nos ambientes de produção. Linear porque pressupõe que existe uma direção da corrente no momento da amostragem e laminar porque não considera possíveis movimentos verticais com interferência de água de fundo. Em muitos casos, de fato há um fluxo linear e laminar, mas em algumas situações

essa afirmação não é válida, descartando-se assim, a possibilidade de atribuir a um empreendimento possíveis mutações encontradas nos parâmetros analisados. Outro problema é que o plano proposto na RC 413 não considera a possível influência de um empreendimento aquícola nas amostras do outro, nem mesmo as possíveis interferências de outras atividades existentes no entorno (Figura).

Na figura temos a ilustração hipotética de áreas aquícolas demarcadas em um mesmo braço de reservatório. A ilustração nos permite afirmar e questionar alguns pontos:

- A impossibilidade de impedir a interferência das áreas 1 e 3 nas coletas de água da área 2.
- A definição de montante e jusante para a área 4 dependerá do volume de água do tributário, que poderá variar em função da estação do ano, e mesmo definido, sofrerá interferência da área 5.
- A baixa cobertura vegetal e presença de agricultura intensiva no entorno também podem interferir de forma desigual nos pontos amostrados.

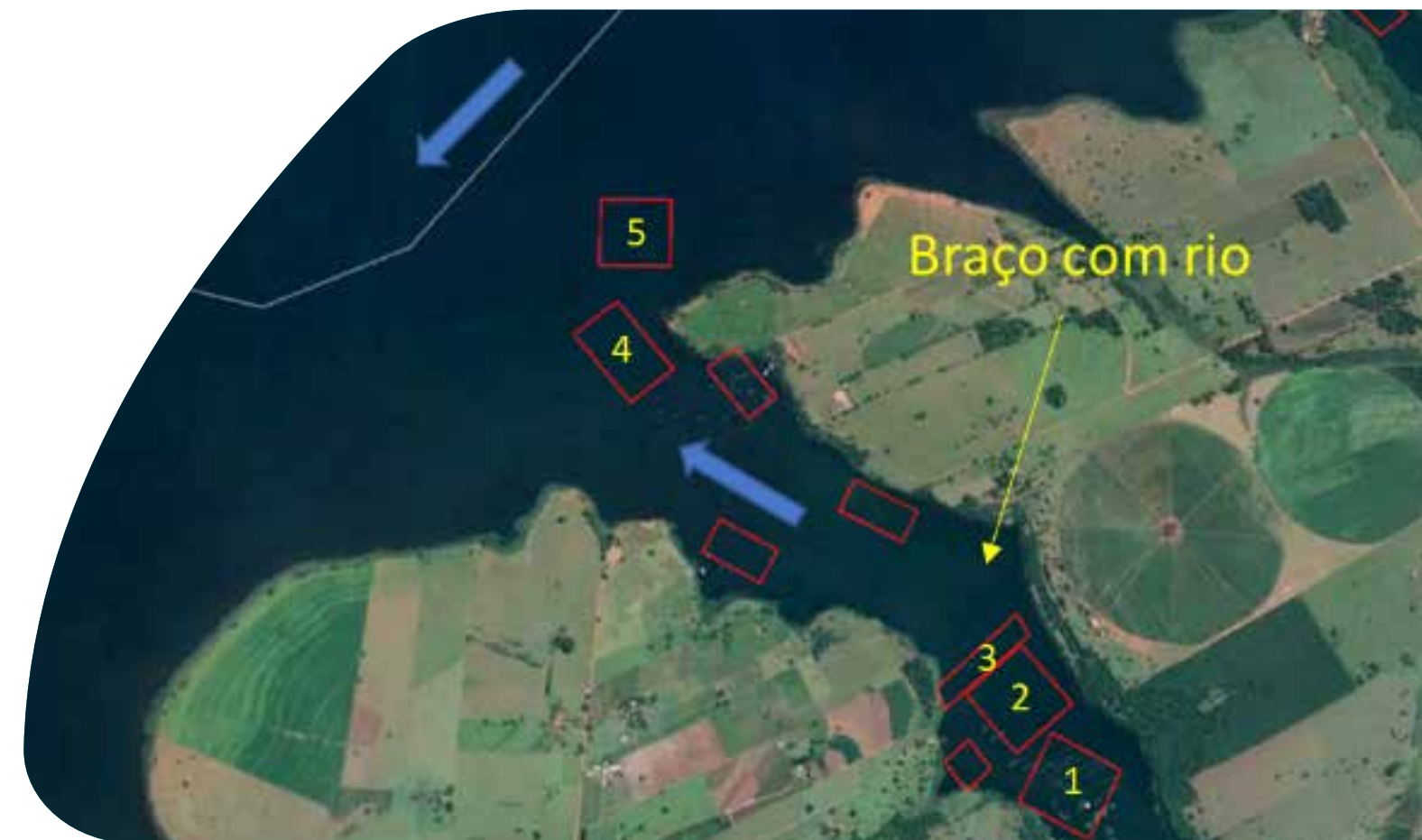


Figura. Situação hipotética com polígonos de áreas aquícolas. As setas azuis indicam o sentido predominante da corrente e cada polígono vermelho representa uma área. Adaptados por: Renato Torigoi.

Consideradas as dificuldades técnicas de utilizar o monitoramento dos três pontos de coleta proposto na RC 413, ainda temos a inocuidade jurídica do resultado encontrado.

A RC 430 de 2011, que complementa e altera a RC 357, define zona de mistura para efluentes e em seu Artigo 13º determina que: “na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo”. Dessa forma, qualquer que seja o resultado obtido nas amostragens, a possibilidade de estar na zona de mistura, exime o poluidor de qualquer punição ou controle.

Há ainda dúvidas sobre a efetividade do monitoramento da qualidade da água em coletas esporádicas. Sendo questionável a variação encontrada em uma coleta trimestral, bimestral ou mensal, que podem muitas vezes levar a interpretações equivocadas, uma vez que fenômenos de caráter temporário (climáticos ou antrópicos) podem interferir nos resultados. Isso demonstra que não somente a questão espacial dos pontos de amostragem podem interferir na análise dos resultados, mas também a limitação de cobertura temporal obtidos em coletas esporádicas de água.

CAPACIDADE DE SUPORTE E CONTROLE PRÉVIO DA AQUICULTURA EM ÁGUAS DA UNIÃO

É possível afirmar, sem sombra de dúvida, que a atividade de aquicultura em águas da União é uma das atividades, dentre os usos múltiplos dos reservatórios, com maior nível de controle e segurança ambiental. Para cada corpo hídrico onde a atividade está presente, é calculada a capacidade de suporte do sistema, especificamente para a atividade de piscicultura em tanques-rede. Cada projeto de piscicultura outorgado pela Agência Nacional de Águas (ANA) é previamente analisado para assegurar que a produção não exceda a capacidade de suporte calculada, assegurando a manutenção da qualidade ambiental de modo que não haja alterações negativas e não se despreste o enquadramento do corpo hídrico.

Para o cálculo da capacidade de suporte, a ANA estabeleceu para a aquicultura um incremento de fósforo de no máximo 1/6 da concentração permitida para corpos hídricos de Classe 2, o que corresponde a 5 mg m³. Os outros 5/6 de fósforo ficariam reservados ao aporte proveniente de outros usos, como a diluição de esgotos domésticos e industriais, além, é claro, do aporte natural de fósforo oriundo do solo, ou seja, toda atividade de piscicultura em tanque rede outorgada, já opera de forma a cumprir a RC 357 para corpos hídricos de Classe 2 (ANA, 2013).

Considerando que todo cessionário de área aquícola, recebe uma autorização para produzir uma determinada quantidade de pescado e essa produção está de acordo com um cálculo prévio de capacidade de suporte, podemos considerar que a melhor forma de monitorar esse empreendimento é através da verificação do cumprimento do que determina seu documento de outorga, ou seja, verificar se a quantidade de peixe produzido ou a quantidade de fósforo aportado ao sistema está dentro do que foi autorizado, monitorando o empreendimento através do Relatório de Produção Anual (RPA). Essa forma de monitoramento é a única que pode ser plenamente atribuída ao cessionário.

Todo ano os cessionários devem enviar o RPA para a Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca (SEAP), atestando o atendimento ao documento de outorga e permitindo acompanhar se o nível de produção e aporte de nutrientes está de acordo com o outorgado. Embora o preenchimento do RPA seja auto declaratório, as informações são passíveis de verificação, através de notas fiscais, sensoriamento remoto e fiscalização *in loco*. A analogia que pode ser feita nessa forma de fiscalização é a do imposto de renda e as informações falsas ou faltantes podem culminar em punição, que no caso pode ser a rescisão do contrato de cessão de uso e necessidade de devolução da área cedida.

MONITORAMENTO AMBIENTAL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO EMPREENDIMENTO

Considerando que a capacidade de suporte calculada leva em consideração as alterações na qualidade da água em todo o reservatório, fica a lacuna da verificação dos impactos provocados na área de influência direta do empreendimento ou em um conjunto desses, principalmente se estiverem localizados em alguma área com algum grau de confinamento, como um braço ou baía.

Embora o monitoramento ambiental da Área de Influência Direta (AID) não seja imputável a um determinado empreendimento, os resultados podem ser importantes informações para a gestão, servindo ainda para determinar a necessidade de ações mitigatórias que visem manter a qualidade ambiental para um bom desempenho produtivo.

Já foi discutida a dificuldade de se obter resultados conclusivos através da análise da água, dessa forma, para verificar a qualidade ambiental na área do cultivo, a melhor forma de monitorar seria através da avaliação da qualidade do sedimento abaixo das estruturas. O sedimento, como elemento a ser analisado, tem a vantagem de registrar as condições ambientais de forma mais estável. Segundo Esteves (2011), o sedimento é o compartimento que reflete todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático, e sua composição também deve dar indicações do estado trófico do ambiente local.

O acompanhamento do acúmulo de matéria orgânica no substrato pode indicar a sustentabilidade do empreendimento. Após o início da atividade, o teor de matéria orgânica deverá, necessariamente, estabilizar em um patamar maior que o inicial. Portanto, esse monitoramento, embora não seja imputável a um único empreendimento, além de relevante ao órgão licenciador, torna-se importante ferramenta para tomadas de decisões pelo próprio produtor.

Vale ressaltar que, na ausência de uma circulação de água no local das estruturas de cultivo, que possa diluir os nutrientes aportados, com consequente perda de qualidade ambiental, deve-se considerar que o produtor mantém seus peixes no próprio ambiente impactado e muito antes de ocorrer mortalidade, os peixes perdem desempenho produtivo. Na evolução da perda de qualidade ambiental, as condições começam a ficar prejudiciais para os organismos em determinado momento do dia, normalmente próximo do amanhecer, nesse momento a ictiofauna circundante apenas se afasta e espera que as condições melhorem, o que não pode ser feito pelos peixes confinados. Normalmente, uma produção aquícola se inviabiliza economicamente, antes de um colapso do ambiente do entorno. Os impactos locais, provocados pela aquicultura, são considerados reversíveis, pois uma vez interrompido o aporte de carbono e nutrientes, o ambiente se recupera totalmente.

MONITORAMENTO NA ESCALA DO “RESERVATÓRIO”

Também na escala “reservatório”, a coleta de amostras de água pode não resultar em nada se for levado em consideração a grande complexidade de um corpo d’água, tanto em relação à circulação da água, como nas múltiplas entradas de nutrientes de outras fontes. A circulação em reservatórios depende de uma hierarquia de fatores climatológicos, hidrológicos e de regras e mecanismos de operação, ainda, relacionados com os usos múltiplos destes ecossistemas artificiais (Tundisi & Matsumura Tundisi, 2008). Sendo que a movimentação vertical da água pode mudar repentinamente o teor de nutrientes da superfície com a entrada da água de fundo, mais enriquecida (MATTA et al., 2017).

Nesse caso, o monitoramento não poderá ser atribuição dos cessionários e sim do governo, instituições de pesquisa ou da própria concessionária. É nesse nível que poderão ser avaliados os métodos de cálculo de capacidade de suporte do reservatório efetuados pela ANA. A inevitável interferência dos outros usos nessa escala, torna necessária uma ampla cobertura espacial e temporal das análises, procurando detectar padrões na variação da qualidade da água de alguns locais, procurando relacioná-las a atividade aquícola. Nessa escala, sem dúvida, a melhor ferramenta é o sensoriamento remoto utilizando imagens de satélite.

CONCLUSÃO

Como base no exposto podemos então elencar três diferentes formas de monitoramento que devem ser executadas simultaneamente:

- Monitoramento do empreendimento aquícola, passível de ser atribuído a um único cessionário: com esse objetivo deve-se utilizar o RPA.
- Monitoramento da AID: recomenda-se a utilização da análise do solo sob as estruturas de cultivo. Podem ser utilizados parâmetros de qualidade de água em alguns casos.
- Monitoramento da influência da atividade de aquicultura em todo o reservatório: sugere-se a utilização de monitoramento da água por sensoriamento remoto.

REFERÊNCIAS:

ANA - Agência Nacional Das Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília. 2013.
Esteves, FA. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
Matta, E; Selge, F; Gunkel, G; Hinkelmann, R. 2017. Three-Dimensional Modeling of Wind- and Temperature-Induced Flows in the Icó-Mandantes Bay, Itaparica Reservoir, NE Brazil. **Water**, 9 (10):772.
Tundisi, JG; Matsumura Tundisi, T; **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.



Resultados de Monitoramento da Aquicultura Marinha



Condicionantes Ambientais para Aquicultura em Parques Aquícolas Marinhos

Luciene Mignani¹, Felipe Wilhelm Peixoto Bodens¹ e Juliana Bragança Campos¹.

¹Consultor especialista em licenciamento ambiental.

A maricultura vem se desenvolvendo muito rápido no Brasil, principalmente nas regiões sul e sudeste, com destaque para o Estado de Santa Catarina, devido as condições oceanográficas propícias ao desenvolvimento do cultivo de moluscos, colocando o país entre os maiores produtores da América Latina, representada principalmente pelas espécies mexilhões (mitilicultura) e ostras (ostreicultura).

Para o incremento da maricultura com responsabilidade é exigido o cumprimento de condicionantes específicas estabelecidas nas licenças ambientais, principalmente relacionadas ao monitoramento da qualidade da água para avaliação dos resíduos gerados que podem afetar a produção ou em algum momento o ambiente.

Do mesmo modo que acontece para o monitoramento da aquicultura em reservatórios, o monitoramento da maricultura deve ser realizado com base nas normas federais e estaduais. Dependendo das normas que preconizam a atividade e do grau poluidor do empreendimento, poderão ser exigidos estudos ambientais.

Em linhas gerais, os parâmetros para o monitoramento dos cultivos de moluscos bivalves em águas da União marinhas devem seguir os limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como atender aos parâmetros previstos na Resolução CONAMA Nº 413/2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura. Também podem ser exigidos parâmetros estabelecidos em normas estaduais ou de acordo com os critérios definidos pela análise técnica ambiental.

Além das normas que tangem a exigência de condicionantes nos processos de licenciamento, com a publicação da Lei Complementar Nº 140/2011 surgiram dúvidas jurídicas quanto à competência pelo licenciamento ambiental da aquicultura em águas da União marinhas, considerando que a Lei atribui à União o licenciamento destes cultivos no mar, conforme estabelece a alínea b, do inciso XIV, do art. 7º “São ações administrativas da União: XIV - promover o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades: b) localizados ou desenvolvidos no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva”. Assim, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) passou a delegar a competência aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas), caso a caso.

Somado as normativas federais, muitos estados possuem legislações estaduais para o procedimento de licenciamento ambiental da aquicultura marinha. Portanto, com intuito de elencar alguns parâmetros definidos como condicionantes nas licenças ambientais voltadas a maricultura, a tabela a seguir apresenta as variáveis exigidas nas licenças dos parques aquícolas marinhos, confrontados com as diretrizes impostas nas legislações vigentes, ou seja, se são estabelecidos como limites a serem mantidos para enquadramento com base na Resolução CONAMA Nº 357/2005, se são exigidos com base no Anexo VI da Resolução CONAMA Nº 413/2009 como parâmetros a serem monitorados ou se são referentes a normas estaduais preconizadas pelos Oemas.

Dentre as condicionantes mencionadas acima, destaca-se o estabelecimento de Programas de Monitoramento de Algas Nocivas, cujo intuito é assegurar as questões de saúde pública vinculadas a produção de moluscos bivalves, contudo sem respaldo normativo, dependendo exclusivamente da análise do agente licenciador

Tabela. Parâmetros ambientais exigidos nas licenças dos Parques Aquícolas marinhos.

