

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS  
E SANEAMENTO

DENIS ROCHA CALAZANS

**OCORRÊNCIA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UMA  
ESPÉCIE DE MOLUSCO EXÓTICA INVASORA NO BAIXO  
SÃO FRANCISCO E SUA UTILIZAÇÃO COMO  
BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Maceió  
2014

DENIS ROCHA CALAZANS

**OCORRÊNCIA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UMA  
ESPÉCIE DE MOLUSCO EXÓTICA INVASORA NO BAIXO  
SÃO FRANCISCO E SUA UTILIZAÇÃO COMO  
BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Augusto Caffaro Filho

Maceió  
2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha**

C143o Calazans, Denis Rocha.  
Ocorrência e aspectos socioambientais de uma espécie de molusco exótica  
invasora no Baixo São Francisco e sua utilização como bioindicador de  
qualidade da água / Denis Rocha Calazans . – 2014.  
62 f.: il. tabs., gráfs.

Orientador: Roberto Augusto Caffaro Filho.  
Dissertação (mestrado em Engenharia : Recursos Hídricos e Saneamento) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 58-62.

1. *Corbicula fluminea*. 2. Espécie exótica invasora. 3. Baixo Rio São Francisco.  
4. Qualidade da água. 5. Bioindicador. I. Título.

CDU: 556.531:628.1.033/.034



**OCORRÊNCIA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UMA ESPÉCIE DE MOLUSCO  
EXÓTICA INVASORA NO BAIXO SÃO FRANCISCO E SUA UTILIZAÇÃO COMO  
BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA**

**DENIS ROCHA CALAZANS**

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 27 de fevereiro do ano de 2014.

Banca Examinadora:

**Prof. Dr. Roberto Augusto Caffaro Filho**  
(Orientador – PPGRHS/UFAL)

**Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim**  
(PPGRHS /UFAL)

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Liriane Monte Freitas**  
(UFAL)

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Michely Inês Prado de Camargo Libos**  
(UFAL)

*Dedico este trabalho*

*À minha esposa e filho, companheiros de todas as horas.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sempre presente.

À minha família, por compreender os momentos de ausência.

Aos professores, que inspiraram com palavras e ações.

Ao orientador, Roberto Augusto Caffaro Filho, por acreditar.

Aos colegas, que auxiliaram nas horas difíceis.

A todos os moradores e pescadores que auxiliaram na realização deste trabalho.

A José Jacó, companheiro de primeira hora.

*“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba”.*

*Guimarães Rosa(apud, CARDIM et al., 2008)*

## RESUMO

Este trabalho analisou a ocorrência do molusco bivalve *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) em um trecho de 78 km do baixo rio São Francisco. *C.fluminea* é uma espécie exótica invasora que vem se tornando dominante entre os macroinvertebrados bentônicos no rio São Francisco. O trabalho objetivou levantar sua ocorrência no trecho pesquisado e a relação dos moradores ribeirinhos com essa espécie invasora. O levantamento da ocorrência de *C.fluminea* foi realizado em dois períodos, chuvoso e de estiagem, em dez pontos de amostragem. Foi escolhido um povoado marginal para a realização de entrevistas sobre a relação da comunidade com o bivalve. O estudo demonstrou que a ocorrência de *C.fluminea* no trecho pesquisado não é regular e apresenta densidade acima do relatado na bibliografia, o que indica que o bivalve atingiu ou está próximo de atingir seu auge ocupacional. A invasão do molusco acarretou aumento na quantidade de conchas no leito, mau cheiro, provocado pela sua morte e decomposição quando o nível do rio diminuiu, e concomitante atração de aves, e ainda pode estar relacionada ao aumento na densidade de macrófitas no trecho estudado. As comunidades locais não assimilaram a presença do molusco, que não possui ainda um nome popular local, nem o incorporaram aos seus hábitos de pesca ou alimentares. O estudo também avaliou o uso de *C.fluminea* como bioindicador da qualidade da água, avaliou a qualidade da água consumida pela população de um povoado marginal, e a percepção que os moradores desse povoado têm em relação à água que consomem. A água distribuída no povoado se mostrou inadequada para consumo humano. Os moradores do povoado não possuem o hábito de realizar a desinfecção da água, o que pode estar associado aos casos de diarreia que ocorrem na comunidade. Foi verificado que ocorre inter-relação entre a densidade de *C.fluminea* as concentrações de coliformes totais e termotolerantes ao longo de oito meses de monitoramento, que abrangeu tanto a estação chuvosa quanto a de estiagem. Portanto, o uso de *C.fluminea* como bioindicador da qualidade da água no baixo São Francisco se mostrou viável, podendo baratear os custos de monitoramento e fornecer respostas mais imediatas para proteção da saúde pública.

**Palavras-chave:** *Corbicula fluminea*, espécie exótica invasora, baixo rio São Francisco, qualidade da água, bioindicador.