Parâmetros Ambientais
Material em suspensão (mg L) ^{1,2}
Transparência (disco de Secchi-m) ^{1,2}
Temperatura: inferior a 40º C ^{1,2}
Salinidade (ppt) ^{1,2}
Oxigênio Dissolvido - OD (mg L) ^{1,2}
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ^{1,2}
pH (entre 5 a 9) ^{1,2}
Amônia ^{1,2}
Nitrogênio total ^{1,2}
Nitrato ^{1,2}
Nitrato – N (mg L) ^{1,2}
Fosfato – P (mg L) ^{1,2}
Silicato – Si ^{1,2}
Clorofila “a” ^{1,2}
Coliformes termotolerantes ^{1,2}
Staphilococcus coagulase, Salmonella sp ³
Séston total ³
Matéria orgânica particulada, matéria inorgânica particulada ³
Materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone LMHOFF ¹
Óleos e graxas - óleos minerais até 20 mg L ¹
Óleos vegetais e gorduras animais até 50 mgL ³
Plano de monitoramento do plâncton ³
Plano de controle e monitoramento higiênico-sanitário de moluscos bivalves ³
Programa de Monitoramento da Fauna aquática ³
Programa de monitoramento de algas nocivas e adoção de vazios sanitários ³

¹ Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005

² Parâmetros Resolução CONAMA Nº 413/2009

³ Parâmetro específico de Órgãos Estaduais de Meio Ambiente

Desenvolvimento Sustentável da Piscicultura Marinha no Litoral Sul do Rio de Janeiro

Felipe Schwahofer Landuci¹, Luis Henrique da Silva Poersch², Miguel Alamá Rodilla³.

¹Fundação Instituto de Pesca do Rio de Janeiro; ²Universidade Federal de Rio Grande; ³Universitat Politècnica de València.

O projeto executado de 2014 a 2018 apontou áreas, sugerindo um planejamento espacial específico para o desenvolvimento da piscicultura marinha sustentável no litoral sul fluminense, e monitorou os impactos decorrentes de uma área de produção de bijupirá (*Rachycentron canadum*). Num primeiro momento, foram avaliadas as descargas de nitrogênio decorrentes do cultivo do bijupirá alimentados com dois tipos diferentes de alimentos, um úmido (42% PB: 6% L) e outro extrusado (44% PB: 7% L). A quantidade de nitrogênio no alimento e na carcaça foi calculada através do método de Kjeldahl. A quantidade dos nutrientes excretados e perdidos foram calculados baseados em equações de balanço de massa.

PRINCIPAIS RESULTADOS

• Os peixes alimentados com dieta úmida foram menos eficientes, e por consequência tiveram uma taxa de excreção maior de nitrogênio quando comparados aos alimentados com ração formulada (Tabela).

• A taxa de excreção teve relação direta com a temperatura, independentemente do tipo de alimentação. Em temperaturas mais altas, os peixes consumiram mais e por consequência, excretaram mais nitrogênio, tendência observada para ambos os alimentos.

• A extensão local do impacto é proporcional a velocidade de afundamento do alimento, que afundam mais rápido, como os úmidos, causam uma deposição maior e mais localizada (LANDUCI et al., 2018).

Num segundo momento, durante 3 meses, um cultivo alimentado com ração extrusada foi monitorado e foram acompanhados os parâmetros abióticos do local, os parâmetros zootécnicos do cultivo, a emissão de nutrientes decorrentes do cultivo e os distúrbios ambientais resultados na coluna d'água

(Tabela). A qualidade da água foi avaliada através de análises de amônio (NH_4^+-N), nitrito (NO_2^--N), nitrato (NO_3^--N) fosfato (PO_4^{3-}) e clorofila-a ($\text{Cl}-\alpha$). As amostras foram tomadas quinzenalmente, em triplicata, junto ao tanque e em áreas adjacentes no sentido da corrente predominante, congeladas e posteriormente em laboratório determinou-se as concentrações através de espectrofotometria, de acordo com norma padrão.

• Os efeitos da descarga de nutrientes na qualidade de água e suas complicações secundárias, nas condições de produção analisadas, são mínimas e se mantêm dentro dos limites legais vigentes no Brasil (Resolução CONAMA N° 357/2005).

• As flutuações locais e sazonais na quantidade de amônio, fosfato e clorofila-a, estavam especialmente concentradas abaixo dos tanques e com tendência de aumento de concentração de acordo com o incremento da biomassa total. Já nitrito e nitrato não foram detectados ao longo do tempo de estudo (LANDUCI et al., 2016).

RESULTADOS

• Alimentos úmidos são menos eficientes e resultam em maior descarga de nitrogênio.

• A extensão da deposição é dependente da velocidade de afundamento do alimento e da profundidade do local.

• Nas condições desse estudo, impactos na qualidade de água foram mais localizados diretamente abaixo dos tanques, mesmo assim considerados mínimos e dentro dos limites legais.

DESAFIOS

• Próximos estudos devem averiguar os impactos ao longo de um período maior, avaliando os efeitos das sazonalidades e as diferenças entre fases do cultivo.

SOLUÇÕES

- Incentivo ao uso de dietas específicas extrusadas, em substituição à dietas úmidas ou baseadas em peixes frescos.
- Adoção de medidas de mitigação tais como utilização da aquicultura multi-trófica integrada.

Foto. Tanques-rede instalados no litoral sul do Rio de Janeiro. Crédito: Felipe Schwahofer Landuci.

Tabela. Provisão de N advindo de juvenis cultivados de bijupirá (*Rachycentron canadum*) alimentados com dois tipos de alimento diferentes.

	Alimento úmido (mg g dia ⁻¹)	Dieta extrusada (mg g dia ⁻¹)	P value
Entrada (N _i)	2.75 ± 0.37	1.49 ± 0.10 ^b	0.0056
Retido (N _r)	0.40 ± 0.03	0.40 ± 0.01	0.7644
Perdido por mortalidade (N _m)	0.07 ± 0.08	0.09 ± 0.13	0.8780
Excretado (N _e)	2.27 ± 0.31	1.00 ± 0.053 ^b	0.0035
Provisão N _i = N _r - N _m - N _e	100N _i = 15N _r - 3N _m - 82N _e	100N _i = 27N _r - 6N _m - 67N _e	

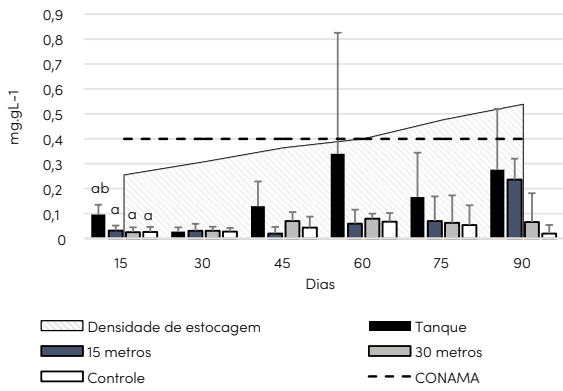


Figura 1. Quantidade de amônio (NH_4^+-N) registrada na coluna d'água durante o monitoramento do cultivo. Linha pontilhada se refere aos padrões indicados na Resolução CONAMA N° 357/2005.

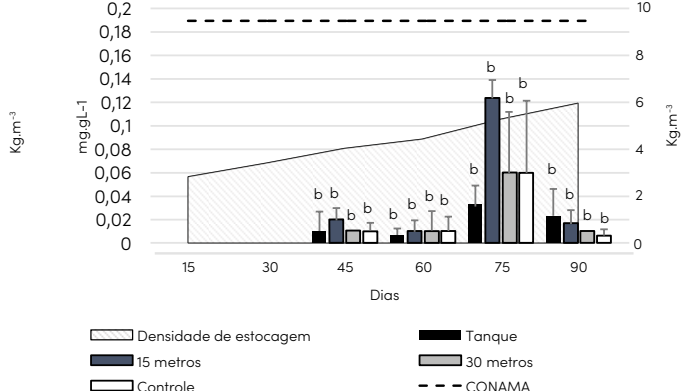


Figura 2. Quantidade de fosfato (PO_4^{3-}) registrada na coluna d'água durante o monitoramento do cultivo. Linha pontilhada se refere aos padrões indicados na Resolução CONAMA N° 357/2005 (Classe 1, águas salinas) para fósforo total convertido em PO_4^{3-} (fator 0.3261). Valores são apresentados como médias ± desvio padrão. Médias com diferentes letras são significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Coordenadores:
Dr. Felipe Schwahofer Landuci - Instituto de Pesca do Rio de Janeiro. e-mail: felipeslanduci@gmail.com
Dr. Luis Henrique da Silva Poersch - Universidade Federal do Rio Grande. e-mail: lpoersch@mikrus.com.br
Dr. Miguel Alamá Rodilla - Universitat Politècnica de València - e-mail: mrodilla@hma.upv.es

DADOS PUBLICADOS EM:
Landuci, FS; Francinetti, PIB; Fernandes, AM et al. (2016). Aporte de nutrientes e matéria orgânica de um cultivo de *Rachycentron canadum* (Bijupirá) em tanques-rede instalados no litoral sul do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Aquicultura e Biologia Aquática, Aquaciência 2016.
Landuci, FS; Rombenso, AN; Pontes, MD et al. (2017) Common moist diet replacement to promote sustainable Cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus) nearshore on growing in Brazil. *Scientia Agricola*, v. 76, n.2, p-130 138.

REFERÊNCIA:
Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília. 2005.

Estudos dos Impactos da Poluição Fecal Originária das Cidades sobre os Cultivos de Moluscos Bivalves

Robson Ventura de Souza¹ e Luis Hamilton Pospissil Garbossa¹.

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

A Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) estuda os impactos da poluição de origem fecal originária de áreas urbanas sobre a qualidade dos moluscos (ostras *Crassostrea gigas* e mexilhões *Perna perna*) produzidos em estruturas flutuantes na costa do estado de Santa Catarina (SC). Esse trabalho objetiva proteger a saúde dos consumidores desses organismos.

ESTUDOS REALIZADOS

2007/2008 – Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de SC. Durante um ano foram monitorados quinzenalmente os níveis de coliformes em água marinha em 37 pontos do litoral catarinense e feitas análises de coliformes em uma amostra de moluscos de cada um dos 37 pontos de coleta.

2009/2010 – Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves no Litoral de SC. Durante um ano foram monitorados quinzenalmente os níveis de coliformes na água e nos moluscos em 39 pontos da costa catarinense.

2012/2013 – Estudo ambiental para o ordenamento de parques aquícolas destinados ao cultivo de moluscos bivalves de acordo com padrões internacionais. Durante um ano foram monitorados mensalmente os níveis de coliformes na água em 50 pontos dentro dos limites das baías da Ilha de Florianópolis e em moluscos quinzenalmente em 30 desses pontos. Foi realizado o monitoramento quinzenal dos níveis de coliformes nas águas de 50 rios que deságuam nessas baías.

PRINCIPAIS RESULTADOS:

- Os níveis de coliformes na água drenada por rios de bacias hidrográficas atendidas ou não por sistemas de coleta e tratamento de esgoto na região da Grande Florianópolis não diferem significativamente, o que indica ineficiência dos

sistemas atualmente em operação.

- Foram detectadas correlações diretas entre a população humana residente em bacias hidrográficas que deságuam em até 3 km das fazendas marinhas e os níveis de coliformes na água e nos moluscos.

- Foram detectadas correlações entre a chuva e a radiação solar com os níveis de coliformes na água das baías da ilha de SC. A correlação com a chuva é direta, isto é, quanto maior os níveis de chuva, maiores os níveis de poluição fecal na água, enquanto a correlação com a radiação solar é inversa.

DESAFIOS

- Resultados de análises de balneabilidade realizadas há anos em SC indicam que a qualidade microbiológica das águas costeiras está piorando, apesar dos investimentos em sistemas de coleta e tratamento de esgoto nos últimos anos.

- Os resultados evidenciam que os níveis de coliformes em fazendas marinhas servem como um bom indicador dos níveis de poluição fecal que atingem essas áreas, em SC principalmente aquela gerada pelas cidades. Porém, esse parâmetro não serve como indicador dos impactos ambientais causados pelo cultivo de moluscos. Coliformes são bactérias que indicam a presença de fezes de animais de sangue quente, que não é o caso dos bivalves.

SOLUÇÕES

- São necessários investimentos em estrutura de coleta e tratamento de esgotos em SC. É preciso ainda verificar a causa da ineficiência dos sistemas atualmente implementados. Esforços para a verificação de irregularidades nas atuais ligações e incentivo à ligação às redes de coleta de esgoto já instaladas são necessárias.

- Futuros projetos devem investigar os impactos dos cultivos de moluscos sobre o meio ambiente

em Santa Catarina por meio do monitoramento de parâmetros adequados a esse fim.

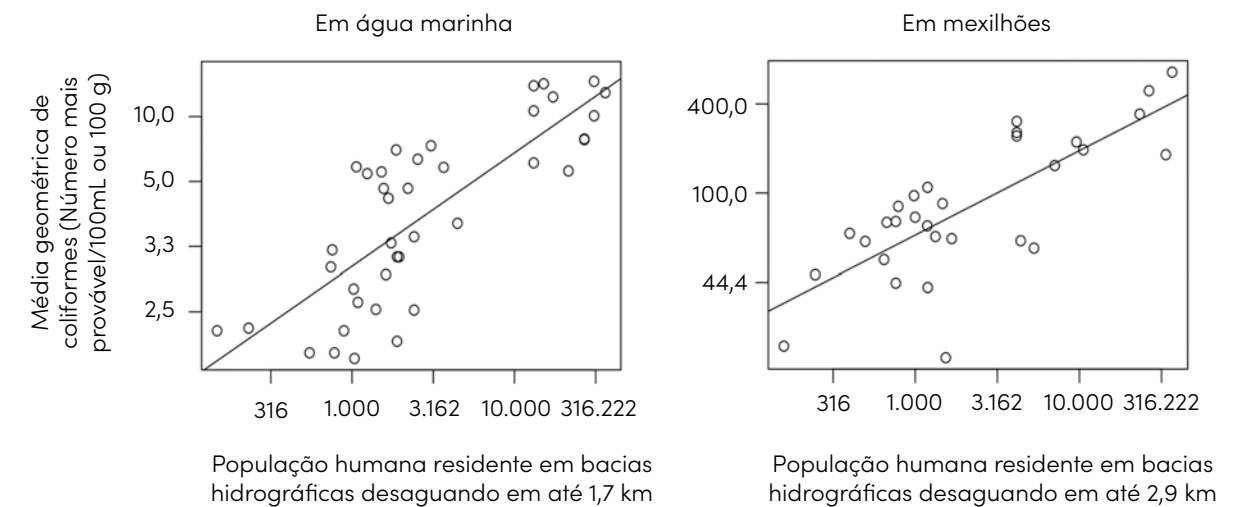


Figura. Modelos desenvolvidos para prever níveis de coliformes em água e mexilhões em fazendas marinhas das baías da ilha de SC com base na população humana residente nas bacias hidrográficas desaguando em até 1,7 km e 2,9 km.

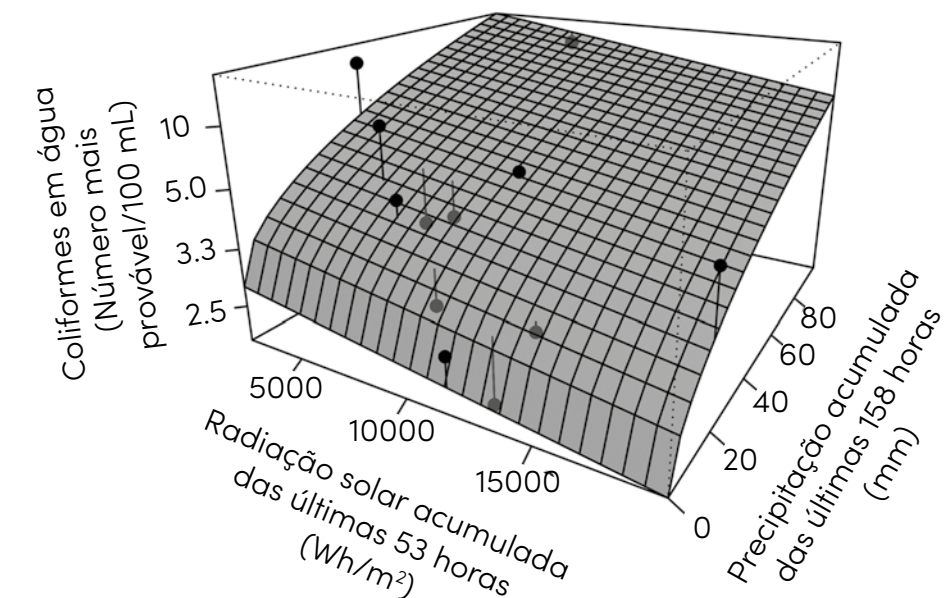


Figura. Modelo desenvolvido para prever níveis de coliformes na água das fazendas marinhas de SC com base na radiação solar e precipitação acumuladas.

Coordenadores:

Dr. Robson Ventura de Souza - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br
Luis Hamilton Pospissil Garbossa - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. e-mail: luisgarbossa@epagri.sc.gov.br

DADOS PUBLICADOS EM:

Garbossa, LHP; Souza, RV; Campos, CJA; Vanz, A.; Vianna, LFN; Rupp, GS Thermotolerant coliform loadings to coastal areas of Santa Catarina (Brazil) evidence the effect of growing urbanisation and insufficient provision of sewerage infrastructure. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2017. v. 189, n. 27, p. 1-12.
Souza, RV; Campos, CJA; Garbossa, LHP; Seiffert WQ Developing, cross-validating and applying regression models to predict the concentrations of faecal indicator organisms in coastal waters under different environmental scenarios. *Science of the Total Environment*, v. 630, p. 20-31, 2018.
Souza, RV; Campos, CJA; Garbossa, LHP; Vianna, LFN; Seiffert, WQ Optimising statistical models to predict faecal pollution in coastal areas based on geographic and meteorological parameters. *Marine Pollution Bulletin*, v. 129, p. 284-292, 2018.

Análises de Metais e Pesticidas em Moluscos Bivalves Produzidos em Santa Catarina

Robson Ventura de Souza¹, André Luis Tortato Novaes¹, Alex Alves dos Santos¹.

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

A Epagri realizou quatro estudos ao longo dos últimos dez anos que envolveram a quantificação de níveis de metais pesados em moluscos (osstras *Crassostrea gigas* e mexilhões *Perna perna*) produzidos em estruturas flutuantes na costa do estado de Santa Catarina (SC). Um desses estudos investigou ainda a presença de pesticidas nos moluscos com o mesmo objetivo. Esse trabalho objetiva proteger a saúde dos consumidores desses organismos.

ESTUDOS REALIZADOS

2008 - Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina – foram quantificados os níveis de chumbo, cobre e mercúrio em moluscos provenientes de seis localidades, envolvendo os municípios de São Francisco do Sul, Penha, São José e Bombinhas. Foi obtida uma amostra de moluscos por localidade.

2009/2010 – Controle Higiênico-sanitário de Moluscos Bivalves no Litoral de Santa Catarina – Foram quantificados os níveis de chumbo, cobre, cádmio, mercúrio e zinco em amostras de moluscos coletadas em 38 pontos onde se cultivam moluscos bivalves em Santa Catarina, envolvendo os municípios de Palhoça, São José, Florianópolis, Biguaçu, Governador Celso Ramos, Bombinhas, Porto Belo, Itapema, Balneário Camboriú, Penha, Balneário Barra do Sul e São Francisco do Sul. Foram coletadas de três a quatro amostras por ponto ao longo de um ano.

2012/2013 – Estudo ambiental para o ordenamento de parques aquícolas destinados ao cultivo de moluscos bivalves de acordo com padrões internacionais. Foram quantificados os níveis de arsênio, cádmio, chumbo, cobre e níquel em qua-

tro amostras de cada um dos 28 locais monitorados, envolvendo os municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Governador Celso Ramos. Em 14 desses pontos foram estudados os níveis de pesticidas em moluscos em quatro campanhas ao longo de um ano, tendo sido investigados 196 compostos pesticidas, incluindo 19 organoclorados.

2014/2015 – Caracterização analítica e sensorial de ostras produzidas em três estados brasileiros – Foram quantificados os níveis de zinco, arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio em quatro amostras obtidas em cada uma das sete localidades estudadas, envolvendo os municípios de Florianópolis, Governador Celso Ramos e São Francisco do Sul.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Nenhuma das amostras apresentou níveis de metais acima do previsto na legislação brasileira¹ nos estudos realizados em 2008 e em 2012/2013.

- No levantamento realizado em 2009/2010, foram detectados níveis de zinco acima do limite de 50 mg/kg previsto na legislação brasileira¹ em dois dos 38 locais monitorados: uma de três amostras coletadas no Canal do Linguado em Balneário Barra do Sul, e uma de quatro amostras obtidas em Estaleiro em São Francisco do Sul.

- No levantamento realizado em 2014/2015, foram detectados níveis de arsênio acima do limite de 1,0 mg/kg previsto na legislação² em cinco de sete localidades estudadas. Estiveram acima deste limite: duas de quatro amostras coletadas em Fazenda da Armação no município de Governador Celso Ramos; uma de três amostras coletadas em Freguesia do Ribeirão, Costeira do Ribeirão e Caieira da Barra do Sul, no município

de Florianópolis; e uma de três amostras em Praia de Fora, município de Palhoça.

- Em relação ao estudo sobre pesticidas realizado em 2012/2013, nenhuma das amostras analisadas apresentou níveis acima dos limites detectáveis pelos métodos utilizados.

DESAFIOS

- O cultivo de moluscos, a princípio, não envolve o uso de substâncias químicas (Ex: fertilizantes, antiparasitários), tampouco utiliza rações para alimentar os animais. Portanto é razoável concluir que os metais pesados concentrados

pelos moluscos estejam disponíveis no ambiente de cultivo, seja por presença na zona costeira ou por resultado de ação antrópica. Os estudos não investigaram a fonte dos metais encontrados em níveis superiores aos previstos em legislação.

SOLUÇÕES

- É preciso investigar a fonte dos metais que foram identificados em níveis superiores aos previstos na legislação.
- É necessário averiguar a significância desses resultados para a saúde dos consumidores de moluscos.



Foto. Ostras *Crassostrea gigas*. Crédito: Epagri.

Coordenadores:

Dr. Robson Ventura de Souza – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – e-mail: robsonsouza@epagri.sc.gov.br

André Luis Tortato Novaes – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – e-mail: novaes@epagri.sc.gov.br

Alex Alves dos Santos – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – e-mail: alex@epagri.sc.gov.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Souza, RV; Garbossa LHP; Campos, CJA et al. (2016). Metals and pesticides in commercial bivalve mollusc production areas in the North and South Bays, Santa Catarina (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, v.105-1, p. 377-384.

¹ Decreto Presidencial Nº 55871, publicado em 26 de março de 1965, que modifica o Decreto Nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto Nº 691, de 13 de março de 1962.

² Resolução Anvisa RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013.

Monitoramento Ambiental no Parque Aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói, Penha (SC) – Uma Abordagem Multidisciplinar

Gilberto Caetano Manzoni¹, Adriano Weidner Cacciatori Marenzi¹, Jose Gustavo Natorf de Abreu¹, Katia Naomi Kuroshima¹ e Tito Cesar Marques de Almeida¹.

¹Universidade do Vale do Itajaí – Escola do Mar, Ciência e Tecnologia.

O cultivo de moluscos marinhos na Enseada da Armação do Itapocorói, Penha-SC, teve o seu início em 1994, paralelamente a implantação do Centro Experimental de Maricultura (CEMar) do curso de oceanografia da Universidade do Vale do Itajaí, em Itajaí-SC. As primeiras pesquisas foram direcionadas ao desenvolvimento da tecnologia de cultivo, repasse das informações a comunidade e de monitoramento ambiental. Possibilitando um rápido incremento na produção de moluscos, atingindo em 2000 a produção de 3,5 mil toneladas/ano, sendo naquele momento o maior parque de cultivo de moluscos no Brasil (Manzoni, 2005). As espécies cultivadas são o mexilhão *Perna perna*, a ostra japonesa *Crassostrea gigas* e a vieira *Nodipecten nodosus*.

Ao longo dos anos, vários trabalhos de monitoramento ambiental foram realizados no Parque Aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói (PAEAI) analisando parâmetros coletados em áreas com cultivo e comparação com áreas controle (sem cultivo).

Inicialmente são destacados trabalhos com enfoque na influência na qualidade da água:

- Chevarria (1999), realizou o monitoramento de parâmetros físico-químicos *in situ* com uso de sonda multiparâmetro (Horiba U-10), de nutrientes inorgânicos (APHA/AWWA/WEF,1999) e clorofila-a (HPLC). Kuroshima et al. (2010) e Pedrosa (2011), reuniram informações destes parâmetros monitorados por 12 anos (1996 a 2008), totalizando 546 amostragens, em áreas com e sem cultivo.
- Souza (2013) avaliou a influência dos cultivos nas interações de material orgânico (nitrogênio-NOT, fósforo-FOT e carbono orgânico total-COT) no sedimento superficial, no material particulado em suspensão (MPS) e na coluna d'água, identificando as concentrações dos nutrientes inorgânicos e orgânicos nas formas dissolvidas e particuladas, bem como a taxa de sedimentação. Os

nutrientes inorgânicos, o NOT e POT, foram determinados através do método colorimétrico clássico, enquanto o COT por titulometria. A temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido foram medidos *in situ* (sonda Horiba U-10) e a taxa potencial de sedimentação, de acordo com metodologia proposta por Schettini et al. (1997).

- Oliveira (2016) analisou a concentração de nutrientes (nitrato, nitrito, amônio e fosfato), clorofila-a, material particulado em suspensão, carbono orgânico particulado, oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade, em diferentes sistemas de cultivo (monocultivos de moluscos e sistemas multitróficos com peixes, algas e moluscos).

Também foram realizadas pesquisas com a finalidade de verificar a influência do cultivo no sedimento, na interface com a água e na fauna bentônica, bem como o papel da dinâmica oceanográfica na dispersão destes materiais e nutrientes na região de cultivo.

- Schettini et al. (1997; 1999) e D'aquino (2006), realizaram avaliação da taxa de sedimentação e analisaram aspectos hidrodinâmicos da Enseada.
- A influência do cultivo no habitat bentônico (sedimentos e macrofauna) no PAEAI foi inicialmente avaliada por Marenzi (2002) em três pontos, considerando o tempo e a intensidade dos cultivos, durante um ano (julho de 1999 a junho de 2000), através de teores de materiais minerais e biogênicos no sedimento, bem como a composição e a estrutura da comunidade bentônica.
- Rosa (2004) realizou a caracterização sedimentológica e morfológica da plataforma interna da Enseada e a sua relação com o cultivo de moluscos.
- Martins (2011) realizou avaliações na composição sedimentologia e da macrofauna bentônica, como uma ferramenta de avaliação da influência do cultivo de moluscos na Enseada.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Chevarria (1999), Kuroshima et al. (2010) e Pedrosa (2011) caracterizaram os parâmetros ambientais da Enseada (Tabela). As concentrações de amônio (NH₄⁺) apresentaram valores máximos no outono, período onde a atividade biológica começa a declinar e a mínima no inverno, devido a intensa atividade biológica associada ao consumo de amônio. Destaca-se porem que não foram identificadas diferenças significativas entre os pontos amostrados na área de produção com a área controle.
- Souza (2013) também não encontrou diferença entre os pontos das áreas de produção e controle para os parâmetros ambientais. Por outro lado, o MPS foi variável quanto às concentrações dos nutrientes orgânicos, mostrando-se dependente não apenas da presença dos organismos cultivados, mas também da sazonalidade

e hidrodinâmica local, que atuam como agente de transporte desse material.

A taxa potencial de sedimentação do MPS nos cultivos foi, em média, três vezes maior que na área externa ao cultivo, e maior na primavera, consequência da maior densidade de organismos cultivados. Dessa forma, ocorrem maiores concentrações dos nutrientes que chegam ao sedimento nestes locais. As razões C:N:P demonstraram que o material orgânico presente no ambiente está enriquecido de fósforo ou empobrecido de carbono e nitrogênio, com razões que variam entre (83-42):(3-5):1, enfatizando o poder de adsorção do fosfato ao MPS. Os resultados evidenciam que os cultivos estão, de fato, contribuindo com a taxa de sedimentação no ambiente, sendo que os maiores valores foram observados próximas do fundo, evidenciando a contribuição das correntes de fundo, na ressuspensão do material sedimentado.

Tabela. Valores médios mensais (MED) e desvio padrão (DP) de parâmetros medidos entre 1996 e 2008 na área de cultivo de moluscos bivalves, situada em Armação do Itapocorói, Penha-SC.

	Médio	Mínimo	Máximo
temperatura da água	22°C	12°C	30,5°C
salinidade	32,06 psu	21,8	37,0
clorofila-a	2,48 gL ⁻¹	0,1	15,65 gL ⁻¹
transparência	2,7 ± 1,1m	0,70 m	8,2 m
nitrato (NO ₃ ⁻)	2,1 ± 2,3 µmol l ⁻¹	0,007 µmol l ⁻¹	13,9 µmol l ⁻¹
nitrito (NO ₂ ⁻)	0,2 ± 0,2 µmol l ⁻¹	0,001 µmol l ⁻¹	1,8 µmol l ⁻¹
amônio (NH ₄ ⁺)	5,3±5,4 µmol l ⁻¹	0,092 µmol l ⁻¹	48,4 µmol l ⁻¹
silício (H ₂ SiO ₄ ⁻)	15,5±8,9 µmol l ⁻¹	0,157 µmol l ⁻¹	46,5 µmol l ⁻¹
fosfato (PO ₄)	0,5±0,6 µmol l ⁻¹	0,001 µmol l ⁻¹	4,2 µmol l ⁻¹



Foto. Área de cultivo de moluscos e peixes na Enseada da Armação do Itapocorói (Penha, SC). Crédito: UNIVALI/CEMar.

- Apesar das estruturas e os organismos cultivados estarem contribuindo na taxa de sedimentação isso parece não estar interferindo na concentração dos nutrientes dissolvidos na água, pois de acordo com Oliveira (2016) os parâmetros físico-químicos monitorados nas áreas de cultivo não apresentaram diferença significativas com o controle corroborando com resultados de Chevarria (1999), Kuroshima et al. (2010), Pedrosa (2011) e Souza (2013).

- A similaridade entre os parâmetros monitorados nas áreas de produção e controle, possivelmente seja resultante da hidrodinâmica do local, onde a água da enseada é renovada em questão de dias (SCHETTINI et al., 1997).

- Mesmo os parâmetros monitorados estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 357/2005, os cultivos parecem estar contribuindo na alteração na qualidade da água da Enseada, porém de maneira gradual e lenta.

- Os resultados de Marenzi (2002) indicaram que os teores de carbonatos, silte e cascalho, foram mais elevados nos locais onde o cultivo é mais intenso, contudo não foi observada diferença quanto à matéria orgânica. Porém, há indicativo de uma maior abundância e densidade da fauna bentônica no inverno e outono, nas áreas sem cultivos, com destaque aos moluscos detritívoros. A maior riqueza e diversidade foram detectadas no inverno e verão em locais onde o cultivo é mais intenso, com participação maior de poliquetas. A ação indireta dos ventos, que promove um maior hidrodinamismo na região, parece ser o fator determinante na constituição do sedimento e na estrutura e composição da fauna bentônica. Conclui-se que após 6 anos os cultivos de moluscos na região não causaram impacto direto no ambiente bentônico da Enseada.

- Rosa (2004) confirma que as formas do fundo e a distribuição dos sedimentos na plataforma interna da Enseada é coberta por sedimentos predominantemente arenosos, com manchas isoladas de lama. Nas áreas de cultivo foi observado um teor acentuado de carbonato biodetrítico, porém, os valores de matéria orgânica não foram superiores. O material de origem orgânica rejeitado pelos organismos cultivados bem como as fezes produzidas estão sofrendo influência da hidrodinâmica local, o que acarreta na sua dispersão.

- Martins (2011) confirma que a distribuição dos sedimentos guarda uma estreita relação com a profundidade e com a hidrodinâmica, pois apesar da enseada ser um local parcialmente abrigado, no seu interior operam processos hidrodinâmicos, onde os níveis energéticos são maiores na área externa e nos pontos próximos aos costões. As maiores concentrações de matéria orgânica não estiveram associadas ao cultivo e sim aos sedimentos finos depositados nas áreas mais pro-

fundas da enseada. As análises multivariadas revelaram a presença de quatro associações faunísticas cuja distribuição espacial esteve relacionada principalmente com variações nas características dos sedimentos. Entretanto, os resultados deste trabalho sugerem que a presença dos cultivos na enseada, após 16 anos, já começa a atuar como fonte de estresse capaz de elevar os valores de abundância e diversidade da macrofauna bentônica nas proximidades dos cultivos.