## ABSTRACT

This work analyzes the occurrence of the mollusk *Corbicula fluminea* (Muller, 1774), in a 78 km stretch of the lower São Francisco river. *C. fluminea* is an exotic invading species that has become dominant among benthic macroinvertebrates in the São Francisco river. The work aimed to assess its occurrence and the perceptions of local communities with the invasive species. A survey of the occurrence of *C. fluminea* was performed in two periods, winter and summer, at ten sampling points. A marginal village was chosen to make interviews about the relationship between the community and the bivalve. The study demonstrated that the occurrence of *C. fluminea* is not regular and presents density values above what is reported in the literature, which indicates that the bivalve reached or is close to reaching its occupational peak. The invasion caused an increase in the number of shells in riverbed, bad smell and attraction of birds when water level decreases, due to death and decomposition of mollusks, and may be related to the increase in the density of macrophytes in the studied river stretch. Local communities did not assimilate the presence of the shellfish, which does not yet have a local popular name nor was incorporated into their fishing or food habits. The study also evaluated the use of *C. fluminea* as a bioindicator of water quality, evaluated the quality of the water consumed by the population of a marginal village, and the perception of the residents of this village on the water they consume. The water distributed in the village showed to be inadequate for human consumption. The villagers do not have the habit to disinfect the water, which may be associated with diarrhea cases occurring in the community. It was found that inter-relationship between the density occur of *C. fluminea* with the concentrations of total and fecal coliforms over eight months of monitoring, which involved both the rainy and dry seasons. Therefore, the use of *C. fluminea* as bioindicator of water quality in the lower São Francisco proved feasible, can reduce the costs of monitoring and provide more immediate answers to protect public health.

**Keywords:** *Corbicula fluminea*, exotic invading species, lower São Francisco river, water quality, bioindicator.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida da <i>C.fluminea</i> .....	22
Figura 2 – Rio São Francisco e localização do trecho pesquisado.....	24
Figura 3 – Pontos de amostragem de <i>C.fluminea</i> e aglomerados populacionais.....	25
Figura 4 – Esquema de coleta difusa de bentos.....	26
Figura 5 – Esquema de coleta linear de bentos.....	27
Figura 6 – Macrófitas aquáticas no leito do rio São Francisco em frente ao povoado Sampaio.....	29
Figura 7 – Variação do tamanho de <i>C.fluminea</i> coletada.....	32
Figura 8 – <i>C.fluminea</i> coletada com as mãos.....	33
Figura 9 – <i>C.fluminea</i> coletada com peneira.....	33
Figura 10 – Banco de areia exposto pela diminuição do nível do rio.....	34
Figura 11 – Aves se alimentando de <i>C.fluminea</i> .....	34
Figura 12 – Localização da área de estudo.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de amostragem de <i>C.fluminea</i> .....	25
Tabela 2 – Resultado da contagem de <i>C.fluminea</i> (nº de indivíduos/L de bentos).....	32
Tabela 3 – Dados físico-químicos .....	43

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Coliformes totais na água.....	47
Gráfico 2 – Coliformes termotolerantes na água .....	48
Gráfico 3 – Coliformes totais em <i>C.fluminea</i> .....	48
Gráfico 4 – Número de <i>C.fluminea</i> por litro de bentos.....	49
Gráfico 5 – Concentração de coliforme total e termotolerante na água $10^{-2}$ UFC/100 ML e n° de <i>C.fluminea</i> /L de bentos.....	54

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

LSA –Laboratório de Saneamento Ambiental

OMS – Organização Mundial de Saúde

ORP – Potencial de oxirredução

pH –Potencial Hidrogeniônico

SAA – Sistemas de Abastecimento de Água

SAC – Soluções Alternativas Coletivas

UFAL –Universidade Federal de Alagoas

UFC – Unidade Formadora de Colônia

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>20</b>
<b>1 OCORRÊNCIA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA DE MOLUSCO NO BAIXO SÃO FRANCISCO</b> .....	<b>21</b>
1.1 Introdução .....	21
1.2 Materiais e Métodos .....	23
1.2.1 Área de estudo .....	23
1.2.2 Identificação dos organismos coletados .....	24
1.2.3 Coleta e contagem de exemplares de <i>C.fluminea</i> .....	24
1.2.4 Impactos sociais da invasão de <i>C.fluminea</i> .....	27
1.3 Resultados e Discussão .....	28
1.4 Conclusão .....	36
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>37</b>
<b>2 USO DO MOLUSCO <i>CORBICULA FLUMINEA</i> (MULLER, 1774) COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIXO SÃO FRANCISCO</b> .....	<b>38</b>
2.1 Introdução .....	38
2.2 Materiais e Métodos .....	41
2.2.1 Área de estudo .....	41
2.2.2 Entrevistas com moradores do povoado Sampaio .....	42
2.2.3 Análise da qualidade da água .....	43
2.2.4 Contagem, coleta e análise de exemplares de <i>C.fluminea</i> .....	44
2.3 Resultados e Discussão .....	45
2.4 Conclusão .....	54
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água é remota. Almeida (2011), ressalta que na Grécia e na Roma antiga, a preocupação com o meio ambiente e com a qualidade da água já fazia parte das preocupações dos filósofos e do poder público. Na Roma antiga havia

[...] um decreto segundo o qual as atividades dos matadouros, curtumes, fabricantes de azeite e lavanderias, que provocavam desprendimento de cheiros desagradáveis, eram permitidas somente além do rio Tibre, ou seja, em locais desabitados (FELLENBERG, 2009, p.2).

Segundo Freitas e Freitas (2005), a qualidade da água tornou-se uma questão de saúde pública no final do século XIX e início do século XX, devido à compreensão da relação água contaminada e doença. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), citado por Guerra et al. (2006), 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são ocasionados pela contaminação da água. As doenças de veiculação hídrica são caracterizadas principalmente pela ingestão de água contaminada por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral (DOMINGUES, 2007).