Por outro lado, todos os trabalhos indicam que a dinâmica oceanográfica da região tem um papel fundamental na mitigação destes impactos.

- D'Aquino (2006) afirma que as ondas desempenham o papel mais importante sobre a dinâmica dos sedimentos finos da enseada, sendo as principais responsáveis pela ressuspensão dos mesmos, tanto por desintegração das pelotas fecais, como pela transferência de energia para o fundo através da tensão de cisalhamento de ondas.

- Outro fator importante na dispersão de material particulado em suspensão na enseada é a taxa de renovação das águas. Segundo Schettini et al. (1997) a renovação diária causada pelo prisma de maré na Enseada fornece um T50% = 3,6 dias (taxa de renovação de 50% do volume). Isto indica que o transporte de partículas em suspensão é bastante ativo, desfavorecendo a deposição.

- A compilação dos resultados dos trabalhos realizados no PAEAI ressalta a importância da realização de monitoramento contínuo das regiões onde os cultivos estão instalados, não somente de parâmetros na coluna d'água, conforme preconiza a Resolução do CONAMA N° 357/2005, mas também da interface sedimento e água nos locais com e sem cultivos de moluscos.

DESAFIOS

- Incluir nos programas de monitoramento ambientais parâmetros que possibilitam identificar os potenciais impactos da atividade de cultivo na interface sedimento e água, em locais com e sem cultivo.

- Realizar estudos de caracterização da hidrodinâmica local em regiões aquícolas.

SOLUÇÕES

- Recomenda-se que os cultivos sejam alocados em regiões sujeitas a uma maior dinâmica costeira, que promova a renovação da água e impeça a formação de biodepósitos, para minimizar os impactos originários da atividade e garantir a sustentabilidade ambiental da região e da própria atividade de malacocultura.



Figura. Delimitação do Parque Aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói (Penha, SC), onde observa-se na cor cinza e verde áreas de cultivo de moluscos e em laranja tanques-rede de peixes. Crédito: UNIVALI/CEMar.

Coordenador:

Dr. Gilberto Caetano Manzoni – Centro Experimental de Maricultura – Curso de Oceanografia – Escola do Mar, Ciência e Tecnologia – Universidade do Vale do Itajaí. e-mail: manzoni@univali.br

DADOS PUBLICADOS EM:

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Brasília. 2005.

Chevarria, GG (1999) Caracterização biogeoquímica de uma área de cultivo de moluscos – Enseada de Armação do Itapocorói – Penha/SC. Monografia. Universidade do Vale do Itajaí. Oceanografia. 60p.

D'Aquino, CA; Schettini, CAF; Carvalho de, CEV (2006) Dinâmica de sedimentos finos em zonas de cultivo de moluscos marinhos. *Atlântica*, Rio Grande, 28(2): 103-116.

Kuroshima, KN; Pedrosa, JP; Tamanaha, MS; Proença, LAO (2010). Monitoramento de Longo Período (12 anos) da Qualidade de Água em Áreas de Cultivo de Moluscos, Armação do Itapocorói, Penha, Santa Catarina. Livro de resumos III Congresso Brasileiro de Oceanografia. CBO'2010. pg 3409-11. Rio Grande, FURG, RS.

Manzoni, GC (2005) Cultivo de Mexilhões *Perna perna*: Evolução da atividade no Brasil e avaliação econômica da realidade de Santa Catarina. Tese de Doutorado, Centro de aquicultura – CAUNESP, Universidade do Estado de São Paulo, 264p.

Marenzi, AWC (2002) Influência do Cultivo de Mexilhões sobre o Habitat Bentônico na Enseada de Armação do Itapocorói, Penha, SC. Tese (doutorado). São Carlos: UFSCar, 113p.

Martins, MO (2011) Análise da distribuição espacial da macrofauna e sua interação com o sedimento, como subsídio a gestão do parque aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói/sc. Tese de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Itajaí, SC.

Oliveira, GB (2016) Desenvolvimento dos moluscos: *Perna perna* e *Nodipecten nodosus*, em sistemas de monocultivo e multitrófico na Armação do Itapocorói (Penha-SC). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Oceanografia, Universidade do Vale do Itajaí – Univali, Itajaí, 52 p.

Pedrosa, JP (2011) Monitoramento de Longo Período (12 anos) da Qualidade de Água em Áreas de Cultivo de Moluscos, Armação do Itapocorói, Penha, Santa Catarina. 2011. 53 f. TCC (Graduação).

Rosa, FD (2004) Caracterização Sedimentológica e Morfológica do Parque Aquícola da Enseada da Armação do Itapocorói, Município de Penha/SC. 2004. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Oceanografia, Universidade do Vale do Itajaí – Univali, Itajaí.

Schettini, CAF; Carvalho, JLB; Trucolo, EC (1997) Aspectos hidrodinâmico da Enseada da Armação do Itapocorói, S.C. **Notas Técnicas da Facimar**, 3:99-109.

Schettini, CAF; Resgalla JRC; Kuroshima, KN (1999) Avaliação da taxa de sedimentação na região de cultivo de moluscos na Enseada da Armação de Itapocorói – SC. **Notas Técnicas da Facimar**, 1:1-8.

Souza, GK de (2013). Avaliação da influência da maricultura no ciclo do Material orgânico na enseada da Armação do Itapocorói, Penha-SC. 2013. 50f. TCC (Graduação) – Curso de Oceanografia, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí.

Densidade de Coliformes em Águas de Cultivo de Ostras e sua Relação com Fatores Ambientais

Luciene Mignani¹, Edison Barbieri² e Helcio Luis de Almeida Marques².

¹Consultora Especialista em Licenciamento Ambiental; ²Instituto de Pesca de São Paulo – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

O trabalho visa avaliar a concentração de coliformes totais e termotolerantes presentes na água de cultivo da ostra *Crassostrea sp.*, em tabuleiros fixos, em Cananéia (SP), correlacionando essa concentração com algumas variáveis ambientais e com a variação das marés. Foram coletadas amostras de águas superficiais em duas condições de maré (sizígia e quadratura) em três áreas da região. As coletas foram realizadas mensalmente pela manhã nas três estações, alternando as amostras durante a maré de sizígia e de quadratura, e assim sucessivamente. Nas estações Mandira (24°59'55.9"S; 48°01'11.4"O), área mais extensa de cultivo de ostras, e Itapitanguí (24°58'19.8"S; 47°59'00.5"O) área onde há maior risco de contaminação, o período amostral se estendeu de março de 2007 a fevereiro de 2008, totalizando 12 amostras. Na estação Cooperostra (24°57'43.40"S; 47°54'38.48"O) o período amostral se deu de abril de 2007 a setembro de 2008, totalizando 17 meses amostrais. Foram realizadas Análises dos Componentes Principais (PCA) correlacionando com os parâmetros monitorados.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- As três áreas estudadas apresentaram boas condições para cultivo quanto à densidade de coliformes, seguindo os padrões de qualidade da água determinados pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.
- Foram registradas diferenças significativas na concentração de coliformes totais entre as condições de marés.
- Nenhuma correlação foi observada entre a temperatura da água, o pH e as concentrações de coliformes totais e termotolerantes.
- Através da PCA foi observada relação positiva dos coliformes com a salinidade e com pH na maré de sizígia.

- O número de coliformes foi significativamente diferente nas marés de sizígia e de quadratura.
- Verificou-se que o real impacto nas águas das áreas amostrais esteve relacionado com períodos com maiores índices pluviométricos, durante o verão, com maior influência na maré de quadratura.
- Concluiu-se que os altos índices de coliformes termotolerantes possivelmente estão associados ao aumento do turismo na região e as águas carregadas por lixiviação.

RESULTADOS

- Correlação negativa entre salinidade e níveis de coliformes totais e termotolerantes.
- Os maiores índices de coliformes totais e termotolerantes foram registrados durante a maré de quadratura.
- Um aumento de coliformes termotolerantes foi observado no verão.
- Observou-se uma relação positiva entre coliformes com a salinidade e com pH na maré de sizígia.
- Maiores índices de coliformes estiveram relacionados com períodos chuvosos, possivelmente devido a lixiviação, com maior influência na maré de quadratura.
- Altos índices de coliformes termotolerantes foram associados ao aumento do turismo na região.

DESAFIOS E SOLUÇÕES

- O simples diagnóstico das condições ambientais é insuficiente para avaliar a qualidade da água de cultivo de ostras. Um programa de monitoramento contínuo de áreas de cultivo é necessário tanto para avaliar o potencial dessas águas

e o impacto da atividade para o ambiente, como garantir o consumo seguro de frutos do mar, além de constituir-se como instrumento importante

para a compreensão das relações entre a contaminação por coliformes e as variáveis ambientais envolvidas.



Figura 1. Área de cultivo de ostras nativas em tabuleiros fixos (mesas) em Cananéia/SP. Crédito: Luciene Mignani.

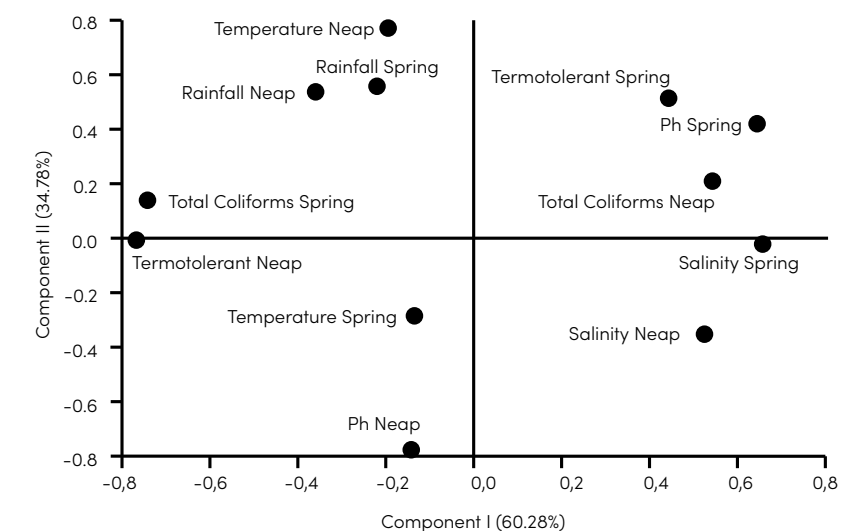


Figura 2. Correlação linear através da Análise dos Componentes Principais (PCA) entre os dados ambientais, densidades de coliformes totais e termotolerantes e marés (quadratura e sizígia). Fonte: Mignani et al., 2013.

Coordenadores:
Me. Luciene Mignani – consultora especializada em licenciamento ambiental.
e-mail: lucienemignani@yahoo.com.br
Dr. Edison Barbieri – Instituto de Pesca – e-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Mignani, L.; Barbieri, E.; Marques, HLA et al. (2013) Coliform density in oyster culture waters and its relationship with environmental factors. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.48, n.8, p.833-840.

Monitoramento Microbiológico de Ostras de Cultivo

Edison Barbieri¹ e Ana Julia Fernandes Cardoso Oliveira².

¹Instituto de Pesca, Agência Paulista dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, ²Universidade Estadual Paulista.

Os objetivos do monitoramento realizado em Cananéia são:

- Avaliar a qualidade das águas nas adjacências de bancos naturais.

- Avaliar a contaminação de *Crassostrea sp* por *Salmonella sp.*, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Staphylococcus coagulase* positiva, em exemplares coletados em áreas naturais de cultivo e dos produtores, avaliando o grau de contaminação dos organismos e a eficiência do processo de depuração.
- Avaliar a presença de adenovirus e rotavirus nas ostras consumidas.

ANÁLISE DA ÁGUA

As determinações das densidades de coliformes totais e termotolerantes são realizadas através da técnica de tubos múltiplos (APHA, 2012) e

para coliformes termotolerantes o Caldo EC. Para determinação de *Escherichia coli*, são utilizadas as técnicas de Membrana Filtrante (APHA, 2012) utilizando-se o meio de cultura Ágar mTEC. Para confirmação é utilizada a técnica de substrato de ureia.

ANÁLISES DAS OSTRAS

Para as análises das densidades de coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a Técnica de Tubos Múltiplos (APHA, 2012). A determinação das densidades de *Staphylococcus coagulase* positiva foi feita pelo método de *spread plate*, utilizando o meio de cultura Agar Baird Parker.

RESULTADOS

- Apesar do percentil de dados de coliformes apresentarem acima do limite permitido, a con-

- centração estava abaixo do padrão estipulado pela legislação vigente.
- Houve correlação positiva entre coliformes e pluviosidade e negativa em relação a salinidade.
 - Preamar de Sizígia diferiu significativamente dos outros estofos em relação à concentração de coliformes.
 - Houve uma correlação forte das concentrações de coliformes entre a água e o tecido da ostra, concluindo que a qualidade bacteriológica dos moluscos bivalves refletiu a qualidade da água analisada.
 - Apesar da eficiência no processo de depuração, as concentrações relativamente significantes de *Staphylococcus coagulase* positiva são um indicativo de uma possível contaminação cruzada dentro da cooperativa, proveniente da manipulação das ostras pelos cooperados, o que indica a necessidade de ações visando a adoção de boas

- práticas de higiene para os manipuladores de ostras a fim de garantir a segurança e uma maior qualidade do produto.
- Ainda são necessários mais estudos com relação a diversos fatores, tais como a contaminação por outros microrganismos, incluindo vírus e bactérias patogênicas e a presença de bactérias resistentes a agentes antimicrobianos, além de desenvolvimento de outras técnicas que aumentem a eficiência do processo.

SOLUÇÕES

- Tratamento de 100% do esgoto liberado no estuário pela SABESP.

DESAFIOS

- O contínuo monitoramento e recurso para esse objetivo.

Tabela 1. Média geométrica dos coliformes totais e termotolerantes em relação à sazonalidade e seus desvios padrões geométricos entre parênteses em Número Mais Provável por 100mL. E média das variações ambientais de salinidade, temperatura (°C), pluviosidade (mm/dia) e pH e seus respectivos desvios padrões entre parênteses.

	Colif. Totais	Col. Termot.	Salinidade	Temperatura	Pluviosidade	pH
Outono	32,89 (2,95)	17,10 (2,95)	18,50 (4,27)	22,90 (2,84)	2,54 (2,00)	7,36 (0,56)
Inverno	24,29 (4,58)	11,19 (3,31)	20,62 (4,43)	19,62 (2,12)	1,44 (1,70)	7,20 (0,61)
Primavera	25,71 (4,22)	16,46 (5,45)	16,60 (5,37)	23,58 (1,59)	0,54 (0,64)	7,09 (0,62)
Verão	110,23 (4,68)	41,69 (4,00)	12,30 (6,59)	26,33 (1,64)	1,60 (1,50)	6,98 (0,58)

Tabela 2. Teste não paramétrico de Friedman comparando as concentrações de coliformes totais e termotolerantes entre os estofos de preamar e baixa-mar, e os estofos de sizígia e quadratura (graus de liberdade 3, $\alpha < 0,05$). Em negrito os valores que apresentaram diferença significativa.

Estofos	Coliforme total	Coliforme termotolerantes
Preamar Sizígia x Baixa-mar Sizígia	0,02664	0,001831
Preamar Sizígia x Preamar Quadratura	0,000885	0,02124
Preamar Sizígia x Baixa-mar Quadratura	0,0003357	0,01062
Baixa-mar Sizígia x Preamar Quadratura	0,1598	0,006225
Baixa-mar Sizígia x Baixa-mar Quadratura	0,9875	0,05145
Preamar Quadratura x Baixa-mar Quadratura.	0,6698	0,9032

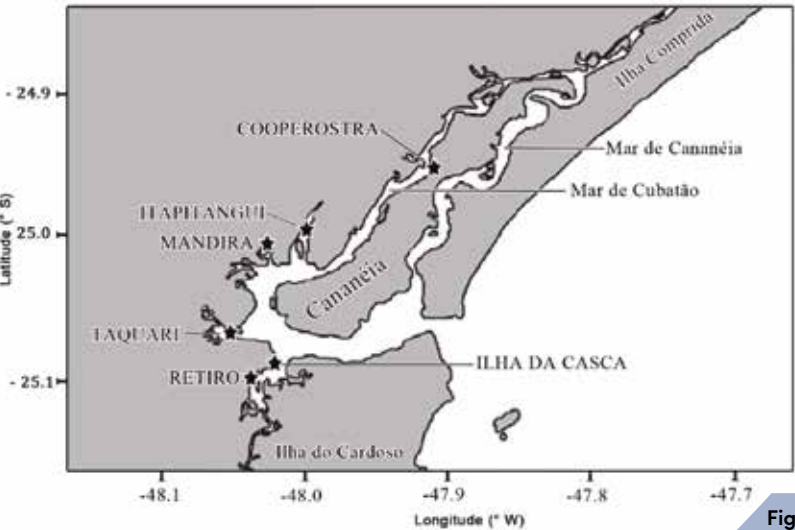


Figura. Localizações dos pontos de coleta da água para análise colorimétrica e mensuração dos dados ambientais in situ. Crédito: Edison Barbieri.

DADOS PUBLICADOS EM:
Barbieri, E; Bondioli, AC; Woiciechowski, E (2012) Microbiology quality of the oysters cultivation water marketed in Cananéia-SP, Brazil. **O Mundo da Saúde**, v. 36, p. 541-547.
Barbieri, E; Collaço, FL; Doi, SA et al. (2017) **Microbiology as an indicator of environmental health of Ilha Comprida lagoons- SP.** **O Mundo da Saúde**, v. 40, p. 507-520.
Ballesteros, ER; Barbieri, E; Pinto, AB et al. (2016) **Qualidade microbiológica de ostras (*Crassostrea sp*) e de águas coletadas em cultivos e em bancos naturais de Cananéia (SP).** **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, p. 134-144.
Doi, SA; Barbieri, E; Marques, HLA (2014) Densidade colimétrica das áreas de extrativismo de ostras em relação aos fatores ambientais em Cananéia (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 165-171.
Doi, SA; Oliveira, AJFC; Barbieri, E (2015) Determinação de coliformes na água e no tecido mole das ostras extraídas em Cananéia, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 111-118.
Zampieri, DBB; Oliveira, RS; Pinto, AB et al. (2017) **Comparison of bacterial densities and resistance in different beach compartments: should water be our main concern?** **O Mundo da Saúde**, v. 40, p. 461-482.

Coordenador:
Dr. Edison Barbieri -
Instituto de Pesca- e-mail:
edisonbarbieri@
yahoo.com.br

Monitoramento de Elementos Traços em Ostras de Cultivo

Edison Barbieri¹ e Marcelo Barbosa Henriques¹.
¹Instituto de Pesca, Agência Paulista dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

O monitoramento realizado com o objetivo de determinar as concentrações de elementos traço (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) em ostras *Crassostrea sp* para avaliar e comparar os resultados com as normas brasileiras que estabelecem concentrações máximas permitidas para o consumo humano. As amostras de ostras são coletadas nas proximidades do Mar de Cubatão, próximo à Co-

operostrea (Cooperativa de Produtores de Ostras), com 4 pontos de coleta definidos: Ilha da Casca (1), Retiro (2), Mandira (3) e Itapitangui (4), locais com denso manguezal e forte extrativismo de bivalves (Figura). No campo, os sedimentos superficiais também são amostrados sendo removidos para análise os primeiros 5 cm do topo.

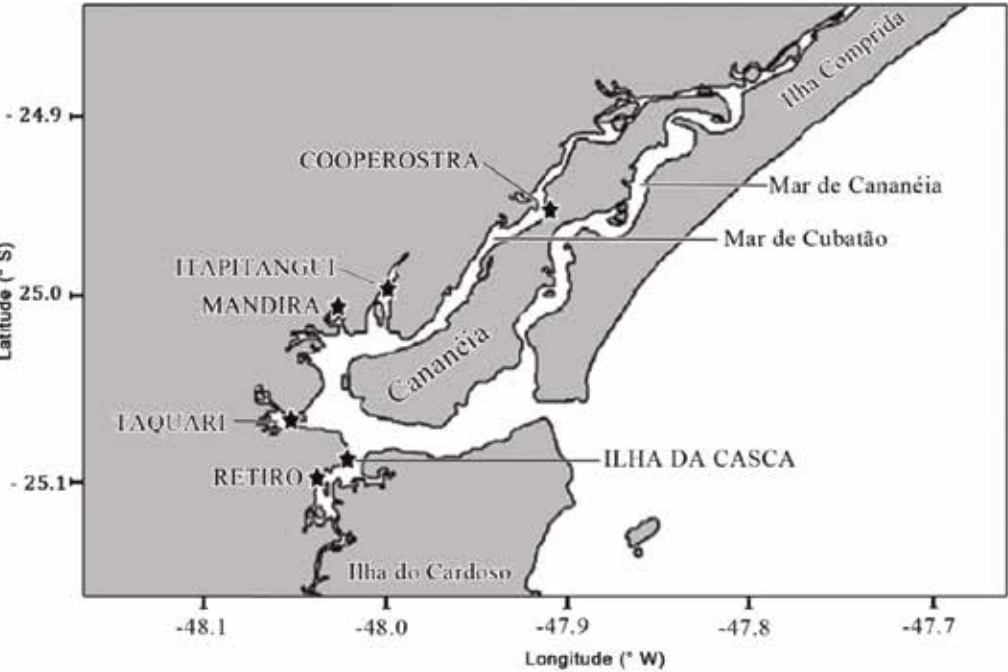


Figura. Localizações dos pontos de coleta de ostras para análise de elementos traços. Crédito: Edison Barbieri.

A determinação dos metais é realizada usando o método proposto pela Agência de Proteção Ambiental sendo determinada a concentração dos metais por Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (Shimadzu, modelo AA-6800). No processo de digestão, foram preparadas três soluções controle (brancos) de modo similar às amostras e para controle de qualidade das análises são analisados juntamente com as amostras o padrão de sedimentos certificado do Rio – NCS DC 75304/China.

RESULTADOS:

- Para as ostras foi preocupante a concentração de Pb.
- Em geral, as concentrações de metais são menores do que aquelas observadas para bivalves da região.

- Os bivalves apresentaram-se como eficiente indicador de bioacumulação para os elementos traços analisados.

SOLUÇÕES

- É necessário a realização de programa de monitoramento continuado com mexilhões e ostras para averiguar a tendência da concentração de elementos traços metálicos na baía de Santos e estuário de Cananéia em decorrência das fontes poluidoras existentes na região e por ocorrer extração para o consumo humano.

DESAFIOS

- Conseguir recursos para continuar o monitoramento.

Tabela 1. Resultados consolidados das análises estatísticas referentes aos valores mínimos e máximos, médias, medianas, desvio padrão e coeficientes de variação por elemento traço em mexilhões (µg.g⁻¹ de peso seco).

Análise	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Mínimo	1000,00	0,24	0,50	4,02	432,0	5,02	4,50	0,30	64,00
Máximo	1764,00	0,88	2,50	8,10	770,00	9,65	1,35	2,50	160,00
Média	1250,77	0,39	1,25	5,46	599,91	7,79	7,72	1,28	90,39
Mediana	1196,00	0,37	1,20	5,26	585,50	8,00	8,29	1,44	88,00
Desvio	188,19	0,12	0,30	0,98	82,08	1,21	1,60	0,66	20,40
Coef Var	15,04	31,59	24,14	18,09	13,68	15,56	20,77	51,83	22,57

Tabela 2. Concentrações mínimas, máximas e médias nos elementos traços metálicos analisados corrigidas para peso úmido e concentrações máximas permitidas em alimentos segundo normas brasileiras – RDC 42/2013 e Decreto 55871/1965 (µg.g⁻¹ de peso úmido) em mexilhões.

	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Mínimo	300,00	0,07	0,15	1,20	129,60	1,50	1,35	0,09	19,20
Máximo	529,20	0,26	0,75	2,43	231,00	2,89	3,40	0,75	48,00
Média	375,23	0,11	0,37	1,63	179,97	2,33	2,31	0,38	27,11
RDC 42/2013	-	2,00	-	-	-	-	-	1,50	-
Dec. 55871/65	-	-	0,10	30,00	-	-	5,00	-	50,00

Coordenador:
Dr. Edison Barbieri - Instituto de Pesca - e-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Barbieri, E; Luchini, LC (2014) Presença de organoclorados em amostras de água e ostras *Crassostrea sp.* do município de Cananéia-SP. *O Mundo da Saúde*, v. 38, p. 66-74.
Barros, D; Barbieri, E (2012) Análise da ocorrência de metais: Ni, Zn, Cu, Pb e Cd em ostras (*Crassostrea brasiliana*) e sedimentos coletados no Estuário de Cananéia, SP (Brasil). *O Mundo da Saúde*, v. 36, p. 635-642.
Campolim, MB; Henriques, MB; Petesse, ML et al. (2017) Metal trace elements in mussels in Urubueçaba Island, Santos Bay, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, p. 1131-1139.

Monitoramento de Amônia, Nitrito e Nitrato nas Águas de Ostras de Cultivo

Edison Barbieri¹ e Marcelo Barbosa Henriques¹.

¹Instituto de Pesca, Agência Paulista dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

A boa qualidade da água é fator imprescindível para o bom desenvolvimento de organismos aquáticos cultivados. Por esse motivo, o objetivo desse monitoramento é avaliar aspectos da qualidade da água de sete áreas aquícolas do estuário de Cananéia e a adequabilidade das mesmas para o cultivo de moluscos bivalves, principalmente a ostra *Crassostrea spp.*

As coletas de água foram realizadas quinzenalmente durante, no mínimo, doze meses consecutivos, sempre nas marés de sizígia e quadratura, e nos mesmos pontos de coleta, demarcados com GPS. As amostras foram coletadas na sub-superfície, por serem áreas de pequena profundidade (em torno de 1 m), onde são cultivadas ostras. Na estação Pontal, apesar de não haver cultivo de ostras, são áreas mais profundas e favoráveis ao cultivo de mexilhões (*Perna perna*). Nessa estação, as amostras foram coletadas a uma profundidade de 1 m.

O número de pontos que foram amostrados em cada estação de coleta dependeu de uma análise prévia do ambiente aquático circunscrito na mesma (Figura). Para tal, foram realizadas 6 campanhas de amostragens preliminares em cada área, durante os 3 meses que antecederam o início efetivo das coletas, sempre durante as marés alta de sizígia e de quadratura, determinando-se os valores de pH, temperatura, transparência, salinidade e condutividade em pontos diversos de cada estação para determinar a existência de homogeneidade da massa d'água local. Feita essa avaliação, foram determinados os pontos de amostragem (um único ponto em cada área, com exceção da área Mandira, que pela sua extensão teve dois pontos de amostra-

gem).

As amostras para análise do nitrogênio amoniacal total (amônia total), teor de nitrito e nitrato foram determinadas conforme procedimento descrito em APHA (2005).

RESULTADOS

• A Resolução CONAMA Nº 357/2005, estabelece valores máximos permissíveis para as concentrações de amônia total, nitrito e nitrato, respectivamente, de 0,4 mg L⁻¹ (11,43 µmol L⁻¹), 0,07 mg L⁻¹ e 0,4 mg L⁻¹ respectivamente, quando se considera águas salobras da Classe 1, destinadas ao cultivo de organismos aquáticos. Os resultados obtidos até o momento encontram-se muito abaixo desses valores, pelo que se conclui que as estações amostradas se encontram aptas ao cultivo de moluscos, do ponto de vista dos íons aqui estudados (Tabela).

• Como não houve diferença entre as estações que fazem a engorda das ostras e a estação Agrossolar (controle), conclui-se que a atividade no estuário de Cananéia não causa incremento significativo nas concentrações de amônia, nitrito e nitrato.

SOLUÇÕES

• No momento não há preocupação com esses fatores que possam comprometer a produção de bivalves.

DESAFIOS

• Recursos para manter o monitoramento.

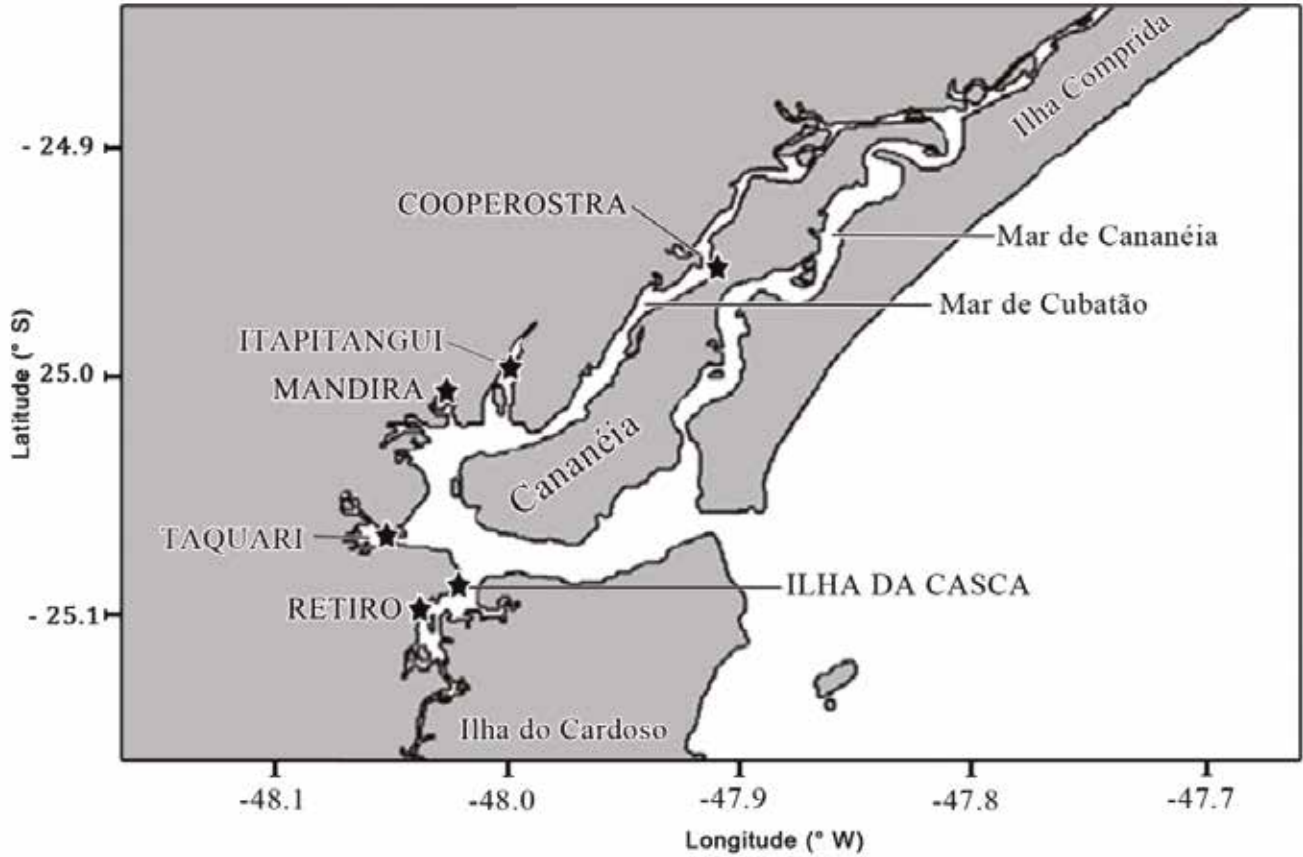


Figura. Localizações dos pontos de coleta par análise de amônia, nitrito e nitrato em cultivos de ostras. Crédito: Edison Barbieri.

Tabela. Variação de concentração de nitrito, nitrato e da amônia (µmol/L) na estação Ilha da Casca, nas marés de quadratura e sizígia.

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Quadratura	Nitrito	0,50	0,50	0,30	0,31	0,25	3,15	2,60	1,50	2,30	0,45	1,50	1,80
	Nitrato	0,50	0,50	1,20	0,40	0,13	0,22	0,15	0,20	0,18	0,90	0,20	0,34
	Amônia	0,50	0,50	1,90	0,90	1,60	1,80	2,90	3,20	2,00	2,00	1,90	1,87
Sizígia	Nitrito	1,15	0,60	0,12	0,15	0,24	0,37	0,81	2,30	2,10	2,30	0,12	2,30
	Nitrato	0,70	0,15	0,80	0,60	0,15	0,35	0,31	0,21	0,19	0,21	0,80	0,78
	Amônia	0,76	0,90	1,20	0,89	1,30	1,20	2,50	2,00	2,20	1,10	1,20	3,20

Coordenador:
Dr. Edison Barbieri -
Instituto de Pesca - e-mail:
edisonbarbieri@yahoo.
com.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Barbieri, E; Doi, AS (2012) Acute toxicity of ammonia on juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) according to the salinity. *Aquaculture International*, v. 20, p. 373-382.
Barbieri, E; Marques, HLA; Bondioli, AC et al. (2014) Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananéia-SP. *O Mundo da Saúde*, p. 105-115.
Barbieri, E; Marquez, HLA; Campolim, MB et al. (2014) Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 13, p. 1-13.
Collaço, FL; Santor, SM; Barbieri, E (2015) Cultivo de Bijupirá (*Rachycentron canadum*) em Cananéia, SP, Brasil. Avaliação da viabilidade utilizando geoprocessamento. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 15, p. 277-289.
Collaço, FL; Santor, SM; Barbieri, E (2014) Uso do geoprocessamento para definição de áreas para o cultivo de ostras na região estuarina de Cananéia/SP. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 15, p. 193-207.