No entanto, a importância de se ofertar uma água de qualidade, portanto tratada, só começou a ser reconhecida no início do século XX (FELLENBERG, 2009). A abundância de água foi determinante para que as preocupações com sua qualidade fossem deixadas em segundo plano. Mas, esse aspecto está mudando, já que a escassez e as altas densidades populacionais são realidade em várias partes do mundo e a falta de qualidade passou a ser associada ao aumento de doenças. Portanto, consumir água de qualidade se tornou sinônimo de saúde, diminuindo os gastos públicos com hospitais, remédios e internações.

O crescimento populacional aumentou a demanda por água e trouxe consigo a preocupação com a conservação dos recursos hídricos. Para atender a essa necessidade, o poder público de vários países estabeleceu regras de uso e padrões de qualidade da água, bem como restrições à ocupação do solo de bacias hidrográficas.

O uso e a conservação de um recurso natural devem ser analisados tomando como base territorial as bacias hidrográficas, pois estas se apresentam como unidades fundamentais para o planejamento ambiental (ALBUQUERQUE, 2012). No entanto, os corpos hídricos são extremamente vulneráveis a interferências externas. Nesse contexto, as bacias hidrográficas brasileiras sofrem com o mau uso da água ou com a ação antrópica, causando problemas ao

meio ambiente e prejuízos às populações. Muitas comunidades são afetadas, principalmente no aspecto saúde, devido à disponibilidade de água de baixa qualidade. Silva et al. (2011) nos informam que vários trabalhos têm mostrado a degradação da qualidade da água devido à ação antrópica em bacias brasileiras.

Com o aumento da preocupação em relação a oferta e a qualidade da água e as pesquisas e avanços tecnológicos nessa área, os recursos hídricos adquiriram *status* diferenciado, sendo um dos cerne das questões ambientais atuais. Porém, a utilização indevida dos corpos d'água, como receptores de esgotos domésticos sem tratamento, resíduos sólidos, industriais e agrícolas, tem comprometido sua utilização (LOPES et al., 2013).

Assim, os problemas de contaminação numa bacia hidrográfica podem ser pontuais ou generalizados, mas o que deve ser observado, para além do problema ambiental em si e com maior cuidado, é o alcance imediato que a contaminação pode ter nas comunidades mais próximas. Uma pequena contaminação que não afeta de forma significativa um corpo hídrico de grandes dimensões pode ser extremamente impactante à comunidade local. Dessa forma, os estudos de casos específicos de contaminação ganham importância, pois podem auxiliar na solução de problemas pontuais espalhados pelo território.

O desenvolvimento econômico e social do Brasil tornou alguns direitos mais acessíveis a grande massa da população. Entre esses direitos estão o de abastecimento de água tratada e o de esgotamento sanitário. Nesse contexto, a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, determina que:

Art. 3º - Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

[Cabe à União] I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água;

Art. 11 - Compete às Secretarias de Saúde dos Estados:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com os Municípios e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água;

Art. 12 - Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios:

I - exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano; (BRASIL, 2011).

Portanto, a legislação cria normas para a qualidade da água e determina as competências para zelar por essa qualidade. A legislação também esclarece que



Por sistema de abastecimento de água entendem-se as “soluções clássicas” sob a responsabilidade do poder público ou não, em que o responsável pela prestação do serviço pode ser o serviço de saneamento do município, companhias estaduais de abastecimento ou um ente privado. Os responsáveis por Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Soluções Alternativas Coletivas (SAC) deverão, obrigatória e sistematicamente, exercer o controle da qualidade da água para consumo humano. (BRASIL, 2012, p. 8)

Apesar das determinações legais, o poder público nem sempre cumpre com a sua função de forma completa ou obedecendo a todos os critérios técnicos determinados pela legislação. Assim, ainda é comum a existência de serviços de má qualidade ou incompletos.

Cabe ao poder público zelar pela qualidade da água fornecida aos moradores, buscando enquadrá-la dentro dos parâmetros legais, e garantir a saúde da população. Para isso é preciso que ocorra o monitoramento da qualidade da água. No entanto, nota-se no Brasil uma carência de estudos e programas de monitoramento (LOPES et al., 2013).

Diante dessa realidade, buscou-se investigar a situação de abastecimento de água nos municípios e povoados do baixo rio São Francisco. Considerando que entre a barragem de Xingó e a foz, há uma distância aproximada de 240 km, optou-se por um trecho menor entre a cidade de Gararu, no estado de Sergipe, e Penedo, no estado de Alagoas, para a realização da pesquisa. Ainda devido às condições técnicas de aluguel de barco, piloto, hospedagem etc., optou-se por desenvolver o trabalho a partir do povoado Sampaio, no município alagoano de São Brás. O povoado se encontra em uma distância intermediária entre os extremos do trecho pesquisado, facilitando o deslocamento nos dois sentidos, além disso, o povoado apresenta características que o enquadram nos aspectos citados anteriormente.

No povoado Sampaio, observou-se que não há controle nem exame laboratorial para se detectar possíveis contaminações da água de abastecimento do povoado. Diante desse fato, percebeu-se a necessidade de desenvolver um trabalho de pesquisa, visando buscar alternativas aos processos tradicionais de análise da qualidade da água, usando, para isso, bioindicadores. A proposta se enquadra no que propõe a Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) ao determinar que

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento **deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.**

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

**§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos,** quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas. (CONAMA, 2012, p. 378, grifo nosso).