Avaliação Ambiental do Cultivo da Macroalga Marinha *Hypnea Pseudomusciformis* no Litoral do Ceará

Wagner Cotroni Valenti¹, Stefany Almeida Pereira¹ e Janaina Mitsue Kimpara².

¹Centro de Agricultura da Universidade Estadual Paulista; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Norte.

A concentração de nutrientes (C, N e P) e a taxa de sedimentação de materiais em suspensão na produção de macroalgas marinhas e no ambiente do entorno foram monitorados para a avaliação da sustentabilidade da atividade produtiva por meio da aplicação de indicadores.

ÁREA DE ESTUDO

Praia de Flecheiras, município de Trairi, Ceará. Foi implantado um cultivo experimental da macroalga nativa (*Hypnea pseudomusciformis*). O sistema consistia em 2 *long-lines* de 15 metros de comprimento, com mudas de 20 g amarradas a cada 20 cm de corda, na superfície da água. O estudo avaliou um ciclo de cultivo, correspondente a 45 dias.

METODOLOGIA

Amostras de água e de material sedimentado na área do cultivo e a 100 m de distância (controle) foram coletadas a cada 15 dias. O material sedimentado foi amostrado utilizando um coletor de tripton amarrado a 1 m de profundidade do *long-line* do cultivo de macroalgas, por 24 horas. O cálculo da taxa de sedimentação foi feito com base na área do coletor e o tempo de coleta. O material sedimentado foi analisado quanto a fósforo total pelo método de colorimetria do meta-vanadato (Michelsen, 1957), e quanto a carbono orgânico total e nitrogênio total, em analisador Vario TOC Select (Elementar®). A água foi analisada quanto à concentração de N-nitrito, N-nitrato, P-ortofosfato solúvel, por colorimetria, utilizando reagentes e espectrofotômetro Hach, modelo DR-1900 (Hach, Colorado, EUA).

Para determinação do fósforo total na água, as amostras foram submetidas a uma digestão prévia, de acordo com o método de digestão persulfato (APHA 2005 – método 4500-P.B5) e, posteriormente, o P-ortofosfato foi medido pelo método do cloreto estanhoso (APHA 2005 – método 4500-P.D),

com auxílio de espectrofotômetro digital (Shimadzu UV-1800®). As variáveis avaliadas foram comparadas por meio de teste-*t* utilizando o programa SigmaSTAT 4.0, considerando um valor de $P < 0,05$.

RESULTADOS PRINCIPAIS

A partir das informações obtidas, podemos inferir que:

- Não houve diferença estatisticamente significativa entre o cultivo e o controle para as variáveis analisadas.
- O material sedimentado sob o cultivo correspondeu a material inorgânico, especialmente areia, carregada pela corrente marítima.
- Não há uso de insumos poluentes no cultivo de macroalgas.

RESULTADO

- O cultivo de macroalgas pode ser considerado uma atividade que não altera significativamente a qualidade da água nessa escala de produção.

SOLUÇÕES

- A atividade de produção de macroalgas marinhas poderia ser classificada como sendo de baixo impacto, por resultar em mudanças não significativas na água de cultivo e na sedimentação de materiais em suspensão. Observando-se a devida escala de produção, a origem autóctone da espécie e o não requerimento de insumos externos que podem causar poluição aquática, o licenciamento ambiental para esta atividade poderia ser dispensado ou simplificado, mediante comprovação de planejamento da produção que não comprometa os estoques naturais.

DESAFIOS

- No Brasil, estudos futuros devem ser realizados para avaliar externalidades associadas ao

cultivo comercial de macroalgas, tanto positivas quanto negativas, como, por exemplo, o potencial de redução de acidificação costeira e a biorremediação, o sombreamento de corais e outros organismos bentônicos que habitam a região dos cultivos e a redução de estoques naturais.

- A Resolução CONAMA N° 357/2005 considera águas salinas aptas para cultivo de organismos aquáticos as de Classe 1. Os valores das variáveis carbono orgânico total, P-fósforo total e N-nitrato analisadas estão acima dos limites para classifica-

ção das águas Classe 1 descritos na Resolução. No entanto, para fins de licenciamento, é importante que haja consideração das particularidades do corpo hídrico em que o empreendimento aquícola será instalado, para que o mesmo não modifique o ambiente a ponto de afetar sua resiliência. Se for considerado o parâmetro da Resolução, não seria possível qualquer atividade aquícola marinha naquela região. Portanto, há o desafio de se adequar a regulamentação para licenciamento ambiental de atividades aquícolas marinhas no Brasil.

Tabela 1. Médias e desvios padrão das variáveis monitoradas da água do cultivo de macroalgas em Flecheiras, Trairi, Ceará.

Variáveis	Controle	Cultivo	Valor máximo permitido*
Carbono orgânico total (mg L ⁻¹)	10,19 ± 0,00	10,22 ± 0,83	3,00
Sólidos em suspensão (g L ⁻¹)	0,04 ± 0,04	0,06 ± 0,03	-
Fósforo total (mg L ⁻¹)	4,30 ± 0,50	4,93 ± 1,99	0,06
Nitrato (mg L ⁻¹)	1,30 ± 0,56	1,18 ± 0,62	0,40
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,07
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	0,17 ± 0,00	0,07 ± 0,03	-
Ortofosfato solúvel (mg L ⁻¹)	0,05 ± 0,09	0,05 ± 0,07	-

*Conforme Resolução CONAMA N° 357/2005, de 17 de março de 2005.

Tabela 2. Média e desvio padrão das variáveis de sedimento monitoradas do cultivo de macroalgas em Flecheiras, Trairi, Ceará.

Variável	Controle	Cultivo
Fósforo (g.kg ⁻¹)	338,40 ± 242,96	413,93 ± 725,94
Matéria orgânica (%)	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,01
Taxa de matéria sedimentada (mg.m ⁻² L ⁻¹)	1,09 ± 0,63	0,98 ± 0,47



Foto 1. Mudas de *Hypnea Pseudomusciformis* com 30 dias de cultivo. Crédito: Janaina Mitsue Kimpara.



Foto 2. Praia de Flecheiras, Trairi, CE – local de cultivo de macroalgas em *long-line*. Crédito: Stefany Almeida Pereira.

Coordenadores:
Dr. Wagner Cotroni Valenti – Universidade Estadual Paulista – e-mail: wvvalenti@gmail.com
Dra. Janaina Mitsue Kimpara – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Norte – e-mail: janaina.kimpara@embrapa.br

REFERÊNCIAS:
Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N°357, 18/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Sugestão de Critérios para o Monitoramento Ambiental de Macroalgas

Leila Hayashi¹ e Alex Alves dos Santos².

¹Universidade Federal de Santa Catarina; ²Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

A espécie *Kappaphycus Alvarezii* é uma macroalga vermelha importante por responder por aproximadamente 90% da matéria-prima mundial processada para produção de carragenana, colóide amplamente utilizado em diversos ramos da indústria como agente espessante e estabilizante.

Em Santa Catarina, a introdução da espécie foi realizada em 2008, com a finalidade de verificar a viabilidade do cultivo no Estado, do ponto de vista econômico-social-ambiental de acordo com a Instrução Normativa N° 185 do IBAMA. No período de cultivo experimental, a espécie foi cultivada em sistema de balsa flutuante em redes tubulares, semelhante ao usado no cultivo de mexilhões. Uma rede de pesca foi colocada ao redor do cultivo para evitar a dispersão ao ambiente de ramos desprendidos e herbivoria. As taxas de crescimento foram avaliadas mensalmente durante as 4 estações do ano, ao longo desses três anos.

Além disso, foram realizadas visitas mensais aos costões rochosos circunvizinhos para verificar se houve ou não o estabelecimento de ramos que eventualmente se soltaram da estrutura de cultivo.

Também foram realizadas análises de água em 7 pontos amostrais: 1) próximo à praia; 2) depois dos cultivos de moluscos; 3) no meio do cultivo de moluscos; 4) entre o cultivo de moluscos e do módulo de cultivo; 5) no meio do cultivo; 6) no final do cultivo e 7) distante da praia e dos cultivos (Figura). As amostragens foram divididas em duas etapas. 1) Primeira Etapa – quatro coletas sazonais para levantamento prévio das características físicas, físico-químicas e biológicas da água da praia de Sambaqui, sendo que a primeira realizada antes da introdução do cultivo (fev/08) nos pontos 1, 2, 3, 4 e 7. As demais amostragens sazonais (abr/08, ago/08 e nov/08) ocorreram em todos os pontos amostrais (1 ao 7). 2) Segunda Etapa – amostragens mensais, de dezembro de 2008 a julho de 2009, do ponto 1 ao 7. Para finalizar, foram realizadas análises de microscopia em amostras do talo para certificar que as plantas não estavam formando estruturas reprodutivas.

PRINCIPAIS RESULTADOS

- Ramos desprendidos não conseguem sobreviver fora da estrutura de cultivo por: a) afundarem e morrerem, em virtude da alta turbidez da água e falta de luz, fatores que impedem a fotossíntese, b) por sofrerem alta herbivoria de peixes, siris e tartarugas, ou c) porque o substrato lodoso típico da região, impede a fixação dos propágulos.

- As plantas não conseguiram se reproduzir e não apresentaram nenhuma estrutura reprodutiva;

- A ausência de bancos de corais minimiza o potencial de bioinvasão da espécie.

- O litoral de Santa Catarina e a Baía Norte do município de Florianópolis apresentam condições limitantes para o desenvolvimento da espécie como sedimento na sua grande maioria lodoso-argiloso, que determina o aumento da turbidez da água e correntes que favorecem o aporte de entrada de águas frias sendo prejudicial ao desenvolvimento da espécie.

- O cultivo de macroalgas reduz significativamente o conteúdo de compostos nitrogenados solúveis em água em relação aos locais próximos à costa ou dentro do cultivo de moluscos.

Os resultados obtidos entre 2008 e 2011 comprovam a segurança ambiental de seu cultivo, com maior destaque as temperaturas da água abaixo de 18 graus durante o inverno, que provocam a mortalidade total das algas, permitindo o cultivo apenas entre setembro a maio. Se por um lado o inverno (junho a agosto) é um problema para maricultura, por outro lado, confere uma inquestionável segurança ambiental para os cultivos comerciais. Portanto, a região Sul apresenta baixo risco de estabelecimento da espécie.

RESULTADOS

- O uso das redes tubulares minimizam a dispersão da espécie e podem cumprir o papel da rede de pesca ao redor das estruturas de cultivo.

- O uso da rede de pesca entretanto parece ser

necessário em alguns locais e épocas do ano para evitar a forte herbivoria e perda de produção;

- As linhagens não conseguem sobreviver em temperaturas abaixo de 18 graus.

- Os resultados obtidos nesses 3 anos de estudos do cultivo experimental em Florianópolis fornecem argumentos favoráveis ao baixo risco de estabelecimento da espécie em Santa Catarina.

DESAFIOS

- Adaptação e manutenção da espécie em condições *indoor*, em épocas desfavoráveis de sobrevivência no mar (inverno), e o retorno da espécie ao mar após esse período. Atualmente existe muita perda de biomassa. Para produção, isso é um desafio, embora seja mais um fator de controle ambiental.

- Estudar formas de combater a herbivoria que em determinadas épocas (dezembro a maio) causam a perda total das algas.

- Desenvolver estratégias de cultivo integrado com moluscos para garantir a viabilidade econômica da atividade nos períodos de entre-safra ou de suspensão dos cultivos marinhos no inverno.

- Propor um protocolo de monitoramento ambiental a ser realizado pelo produtor que desejar cultivar alga, que seja, ao mesmo tempo, factível de ser conduzido por eles e que atenda, minimamente, as exigências dos órgãos ambientais.

SOLUÇÕES

- Desenvolver protocolo de manutenção das algas *indoor* para posterior replantio, após período de inverno.

- Combater a herbivoria conduzindo estudos com dispositivos inibidores (como por exemplo, materiais refletivos, etc.) e dispositivos protetores (como redes, etc.).

- Avaliar o sistema integrado de cultivo, do ponto de vista financeiro e econômico, para tornar o cultivo de algas atraente ao setor produtivo.

- O protocolo de monitoramento ambiental deve ser formatado de acordo com a realidade dos pequenos produtores brasileiros, simples, objetivo, utilizado como estratégia de comprometimento do setor com o poder público;

- O licenciamento ambiental deve ser delegado aos Estados para facilitar o contato entre produtor e órgão ambiental, para facilitar o trâmite

processual e a própria fiscalização. A experiência tem demonstrado que a centralização do licenciamento em Brasília é extremamente dificultosa e lenta no atendimento a forte demanda dos Estados da Federação e tem inviabilizado os projetos de pesquisa e de produção que dependem de tais autorizações.



Figura. Pontos das coletas de água na Praia de Sambaqui – baía norte de Florianópolis (SC). Onde: linhas pontilhadas em branco = espinhéis de cultivo de mexilhões e ostras; linha pontilhada em verde = balsa de cultivo de algas. Imagem obtida através do software Google Earth (Geoeye julho/2009) (retirado de Nunes, 2010).



Foto. Cultivo de *Kappaphycus Alvarezii* em balsas flutuantes na praia de Sambaqui, Florianópolis/SC. Crédito: Alex Alves dos Santos e Leila Hayashi.

Coordenadores:
Dra. Leila Hayashi - Universidade Federal de Santa Catarina - e-mail: leila.hayashi@ufsc.br
Alex Alves dos Santos - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina - e-mail: alex@epagri.sc.gov.br

DADOS PUBLICADOS EM:
Ghilardi, NP; Hayashi, L; Berchez, FAS; et al. (2008) **An alternative environmental monitoring approach for nonindigenous species introduced for maricultural purposes: the case of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivation in Brazil.** *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, p. 270-274.
Hayashi, L; Hurtado, AQ; Msuya, FE et al. (2010) **A review of *Kappaphycus* farming: prospects and constraints (including climate change).** In: Alvaro Israel; Rachel Einav; Joseph Seckbach. (Org.). *Role of seaweeds in globally changing environments*. 1ed. Berlin: Springer, v. 15, p. 255-283.
Hayashi, L; Reis, RP; Dos Santos, AA et al. (2017) **The Cultivation of *Kappaphycus* and *Eucheuma* in Tropical and Sub-Tropical Waters.** In: Anicia Q. Hurtado, Alan T. Critchley, Iain C. Neish. (Org.). *Tropical Seaweed Farming Trends, Problems and Opportunities*. 1ed.: Springer International Publishing, v., p. 55-90.
Hayashi, L; Santos, AA; Faria, GSM et al. (2011) ***Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil.** *Journal of Applied Phycology*, v. 23, p. 337-343.
Nunes, BG (2010) **Monitoramento do ambiente do cultivo experimental de *Kappaphycus alvarezii* na Praia de Sambaqui, Florianópolis/SC.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

Bases técnico-científicas para apoiar a regulamentação ambiental da aquicultura em águas da União

Fernanda Garcia Sampaio¹, Consuelo Marques da Silva², Daercy Maria Monteiro de Rezende Ayroza³, Clóvis Ferreira do Carmo³, Daniela Ferraz Bacconi Campeche¹, Gilberto Caetano Manzoni⁴ e Juliana Lopes da Silva⁵.

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; ²Consultora especialista em monitoramento ambiental; ³Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento; ⁴Universidade do Vale do Itajaí - Escola do Mar, Ciência e Tecnologia; ⁵Coordenadora de Aquicultura em Águas da União da Secretaria Especial da Aquicultura e da Pesca da Secretaria Geral da Presidência da República.

O esforço de reunir trabalhos científicos realizados em território nacional na temática do monitoramento ambiental da aquicultura resultou em um material ímpar para subsidiar diferentes aspectos da política de ordenamento da aquicultura em águas da União. Os dados coletados também fornecem base para nortear analistas de meio ambiente nos processos de licenciamento ambiental e produtores na gestão e manejo dos seus empreendimentos. A compilação dos dados científicos é ainda instrumento orientador para embasar a continuidade das pesquisas nesta temática.