Indicadores são ferramentas de auxílio à tomada de decisão. Segundo Godoi, Camargo e Sene (2010, p. 2), “são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema”. Assim um indicador pode refletir alterações no meio ambiente e indicar a melhor ação a ser tomada. Segundo Magalhães Júnior (2007), os indicadores nada mais são que informações de caráter quantitativo resultantes do cruzamento de duas ou mais variáveis primárias, como, por exemplo, informações espaciais, temporais, ambientais etc. Os indicadores são em essência simplificações da realidade, objetivando facilitar a compreensão dos fenômenos ao transformar dados em informações que auxiliam a tomada de decisão. Dessa forma, os indicadores são informações pontuais que precisam ser trabalhadas e adequadas à linguagem dos interessados, podendo, além disso, possuir valores de referência ou retratar uma dinâmica temporal, independente da referência. Alguns indicadores necessitam de padrões para referenciar sua interpretação. As referências indicam os limites nos quais a ocorrência de um indicador é ou não nociva ao homem ou ao ambiente. Ao retratar uma dinâmica temporal, o indicador traça o perfil de ocorrência de determinado fenômeno, possibilitando entender sua dinâmica no tempo, facilitando sua comparação com outros indicadores. Existem várias classes de indicadores: socioeconômicos e de qualidade de vida; ecológicos; de estrutura política, legal ou institucional; ambiental; hidrológico; demográfico; de desenvolvimento sustentável etc. Neste trabalho enfocamos, principalmente, os indicadores ambiental e biológico.

O estudo de indicadores ambientais, em termos mundiais, é relativamente recente. Segundo Magalhães Junior (2007), ele ganha força a partir da década de 1980, diferente dos indicadores sociais, que já eram largamente utilizados na década de 1970, e multiplica, na década de 1990, as iniciativas de trabalho com indicadores visando à gestão sustentável dos recursos naturais, seguindo a tendência global da busca do desenvolvimento sustentável. O Brasil segue a mesma tendência mundial, mas segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), ainda estamos atrasados em relação aos países mais desenvolvidos, no entanto

A avaliação biológica da qualidade da água deverá se tornar um procedimento fundamental para o manejo e a proteção dos ecossistemas aquáticos, pois somente essas técnicas biológicas poderão demonstrar se a

integridade desses ecossistemas está sendo mantida (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008, p. 6).

Os indicadores biológicos permitem a análise da qualidade ambiental através dos seres vivos, motivo pelo qual são chamadas de bioindicadores. Segundo Kovács (1992), citado por Magalhães Junior (2007, p. 178), “os bioindicadores são organismos ou populações de ocorrência, vitalidade e comportamento variáveis sob o impacto das condições ambientais”. Ele é, portanto, sensível ou tolerante às condições de poluição, fornecendo informações sobre acumulação de efeitos impactantes passados e sobre os efeitos de poluentes que atuam de forma sistêmica. Zonneveld (1983), citado por Magalhães Junior (2007), aponta que os indicadores biológicos podem ser deficientes devido à complexa natureza dos ecossistemas, devendo haver uma combinação entre bioindicadores e informações físico-químicas, como solução mais adequada à análise de um ambiente.

O parâmetro mais utilizado no mundo para determinar a qualidade da água, principalmente relacionada à saúde pública, é a quantidade de bactérias do tipo coliforme.

O uso das bactérias do tipo coliforme apresenta uma série de vantagens. Segundo Sperling (1996, p. 75), essas bactérias

Apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas. De 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas é composto por bactérias do grupo coliformes, o que aumenta a probabilidade de sua detecção.

Os coliformes apresentam-se em grande número apenas no organismo do homem e de animais de sangue quente.

A resistência dos coliformes no ambiente é similar à maior parte das bactérias patogênicas intestinais, portanto sua presença na água é um bom indicador de riscos de presença de organismos patogênicos.

As técnicas bacteriológicas para a detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

A detecção de bactérias do grupo coliformes pode ser feita em laboratório por análise microbiológica da água, mas também podem ser encontradas em seres vivos bentônicos, principalmente filtradores. A capacidade de se adaptar a ambientes poluídos ou a variação de seu número por m<sup>2</sup> de leito, em geral se delimita um quadrado de 1m de lado no fundo do rio ou lago e se retira o sedimento até uma profundidade pré-determinada, normalmente até a profundidade de ocorrência da espécie estudada, depois conta-se o número de indivíduos, torna o uso de bioindicadores uma alternativa importante ao controle da qualidade da água. Por isso é relevante salientar que os estudos sobre os organismos indicadores vêm crescendo

no mundo e ganhando importância, principalmente relacionados ao desejo de melhoria da qualidade de vida e controle da saúde humana (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

O uso de *C. fluminea* como bioindicador se enquadra nos aspectos técnicos exigidos, sendo ela de fácil coleta, abundante e de grande dispersão no ambiente.

Dessa forma, este trabalho realiza um estudo sobre a distribuição de uma espécie exótica invasora de molusco bivalve, *Corbicula fluminea*(Muller, 1774), no baixo rio São Francisco. Também avalia sua viabilidade como indicador biológico de qualidade de água, bem como os impactos sociais, econômicos e ambientais, compreendidos a partir das percepções que os moradores ribeirinhos têm sobre essa espécie.

# Capítulo 1

# 1 OCORRÊNCIA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA DE MOLUSCO NO BAIXO SÃO FRANCISCO

## 1.1 Introdução

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência dessas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas. O rio São Francisco se enquadra nos problemas descritos, principalmente no que concerne à introdução de espécies exóticas, perda de diversidade aquática e diminuição da qualidade da água (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

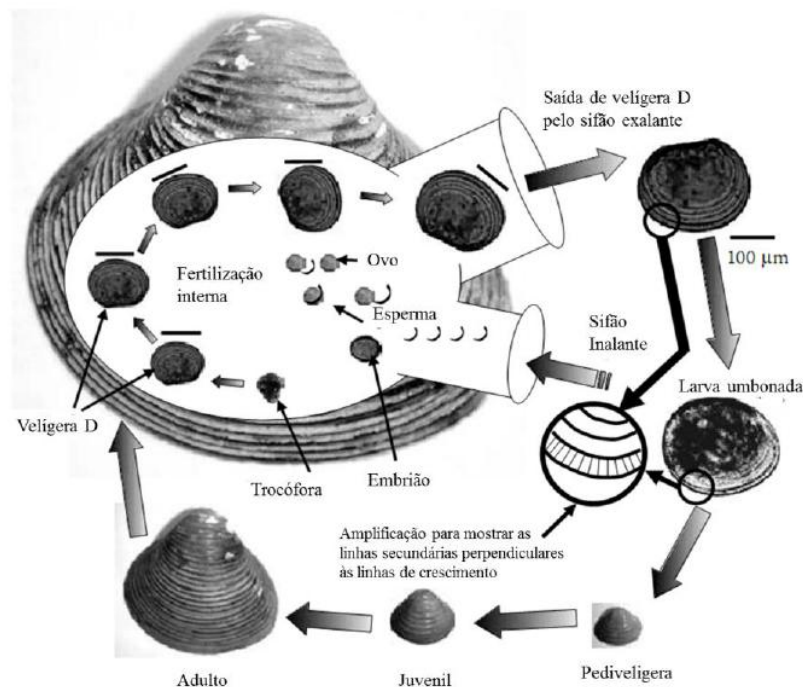
A espécie exótica invasora *Corbicula fluminea* (Muller, 1774), também conhecida como amêijoia asiática ou "asiacclam", é um molusco bivalve de água doce e uma das espécies invasoras de ecossistemas aquáticos mais difundidas no mundo (GABRIEL, 2011).

Segundo Mansur et al. (2004), a *C.fluminea* tem origem asiática e se espalhou pela América, Europa e África no início do século XX, com a coleta mais antiga datada de 1924. Geralmente *C.fluminea* é confundida com a *Corbicula fluminalis*. Segundo Morton (1982), citado por Mansur et al. (2004), a distinção entre elas deve ser feita através das estratégias reprodutivas e da tolerância à salinidade. *C.fluminalis* é característica de ambiente lântico e suporta salinidade entre 15 e 50‰, além de ser predominantemente dioica, quando os dois sexos se encontram em indivíduos separados, e atingir cerca de 5,4 cm na fase adulta.

*C.fluminea* é uma espécie de água doce que atinge cerca de 3 a 4 cm de tamanho na fase adulta, “vive preferencialmente em ambiente lântico, suportando salinidade de no máximo 13‰, sua expectativa de vida é de três anos, reproduzindo-se duas vezes por ano de forma assexuada, pois são hermafroditas proterândicos consecutivos ou simultâneos” (MANSUR et al., 2004). Essas características são utilizadas na identificação e na desambiguação.

O ciclo de vida de *C. fluminea*, representado na Figura 1, facilita sua dispersão. Essa espécie apresenta uma grande capacidade de adaptação, por isso se torna predominante na maior parte dos ambientes em que se instala. O hábito de consumo desse molusco como fonte alimentar não é disseminado na América, África ou Europa, o que colabora para a sua classificação como praga. Segundo Mansur et al. (2004), sua introdução na América do Norte se deu através de imigrantes chineses que a trouxeram para o Canadá como fonte de alimento, já que em seu país de origem é comum o seu consumo, chegando inclusive a ser cultivada em viveiros. Devido à sua alta capacidade adaptativa, rapidamente se espalhou pelos rios e lagos dessa região, ocupando pequenas e grandes bacias dos Estados Unidos, Canadá e México. A introdução de *C. fluminea* na América do Sul teve início pelo estuário do Rio da Prata, provavelmente em água de lastro de navios (MANSUR et al., 2004). Outros estudos apontam sua introdução em países andinos como Colômbia (ARISTIZÁBAL, 2008), Equador e Venezuela (MARTÍNEZ, 1987, citado por PIMPÃO e MARTINS, 2008). Segundo Sousa (2008), *C. fluminea* apresenta diferentes estratégias de invasão, mas as formas são incertas e permanecem no campo das hipóteses. Portanto, não há informações conclusivas sobre sua forma de dispersão na América do Sul.

**Figura 1. Ciclo de vida da *C. fluminea***



Fonte: Mackie&Claudi(2010 apudGABRIEL, 2011).

Mansur et al. (2004) afirma que a espécie foi identificada pela primeira vez no Brasil na Região Sul, mais especificamente na bacia do Jacuí, junto à bacia do Guaíba em 1978, daí a conclusão de que a espécie foi introduzida no país na década de 1970, tendo se alastrado por vários rios brasileiros, inclusive o rio São Francisco. Segundo Borges (2009), em suas coletas de macroinvertebrados no submédio rio São Francisco, o molusco *C.fluminea* apresentou a maior abundância relativa. Já Barros (2007) registrou densidade média de 282,9 ind./m<sup>2</sup> e máxima de 2.386 ind./m<sup>2</sup> de *C.fluminea*, ressaltando que as maiores densidades registradas foram obtidas nas margens. Dessa forma, ela vem se tornando predominante entre os animais bentônicos do rio São Francisco.