Pesquisadores de mais de 40 instituições apresentaram seus resultados compilados em 30 textos. Os dados foram obtidos em projetos já desenvolvidos ou em desenvolvimento, e que em sua maioria foram publicados no formato científico, sendo agora apresentados de forma resumida, em uma linguagem mais técnica, para tornar as informações acessíveis ao público e aplicáveis ao monitoramento ambiental da aquicultura.

Os trabalhos estão apresentados em dois capítulos: um de piscicultura em tanque-rede em reservatórios e açudes, e o outro de maricultura, com informações sobre piscicultura, mitilicultura, ostreicultura e algicultura. A maior parte dos trabalhos foram realizados em pisciculturas continentais, porém, não necessariamente refletem a distribuição das pesquisas no Brasil, pois não foram consultados todos os grupos existentes. Muitos desses trabalhos foram realizados por longos períodos, havendo pesquisas executadas há mais de 10 anos.

Os capítulos são iniciados com um resumo sobre as principais condicionantes solicitadas nas licenças ambientais de parques aquícolas. Nas tabelas apresentadas por Mignani et al. (p. 11 e 63) são compiladas as variáveis estabelecidas na Resolução CONAMA N° 357/2005, na Resolução CONAMA N° 413/2009 e alguns parâmetros específicos de Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs).

ESTRATÉGIAS DE MONITORAMENTO

Foram apresentadas diversas estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura (Figura 1). A maioria dos trabalhos utilizou variáveis de qualidade da água, sendo que alguns pesquisadores aplicaram o Índice de Estado Trófico (IET), ferramenta já estabelecida para avaliação de impacto no monitoramento de corpos hídricos. Também foram relatados artigos com avaliação de impactos no sedimento, nos organismos bentônicos, na ictiofauna, na comunidade zooplactônica e com avaliação dos efeitos da sazonalidade e/ou da alteração do volume útil dos reservatórios. Outros estudos envolveram uso de sensoriamento remoto, avaliação da sustentabilidade do sistema produtivo, regularização e ocupação adequada dos empreendimentos, aspectos sociais, autodiagnóstico e influência de variáveis meteorológicas.

Piscicultura em tanque-rede em reservatórios e açudes - a maioria dos dados de monitoramento são provenientes de estudos realizados em criações de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com exceção de uma pesquisa realizada na produção de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e outra na de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Regionalmente, os trabalhos estão concentrados no Sudeste, com dados de São Paulo e Minas Gerais, e no Nordeste com resultados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Somente dois trabalhos foram executados no Centro Oeste, em Tocantins, e um no Sul, no Paraná.

a) Qualidade da água:

Em relação as estratégias de monitoramento, grande parte das pesquisas compara as áreas de produção de peixes com áreas sem produção (controle). O monitoramento normalmente foi realizado com base na qualidade da água, utilizando sondas multi-paramétricas, ou coleta de amostras para posterior análise da concentração de nutrientes em laboratório.

Santos et al. (p. 13) não verificaram influência da piscicultura em parâmetros como o pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e clorofila-a no reservatório de Itaparica (PE). Campeche et al. (p. 23) não encontraram diferença em parâmetros de qualidade da água quando comparados os pontos a montante, jusante e no centro da área de produção de uma piscicultura no reservatório de Sobradinho (BA). Sampaio, E. et al. (p. 41) demonstraram que a piscicultura não alterou os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA N° 413/2009, as variáveis mantiveram-se dentro dos limites definidos na Resolução CONAMA N° 357/2005 e não houve alteração do IET, quando avaliadas em áreas sob influência de Parques Aquícolas no reservatório de Três Marias (MG). O mesmo foi encontrado por Matos et al. (p. 31) no monitoramento de piscicultura no reservatório do Lajeado (TO), cujos resultados se enquadraram nas recomendações. Os autores afirmaram que pelo fato do IET se apresentar elevado tanto na área de produção como no controle "[...] é possível afirmar que a aquicultura não apresentou impactos significativos no corpo hídrico".

Ayroza et al. (p. 37), que monitoram pisciculturas no estado de São Paulo há mais de dez anos, detectaram aumento no teor de nutrientes em algumas áreas aquícolas, mas sem o aumento de eutrofização, caracterizando o "[...] baixo impacto da atividade nos moldes que é praticada atualmente".

Cunha et al. (p. 15) concluíram que a piscicultura monitorada no reservatório de Itaparica (PE) provocou perturbações de baixa intensidade na qualidade da água sem, entretanto, comprometer o ambiente aquático. Afirmaram ainda, que "[...] a área do reservatório no qual está instalada a piscicultura foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado".

Crispim et al. (p. 17), monitorando pisciculturas no açude do Carneiro (PB), verificaram que "[...] nas proximidades dos tanques-rede havia uma maior densidade de organismos zooplanctônicos e maior diversidade de rotíferos, que são um grupo de animais que desenvolvem mais em ambientes mais eutrofizados". Os autores que encontraram elevadas concentrações de fósforo nas áreas monitoradas, apontaram que os índices elevados também ocorreram nas áreas controle. De maneira que, ou os corpos hídricos já apresentavam elevados teores de fósforo, ou existiam outras fontes que elevaram os níveis de fósforo destes ambientes, além da piscicultura. Também, Benassi et al. (p. 35), no monitoramento ambiental de parques aquícolas no reservatório de Itaipu, afirmaram que em uma das áreas monitoradas os teores de fósforo já eram elevados devido às cargas de outras fontes.

Alguns autores questionaram a efetividade do monitoramento ambiental com base nos parâmetros usualmente utilizados. Melo Junior e Dias (p. 21) apontaram, de forma interessante, que a análise da água superficial não demonstra a realidade que demanda o monitoramento da atividade de piscicultura. Os autores relataram ainda que "[...] verificou-se que a concentração de OD da superfície está, em sua maioria, em conformidade com a legislação ambiental, porém o hipolimnion apresenta sinais de perturbação ou impacto ambiental". Parece, entretanto, que muitas das variáveis aplicadas para o monitoramento não vêm sendo efetivas para apoiar o diagnóstico dos possíveis impactos e desta forma indicar medidas corretivas se necessário.



Figura 1. Principais variáveis utilizadas como ferramenta no monitoramento ambiental da aquicultura no Brasil.

Sampaio, F. et al. (p. 47) questionaram a efetividade do monitoramento limnológico em baixa frequência, uma vez que amostras mensais, quando comparadas a perfis amostrais coletados em uma alta frequência, a cada 10 minutos diários, levaram a conclusão que a baixa frequência cria perfis inadequados de variáveis como pH e OD.

Torigoi et al. (p. 60), ao apresentarem reflexões sobre o monitoramento, questionaram aspectos, como a definição de áreas antes e após os empreendimentos. Os autores ressaltaram a dificuldade em se compreender e definir a origem dos impactos, questionando os modelos de monitoramento com base no estabelecido nas Resolução CONAMA N° 413/2009 e 357/2005.

b) Sedimento:

Apesar de muitos trabalhos avaliarem aspectos limnológicos e a concentração de nutrientes na água, alguns grupos de pesquisa já vêm se dedicando a avaliarem o sedimento das áreas de produção como forma de verificar a influência da piscicultura.

Cunha et al. (p. 15) apontaram como um desafio para o monitoramento da atividade o monitoramento do sedimento para compreender o impacto da taxa de sedimentação da piscicultura. Ayroza et al. (p. 37) relataram que não foi evidente a interferência das pisciculturas no sedimento superficial, uma vez que os resultados foram mais associados as características dos compartimentos do reservatório.

Por outro lado, Cardoso et al. (p. 43) relataram que o acúmulo de dejetos no fundo, junto ao sedimento, resultou em depleção drástica da concentração de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas sob os tanques-rede no reservatório de Três Marias (MG). Para minimizar os impactos, os autores sugerem “[...] realocar os empreendimentos aquícolas para áreas com maiores taxas de renovação ou movimentação de água, de forma a evitar os efeitos negativos de acúmulo de dejetos no sedimento”. Nogueira da Silva et al. (p. 27) avaliaram o sedimento nas áreas de produção do reservatório de Itaparica (PE) e observaram “[...] aumento de compostos orgânicos no sedimento, principalmente sob as pisciculturas”. Nogueira da Silva et al. (p. 27) sugerem a “[...] inserção da análise do sedimento no monitoramento das pisciculturas, ao menos no centro, em termos de matéria orgânica e fósforo”.

Cunha et al. (p. 15) afirmaram haver uma relação direta entre o número de tanques-rede e a taxa de sedimentação e deposição no fundo dos reservatórios. Da Silva et al. (p. 29) apontaram que a piscicultura nos reservatórios de Santa Cruz e de Umari (RN) elevaram a sedimentação de nutrientes nos açudes.

Ressalta-se que as Resoluções COMANA N° 413/2009 e 357/2005 não incluem o monitoramento do sedimento nos parâmetros sugeridos, porém podemos encontrar no material listado por Mignani et al. (p. 11) que em alguns estados o monitoramento do sedimento já é solicitado.

c) Sazonalidade, profundidade e mudanças climáticas:

Ao deixarmos de focar somente nos aspectos relacionados à qualidade da água e sedimentos nas

áreas sob influência das pisciculturas, nos chamam a atenção os resultados relacionados aos efeitos das alterações climáticas e da sazonalidade no impacto ambiental e na gestão produtiva da atividade. Muitos trabalhos destacaram o efeito da diminuição do volume útil dos reservatórios, ou mesmo das alterações decorrentes do período de chuva ou estiagem, na alteração dos impactos da aquicultura.

Carvalho et al. (p. 39), que avaliaram aspectos limnológicos em pisciculturas no reservatório de Ilha Solteira, comprovaram aumento de pH na comparação entre período chuvoso e seco. Campeche et al. (p. 23) demonstraram haver diferença nos parâmetros de qualidade da água monitorados entre período seco e chuvoso. Sampaio, F. et al. (p. 45) destacaram haver maior influência da sazonalidade do que da própria piscicultura nas variáveis limnológicas avaliadas, dificultando o monitoramento da atividade. Nogueira da Silva et al. (p. 27) verificaram diferenças na concentração de nutrientes nas áreas de piscicultura, além de variações em função da sazonalidade, apontando ainda para a possibilidade de aporte de nutrientes oriundos das margens do reservatório. Os autores, que monitoraram pontos de piscicultura no reservatório de Itaparica (PE), afirmaram que “[...] as altas concentrações do fósforo total no período de estiagem, podem estar relacionadas à redução da vazão afluente do reservatório Itaparica”. Matos et al. (p. 31), afirmaram que as alterações na trofia observadas no reservatório do Lajeado (TO) são muito mais referentes ao período de seca e chuva, do que especificamente à influência da piscicultura.

Nogueira da Silva et al. (p. 25), utilizando modelagem hidrológica, verificaram que a redução da vazão no reservatório de Itaparica (PE) para valores abaixo da vazão mínima ecológica estabelecida no Plano da Bacia Hidrográfica do São Francisco, potencializou a concentração do fósforo no sedimento. Os autores ressaltaram a relação do impacto da piscicultura e a alteração da vazão, indicando a necessidade de “[...] rever os modelos utilizados atualmente para a emissão de outorgas de uso para a aquicultura, considerando as oscilações de vazão e cenários climáticos, principalmente nas regiões semiáridas”.

Outro ponto recorrente nos desafios apontados nos trabalhos está relacionado ao uso e ocupação dos reservatórios e açudes pela piscicultura, que parece ser de extrema relevância tanto para o ordenamento quanto para a gestão dos empreendimentos e, de certa forma, relacionado diretamente às variações climáticas. Cardoso et al. (p. 43) apontaram que os maiores impactos da piscicultura no reservatório de Furnas (MG) foram observados em áreas de produção não regularizadas, pois normalmente estes empreendimentos ocupam locais impróprios para o cultivo, como relatado para o reservatório de Três Marias (MG). Foram observadas a ocorrência de “[...] redução das concentrações de OD em camadas mais profundas da água sob os tanques-rede, em determinadas áreas de produção consideradas impróprias”, achados também apontados por Melo Junior e Dias (p. 21). Os autores ressaltam a necessidade de zoneamento dos reservatórios, com base em mapas de exclusão de áreas inaptas e definição de locais com maior favorecimento a prática da aquicultura. Nogueira da Silva et al. (p. 27) também indicaram a necessidade de regularização das pisciculturas como fator imprescindível para diminuir o impacto ambiental.

Sampaio, F. et al. (p. 45) verificaram maior impacto da atividade em áreas rasas, demonstrando a importância de implantação de cultivos em locais que tenham profundidade e circulação adequadas.

Da Silva et al. (p. 29) sugerem levar em consideração a disponibilidade hídrica e a ocorrência de estiagem prolongada na região do semiárido para se definir a sustentabilidade da piscicultura em tanques-rede, demonstrando a importância desses fatores.

Em estudo realizado por Packer et al. (p. 55) o período de seca e a diminuição do volume útil foram apontados como fatores de maior impacto na emissão de metano (CH_4) ebulitivo no reservatório de Furnas (MG). Nesse trabalho, realizado em Chavantes (SP) e no Castanhão (CE), verificou-se que as características dos reservatórios foi o fator de maior impacto na emissão de dióxido de carbono (CO_2), quando comparado ao cultivo de peixes.

d) Novas estratégias:

Aspectos meteorológicos também têm sido utilizados como ferramenta para o monitoramento ambiental da aquicultura. Araújo et al. (p. 51) apontaram para os efeitos da frente fria na qualidade da água e na estratificação térmica e suas implicações no manejo produtivo das pisciculturas. Melo Junior et al. (p. 19) sugeriram a utilização de parâmetros meteorológicos para apoiar a tomada de decisão em processos de gestão de pisciculturas. Os autores elaboraram um protocolo de monitoramento que somado ao fornecimento de instrução limnológica, possibilitou a identificação de sinais atmosféricos e limnológicos de ocorrência de turbulência e a transferência dos tanques-redes para outras áreas, evitando mortalidade em massa de peixes. Como resultado propuseram o uso de ferramenta de dados meteorológicos em tempo real com a associação de dados ambientais para prever ou alertar a ocorrência de circulação vertical turbulenta. Da Silva et al. (p. 29) registraram a necessidade da inclusão das condições climáticas e hidrológicas no momento da avaliação da sustentabilidade da piscicultura. Melo Junior et al. (p. 19) sugeriram que seja considerado o padrão de circulação vertical e suas variações na escolha de melhores ambientes para a instalação da piscicultura em tanques-rede.

Nos textos, destacam-se também o uso das imagens de satélite, permitindo um macro monitoramento dos impactos. No trabalho de Leão et al. (p. 49) foi considerado satisfatório o uso de imagens coletadas pelo sensor OLI, como forma de monitorar os impactos da piscicultura no reservatório de Furnas (MG). A utilização desta ferramenta pode ser expandida para outros reservatórios, sendo considerada um recurso capaz de proporcionar uma visão ampla do uso dos reservatórios pela piscicultura ou por outras atividades produtivas.

Grande parte dos trabalhos foram apresentados no semiárido brasileiro e seus resultados indicaram algumas questões preocupantes para o desenvolvimento sustentável da piscicultura nesta região. Crispim et al. (p. 17) apontaram a tendência de eutrofização destes ambientes, que pode ser potencializada pela presença das pisciculturas. Os autores sugeriram o uso da biorremediação, como por exemplo, o uso de biofilme, servindo como compensação ambiental do aporte de nutrientes. Da Silva et al (p. 29) alertaram que “[...] para a avaliação da sustentabilidade da criação de peixes em tanque-rede em reservatórios do semiárido deve levar em consideração as condições climáticas e hidrológicas a que estes ambientes aquáticos estão submetidos, visando a preservação dos escassos recursos hídricos que precisam ser usados para múltiplos usos, especialmente para o consumo humano”. Melo Junior et al. (p. 19 e 21), por outro lado, propuseram estratégias de monitoramento e gestão ambiental para melhorar as condições das pisciculturas, evitando perdas e mortalidades em massa. Nos apontamentos, destaca-se a importância de novas políticas públicas para a regulamentação do ordenamento da piscicultura no semiárido, em função dos múltiplos usos e das características sazonais destes copos hídricos.

MARICULTURA

No capítulo da aquicultura marinha, os trabalhos estão concentrados em Santa Catarina, sendo em sua maioria, referentes a malacocultura, com apenas um trabalho de algicultura. Existem ainda trabalhos no estado de São Paulo, com ostreicultura, e, fora deste eixo, houve somente um trabalho de piscicultura marinha no Rio de Janeiro e um de algicultura no Ceará.