Alguns problemas provocados por *C.fluminea* estão relacionados ao declínio das populações bivalves nativos, alteração no sedimento de rios, canais e lagos, pelo grande acúmulo de pseudofezes e valvas, danos à canalização de água de abastecimento urbano, industrial, de usinas hidrelétricas e nucleares (MANSUR et al., 2004). Segundo Takeda et al. (2004), citados por Sousa (2008), a presença de *C.fluminea* é fonte de grande preocupação, pois se observou uma drástica redução das espécies naturais de moluscos após a invasão dessa espécie. Assim, qualquer tipo de controle deve ser adaptado ao problema específico que se quer resolver.

O objetivo geral desta pesquisa foi investigar a distribuição da espécie de molusco bivalve *C.fluminea* no baixo São Francisco. Também foram investigados os impactos ambientais que a ocorrência dessa espécie invasora provoca no rio São Francisco e a percepção dos moradores ribeirinhos em relação à invasão de *C.fluminea*.

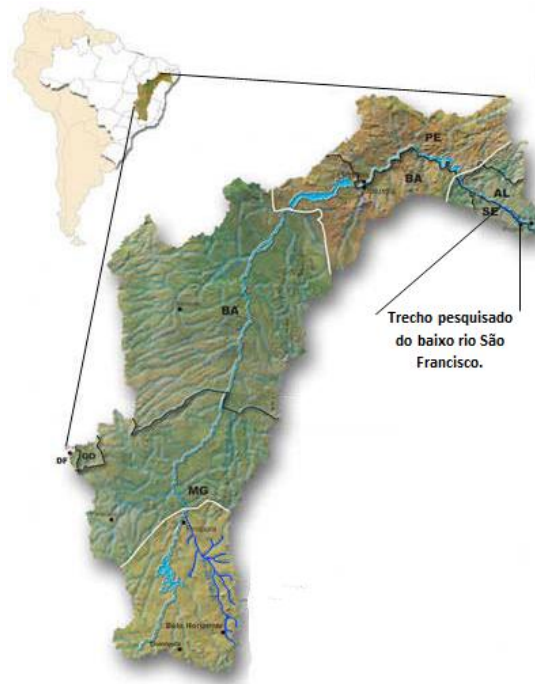
## **1.2 Materiais e Métodos**

### **1.2.1 Área de estudo**

O trecho estudado possui 78 Km e localiza-se entre a cidade de Gararu, no estado de Sergipe, e Penedo, no estado de Alagoas (Figura 2).



**Figura 2. Rio São Francisco e localização do trecho pesquisado**



Fonte: Paz et al. (2008), adaptado.

### 1.2.2 Identificação dos organismos coletados

De acordo com Correia (2012), o molusco pesquisado pertence à classe Bivalvia, família Corbiculidae e espécie *Corbicula fluminea* (Muller, 1774). A identificação da espécie foi realizada através da chave de identificação utilizada por Mugnai et al. (2010), Gabriel (2011), Mansur e Pereira (2006) e Mansur et al. (2004).

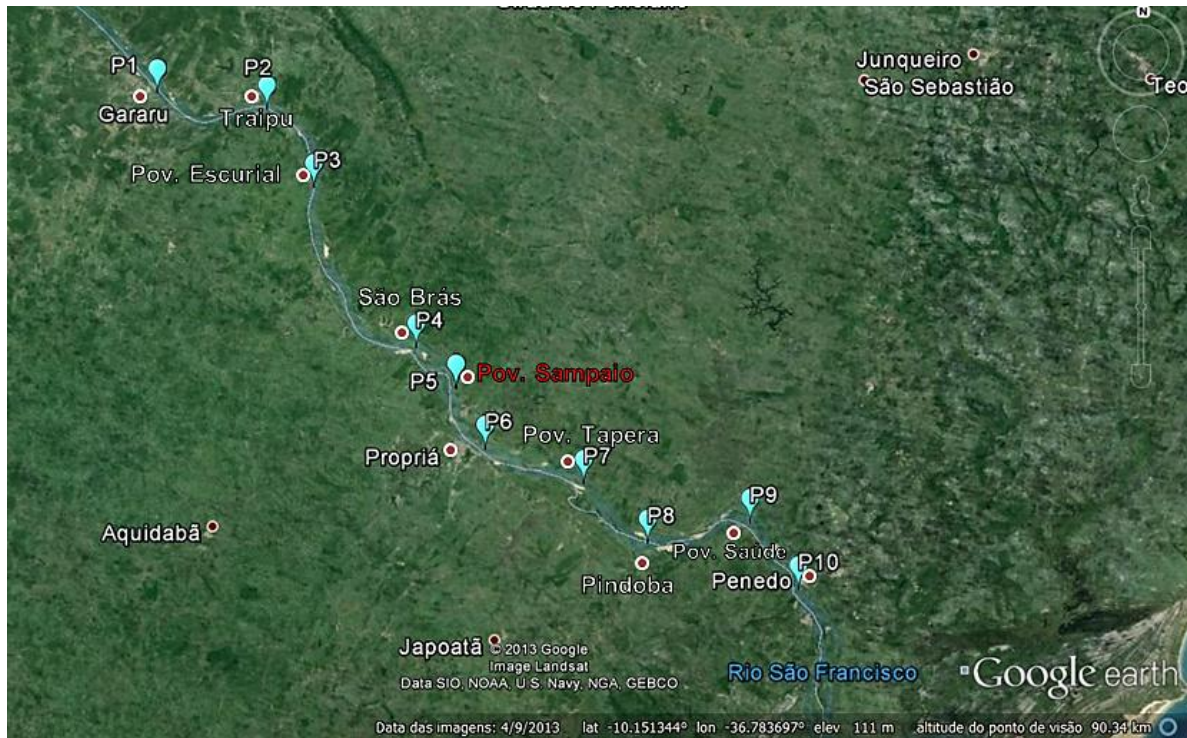
Para fazer a desambiguação, seguiu-se a orientação de Morton (1982), citado por Mansur et al. (2004), que informa que *C. fluminea*, por ser uma espécie de água doce, suporta salinidade de até 13‰ e *C. fluminalis* suporta salinidade entre 15 e 50‰. Assim, uma amostra de 300 exemplares de *C. fluminea* foi colocada em água salina a 20‰ e todos os indivíduos morreram em menos de 24 horas.

### 1.2.3 Coleta e contagem de exemplares de *C. fluminea*

As coletas foram realizadas em bancos de areia situados entre os municípios de Gararu, no estado de Sergipe, e Penedo, no estado de Alagoas (Figura 3), utilizando-se um barco de alumínio com motor de popa. A contagem de *C. fluminea* foi realizada em dez pontos

diferentes (Tabela 1), em duas datas distintas, abrangendo o mês de maio, inverno, período chuvoso, e o mês de novembro, verão, período de estiagem.

**Figura 3. Pontos de amostragem de *C.fluminea* e aglomerados populacionais**



Fonte: Google Earth

**Tabela 1 - Pontos de amostragem de *C.fluminea***

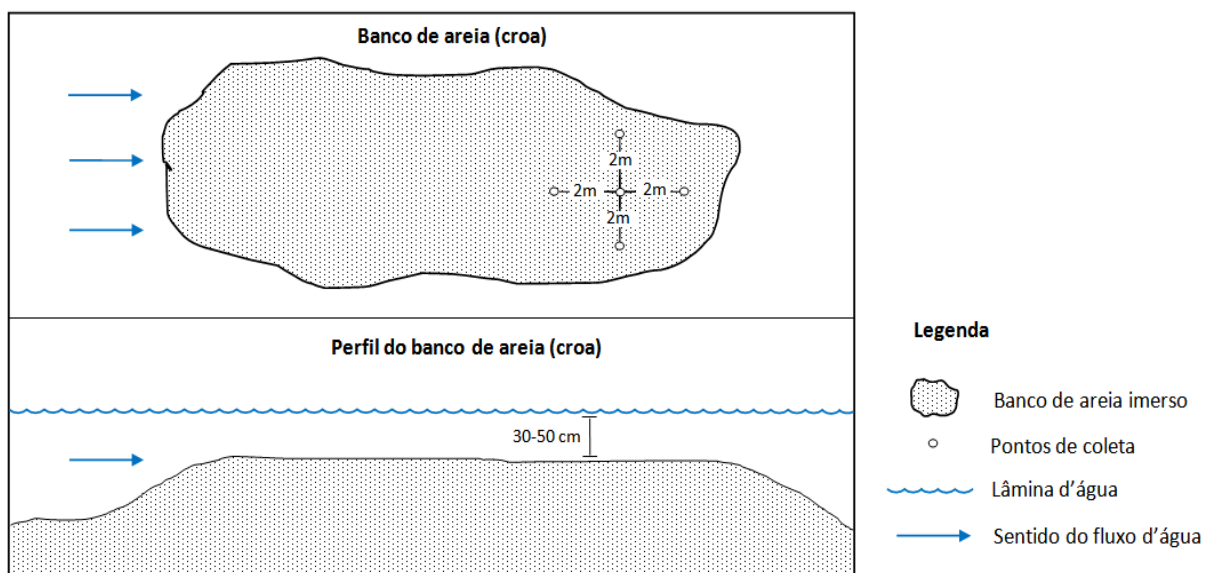
	Pontos amostrados	Latitude	Longitude
P1	Em frente a Gararu - SE	-9.969722°	-37.074770°
P2	Em frente a Traipu - AL	-9.977150°	-36.993841°
P3	Em frente ao povoado Escurial - SE	-10.031356°	-36.956203°
P4	Em frente a São Brás - AL	-10.142100°	-36.874639°
P5	Em frente ao povoado Sampaio - AL	-10.169424°	-36.843731°
P6	Em frente a Propriá - SE	-10.211980°	-36.819873°
P7	Em frente ao povoado Tapera - AL	-10.232405°	-36.746490°
P8	Em frente a Pindoba - SE	-10.272444°	-36.697385°
P9	Em frente ao povoado Saúde - SE	-10.253253°	-36.623533°
P10	Em frente a Penedo - AL	-10.299411°	-36.585290°

As amostragens foram realizadas a uma profundidade que variou entre 30 e 50 cm a partir da lâmina d'água, com um recipiente cilíndrico de um litro de volume, utilizando o método de arraste horizontal manual em lâmina superficial de sedimento com profundidade

bentônica de 10 a 15 cm. Essa profundidade corresponde à área de concentração da *C.fluminea*, já que no trecho pesquisado a partir de 10 cm os exemplares se tornam raros. A coleta foi feita manipulando o recipiente com a mão, enterrando-o no sedimento até que toda a abertura fosse coberta por bentos e deslizando-o horizontalmente para seu enchimento. O material recolhido foi separado e contado no próprio local através de peneira de 2mm.