De maneira geral, os resultados relacionados com a malacocultura comprovaram que os cultivos, no atual estado de desenvolvimento, não estão alterando os parâmetros hidrobiológicos solicitados nas resoluções do CONAMA (357/2005 e 413/2009). Barbieri e Henriques (p. 82) concluíram que o cultivo de ostras em Cananéia (SP) não causou incremento significativo nas concentrações de amônia, nitrito e nitrato, em relação aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas salobras da Classe 1. Esses estudos enfocam o impacto da qualidade da água do cultivo na produção e na qualidade do alimento, uma vez que são atividades produtivas que não utilizam insumos como ração.

Estudo conduzido por Mignani et al. (p. 76) concluiu que os altos índices de coliformes fecais termotolerantes possivelmente estão associados ao aumento do turismo na região e às águas carregadas por lixiviação. Souza e Garbossa (p. 68) afirmaram que o parâmetro coliforme fecal não é adequado para o monitoramento do cultivo de moluscos “[...] Os resultados evidenciaram que os níveis de coliformes em fazendas marinhas servem como um bom indicador dos níveis de poluição fecal que atingem essas áreas, em SC principalmente aquela gerada pelas cidades. Porém, esse parâmetro não serve como indicador dos impactos ambientais causados pelo cultivo de moluscos. Coliformes são bactérias que indicam a presença de fezes de animais de sangue quente, que não é o caso dos bivalves”.

O monitoramento de coliformes termotolerantes, em especial *E. coli*, integram os parâmetros elencados tanto na Resolução CONAMA N° 413/2009 como na Resolução CONAMA N° 357/2005 (Mignani et al. (p.64)). Contudo, é importante destacar que esse parâmetro deve ser monitorado nos moluscos e nas áreas de cultivo, não para avaliação de impacto, mas para certificação dos moluscos cultivados. De acordo com a Instrução Normativa 7/2012, este parâmetro em conjunto com biotoxinas originárias de microalgas estabelecem critérios de retirada dos moluscos das áreas de cultivo para o consumo humano.

A abordagem multidisciplinar apresentada por Manzoni et al. (p. 72) possui uma série de resultados de monitoramento do cultivo de moluscos marinhos na Enseada da Armação do Itapocorói (SC). Foram considerados além dos parâmetros exigidos nas resoluções CONAMA, outros que forneceram indicações da interface sedimento-água, depósito da maior parte dos resíduos originários do cultivo de moluscos, e que segundo os autores merecem uma atenção especial.

Para o monitoramento de parâmetros físico-químicos e clorofila-a na água não foram verificados impactos comparando com áreas controle. O material particulado em suspensão, sob influência do cultivo, da sazonalidade e hidrodinâmica local, produziu um aumento na taxa de sedimentação. O compilado de estudos apresentados por Manzoni et al. (p. 72) indica que os cultivos estão de fato contribuindo com a taxa de sedimentação no ambiente, destacando que os maiores valores foram observados próximos ao fundo. Resultados demonstram que “[...] apesar das estruturas e os organismos cultivados estarem contribuindo na taxa de sedimentação isso parece não interferir na concentração dos nutrientes dissolvidos na água. Mesmo os parâmetros monitorados estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 357, os

cultivos parecem contribuir na alteração da qualidade da água da Enseada, porém de maneira gradual e lenta”. O grupo de pesquisadores reforça a necessidade de avaliar além dos parâmetros na coluna d’água, conforme preconiza a Resolução do CONAMA N° 357/2005, dados da interface sedimento e água nos locais com e sem cultivos de moluscos.

Landuci et al. (p. 66) apontaram para efeitos mínimos ambientais na qualidade da água na área de produção de bijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral Sul do Rio de Janeiro quando comparados os dados obtidos com o estabelecido na Resolução CONAMA N° 357/2005 ressaltando que os impactos foram maiores quando utilizados alimentos úmidos em comparação ao extrusado.

Outro grupo importante de resultados refere-se às pesquisas com algas. Hayashi e Santos (p. 86) sugeriram critérios para o monitoramento ambiental da espécie *Kappaphycus alvarezii*, de forma a garantir um cultivo seguro da espécie exótica no litoral brasileiro. São destaques do trabalho o diagnóstico do baixo risco de estabelecimento da espécie em Santa Catarina e a sugestão de “[...] propor um protocolo de monitoramento ambiental a ser realizado pelo produtor que desejar cultivar alga, que seja, ao mesmo tempo, factível de ser conduzido por eles e que atenda, minimamente, as exigências dos órgãos ambientais”.

Além disso, Valenti et al. (p. 84) apresentaram resultados preliminares de um estudo que avaliou a taxa de sedimentação de materiais em suspensão e concentração de nutrientes em cultivo experimental da *Hypnea pseudomusciformis* na praia de Flecheira (CE). Os autores concluíram que “[...] o cultivo de macroalgas pode ser considerado uma atividade que não altera significativamente a qualidade da água nessa escala de produção”. O grupo destaca ainda que a área estudada apresentou concentração de nutrientes acima do limite estabelecidos para a Classe 1, porém “[...] para fins de licenciamento, é importante que haja consideração das particularidades do corpo hídrico em que o empreendimento aquícola será instalado, para que o mesmo não modifique o ambiente a ponto de afetar sua resiliência. Se for considerado o parâmetro da Resolução, não seria possível qualquer atividade aquícola marinha naquela região. Portanto, há o desafio de se adequar a regulamentação para licenciamento ambiental de atividades aquícolas marinhas no Brasil”.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trabalhos destacam claramente a problemática da instalação da piscicultura em pequenos açudes no semiárido, da influência da diminuição do volume útil dos reservatórios no impacto da atividade e a importância na escolha do local de instalação dos empreendimentos de modo a não causar impactos substanciais.

Dentre o conjunto de desafios apontados para o monitoramento da aquicultura está a necessidade de se avaliar o real impacto da atividade, estimulando o desenvolvimento de ferramentas específicas para esse fim, que permitam o alcance de resultados que apoiem a adoção de práticas de manejo, evitando ou mitigando os impactos gerados.

Apesar do grande esforço dos grupos de pesquisa em atuar no tema, percebe-se a necessidade de uma maior integração entre as instituições e de que os resultados sejam apresentados de forma a serem efetivamente utilizados, visando o desenvolvimento sustentável da aquicultura.

A maioria dos trabalhos não utiliza os procedimentos do Programa de Monitoramento Ambiental que constam no Anexo VI da Resolução CONAMA N° 413/2009, porém, fazem uso desse instrumento e da Resolução CONAMA N° 357/2005, como base para análise e discussão dos dados obtidos. É interessante observar que a maior parte dos resultados mostram não haver impactos da atividade aquícola (continental e marinha), demonstrando a necessidade de uma ampla discussão quanto a efetividade do uso desses instrumentos jurídicos para o acompanhamento dos impactos da atividade. Desta forma, podemos inferir tanto que os instrumentos não têm sido efetivos para orientar modelos de monitoramento quanto podem estar gerando maior ônus para os produtores em monitorar algo não efetivo. Neste sentido Melo Júnior e Dias (p. 21) sugerem que “[...] A piscicultura em tanque-rede necessita de métodos de monitoramento limnológico que sejam simples e eficientes”.

Por outro lado, nas discussões também se deve considerar que os sistemas de cultivos atualmente realizados no Brasil, não tem provocado impactos significativos, por não terem atingido a capacidade suporte dos ambientes onde estão alocados, em decorrência das espécies e biomassa cultivada, ou ainda, da hidrodinâmica que promove a dispersão dos resíduos gerados. E que considerando que todo cessionário de área aquícola, recebe uma autorização para produzir uma determinada quantidade de pescado e essa produção está de acordo com um cálculo prévio de capacidade de suporte (Torigoi et al.; p. 59).

Vale a pena destacar a complexidade e os custos que envolvem a logística e análises dos parâmetros de qualidade do monitoramento preconizado nas Resoluções CONAMA N° 413/2009 e 357/2005 e a dificuldade que os aquícultores podem encontrar para realizá-lo. O monitoramento ambiental deve ser uma ferramenta para assegurar que um empreendimento não esteja causando impacto, ou, caso cause, seja

possível mitigá-lo. A inclusão de variáveis pouco efetivas, pelas OEMAs, nos processos de licenciamento ambiental não contribui para a redução dos impactos e gestão da atividade. Sampaio, F. et al (p. 45) apontaram que “[...] O monitoramento preconizado nos processos de licenciamento ambiental atuais parece mais burocráticos e onerosos do que eficientes e práticos”.

A Resolução CONAMA N° 413/2009 estabelece no Programa de Monitoramento Ambiental, que o cessionário deve apresentar um plano de monitoramento da água e efluentes e um Relatório Técnico com uma análise dos parâmetros hidrobiológicos, de acordo com a frequência estabelecida pelo órgão ambiental, constando as principais alterações decorrentes do empreendimento e comparações com análises anteriores. Portanto, novamente fica evidente a importância do monitoramento de variáveis que, de fato, possam contribuir na gestão ambiental dos empreendimentos.

Os aquicultores são os principais interessados na manutenção da qualidade da água e dos padrões ambientais do local onde estão produzindo, devido a influência desses fatores nos índices produtivos e no sucesso econômico da produção. Uma vez que os parâmetros exigidos nos mecanismos legais demonstram não serem efetivos para assegurar um desenvolvimento mais justo e a geração de informações para a mitigação de potenciais impactos, há necessidade do estabelecimento de novas ferramentas para o monitoramento. Alguns grupos de pesquisa já estão propondo novos caminhos, como o uso de variáveis meteorológicas e sua relação com a hidrodinâmica local, estratificação das camadas de OD, acúmulo e dispersão de nutrientes, regularização dos empreendimentos, escolha de áreas que sofrem menor influência das flutuações dos níveis da água e ferramentas de sensoriamento remoto. Estas estratégias são claramente ações que requerem a execução direta de órgãos de pesquisa e extensão ou de gestão de recursos hídricos.

Sampaio, F. et al (p. 45) indicam como desafios a necessidade de “[...] rever os parâmetros sugeridos na Resolução CONAMA N° 413/2009, para que esta seja mais efetiva na proposição de parâmetros para o monitoramento ambiental da aquicultura e a possibilidade de mitigá-los quando houver. Discutir juntos aos órgãos estaduais de meio ambiente e gestores de recursos hídricos as questões relacionadas ao monitoramento ambiental da aquicultura, e a baixa eficiência do monitoramento com base somente na qualidade de água.”

A síntese dos dados indica que o monitoramento sedimentológico tem maior representatividade para subsidiar o monitoramento da aquicultura (Figura 2).

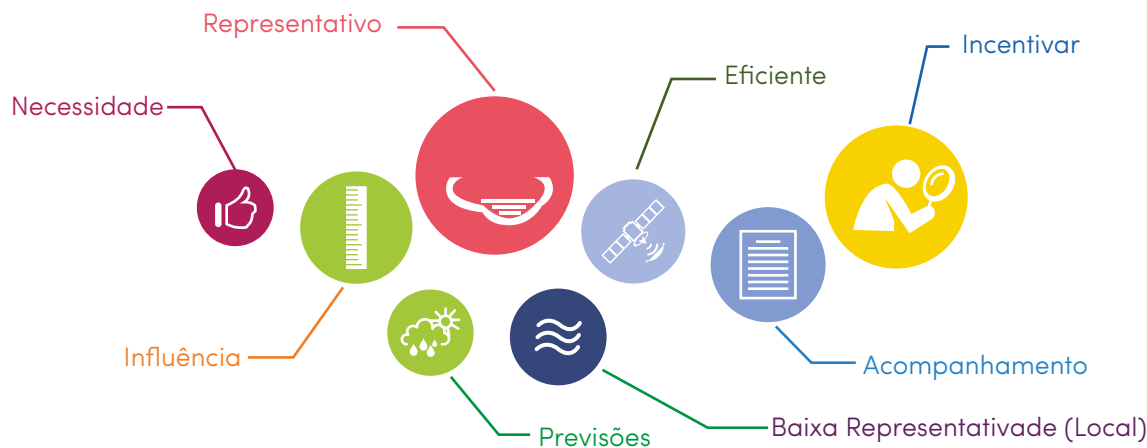


Figura 2. Principais variáveis utilizadas no monitoramento ambiental da aquicultura nos trabalhos apresentados e sua importância para auxiliar a gestão ambiental da atividade.aquicultura no Brasil.

Ainda, grande parte dos autores apontou a necessidade de maiores discussões quanto as metodologias adotadas no monitoramento ambiental da aquicultura, de padronização dos métodos de coleta e análises e da publicitação das informações. Houve a sugestão de um trabalho em rede, envolvendo piscicultores e demais usuários do corpo hídrico, instituições do governo em seus diferentes níveis e nas diferentes bacias hidrográficas.

No II Workshop da Rede de Monitoramento, realizado em abril de 2018, foi apresentada pela EMBRAPA/SEAP uma proposta de um Plano Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da

União (PMA; Sampaio et al., 2019). O documento concentra os esforços de monitoramento no sedimento do local do empreendimento para o diagnóstico quanto ao nível de impacto da atividade de aquicultura no ecossistema aquático. O compartimento ambiental tem uma elevada capacidade de incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos e comumente apresenta baixa taxa de liberação dos mesmos, possibilitando até a identificação da fonte de despejo do poluente. A proposta pretende agregar as ações dos cessionários das áreas de produção e das instituições de pesquisa, de fiscalização e ordenamento, de outorga e operação, em um único Plano. Dessa forma, unificar as diversas ações de monitoramento ambiental já em execução, propondo ações complementares e implantando como instrumento de fiscalização o Relatório de Produção Anual (RPA), de modo auto-declaratório, em conjunto com o acompanhamento dos dados de qualidade do sedimento lacustre.

Nas orientações do PMA (Figura 3), os sistemas produtivos foram classificados em pequenos, médios e grandes, sendo que por analogia equiparam-se como Dispensado, Licenciamento Simplificado e Licenciamento Ordinário.

Ações de monitoramento a serem adotados pelos produtores em função da classificação dos empreendimentos com base no volume de produção (t/ano).

Classificação	Nível (t/ano)	Ação	Frequência
Pequenos	até 50	Envio do Relatório de Produção Anual	Anual
Médios	> 50 até 500	Envio do Relatório de Produção Anual	Anual
		Análise de sedimento	Anual
Grandes	> 500	Envio do Relatório de Produção Anual	Anual
		Análise de sedimento	Anual
		Apresentação do acompanhamento da qualidade da água pelo empreendimento	
		Plano de Monitoramento e Gestão Ambiental (PMGA) com ações de controle de migração	Anual

Figura 3. Resumo da proposta de monitoramento do Plano Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (PMA).

Como a presente publicação é parte das ações da Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (Rede), os encaminhamentos aqui apresentados serão a base da Rede nos próximos anos. Esta primeira etapa demonstrou o quanto avançamos nas ferramentas de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura. As informações técnicas apresentadas devem subsidiar as discussões das principais lacunas que temos hoje na gestão ambiental da aquicultura, ou seja, o real impacto desta atividade no meio ambiente e o efetivo monitoramento para a gestão da atividade. Esta publicação será um valioso instrumento para subsidiar o processo de licenciamento ambiental da aquicultura com base em dados científicos nacionais.

A consolidação do presente trabalho permitiu verificar que as ações de monitoramento ambiental da aquicultura já são realizadas em grande parte do Brasil e que tem apoio das instituições de pesquisa. Também subsidiou a Rede em uma ampla discussão sobre questões de ordenamento sustentável da aquicultura em águas da União. Porém, o principal propósito desta iniciativa foi trazer à tona os modelos atualmente adotados no processo de monitoramento ambiental da atividade e discutir junto aos autores da Rede qual caminho devemos seguir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:
Sampaio, FG; Da Silva, JL; Torigoi, RH et al (2019) Proposta de um Plano Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União. In: **Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União - Subsídios para a Proposição de um Plano Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura**. Sampaio, FG; Da Silva, CM; Mignani, L; Packer, AC; Manzatto, CV (Eds.) (aprovado para publicação).

Editores:

Fernanda Garcia Sampaio
Consuelo Marques da Silva
Renato Hiroshi Torigoi
Luciene Mignani
Ana Paula Contador Packer
Celso Vainer Manzatto
Juliana Lopes da Silva

Apoio:



SECRETARIA ESPECIAL DA
AQUICULTURA E DA PESCA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



| Secretaria de Agricultura e Abastecimento