Buscou-se estabelecer neste trabalho uma média de concentração de *C.fluminea* para todo o banco de areia e não apenas em 1m<sup>2</sup> isolado. Portanto a contagem de *C.fluminea* em cada ponto foi feita por média aritmética dos totais obtidos em cinco amostragens de um litro de bentos. Para que a quantidade média referenciasse adequadamente o local estudado, as cinco amostragens foram distribuídas espacialmente em intervalos mínimos de 2m entre si. Como há grande movimentação de sedimentos nos locais de coleta, além de variação no nível do rio, o banco de areia não se apresentou sempre uniforme, exigindo uma variação no método de distribuição espacial dos pontos de coleta. Quando a superfície submersa do banco de areia se apresentava espalhada horizontalmente em todas as direções, com área superior a 30 m<sup>2</sup>, a coleta era feita de maneira difusa, buscando a forma de uma estrela de quatro pontas, com uma coleta em cada uma das pontas e uma no centro da estrela, sempre respeitando a distância mínima de 2m entre cada ponto de coleta (Figura 4).

**Figura 4 – Esquema de coleta difusa de bentos**

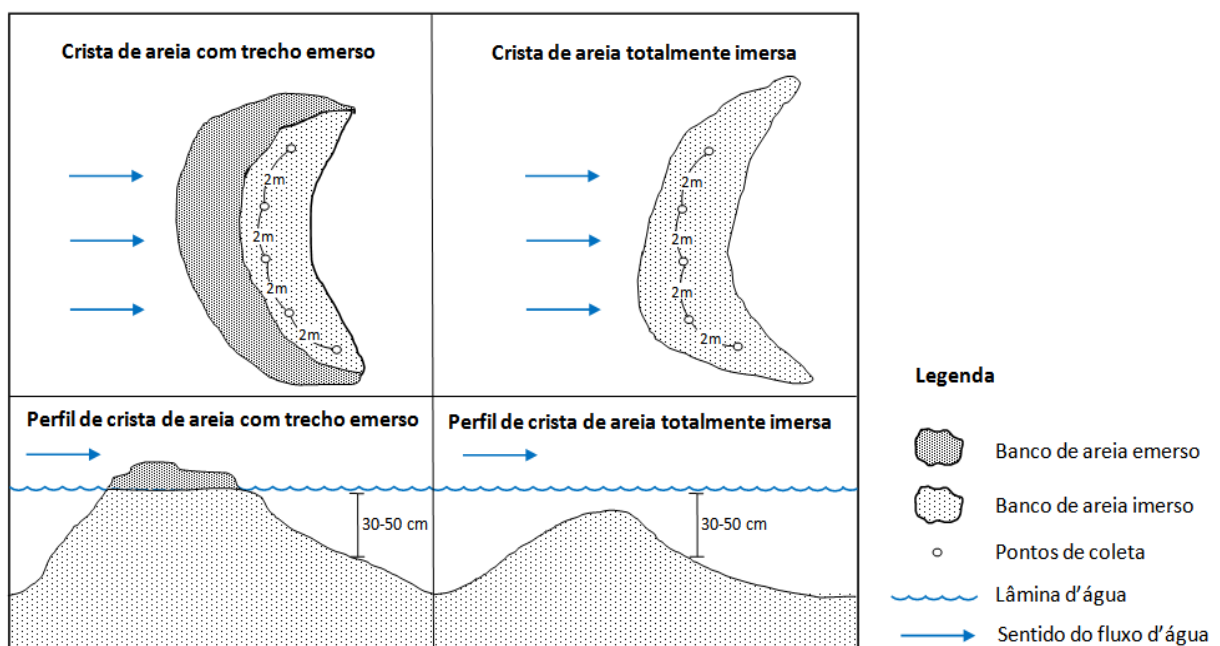


Fonte: elaborado pelo autor

Em alguns períodos, o nível da água desce expondo parte do banco de areia ou alterando a sua forma. Em geral, nessas situações, essas áreas apresentam cristas, que podem

estar imersas ou emersas, e um talude acentuado a jusante e a montante da parte mais elevada. Nessas situações, o banco de areia se apresentava alongado, em função da movimentação de sedimentos provocada pelo fluxo d'água. A coleta, nesses casos, foi realizada no talude a jusante do fluxo d'água, seguindo o sentido longitudinal, sempre respeitando a distância mínima de 2m entre cada amostragem. Dessa forma, a área de coleta apresenta um sentido alongado, linear ou ligeiramente curvo, mas abrangendo uma área equivalente à área onde foi realizada a coleta difusa (Figura 5).

**Figura 5 – Esquema de coleta linear de bentos**



Fonte: elaborado pelo autor

A metodologia utilizada foi elaborada visando o uso de materiais simples e de fácil acesso, para que o método pudesse ser replicado por outros pesquisadores ou pelos próprios moradores ribeirinhos.

#### 1.2.4 Impactos sociais da invasão de *C.fluminea*

Para entender a relação dos ribeirinhos com o rio, o povoado Sampaio, no município de São Brás, estado de Alagoas, foi escolhido para realizar a investigação, já que ele serviu de base operacional e apresentava as características necessárias à investigação. O povoado Sampaio apresenta-se como uma pequena comunidade rural à margem do rio São Francisco, situado a aproximadamente 80 km da foz. Sua economia está baseada em atividades

primárias, possuindo forte relação com a pesca. Para coleta de dados, foi utilizada como instrumento a entrevista, que visou levantar dados sobre a relação de uso e consumo de *C.fluminea*.

Foi utilizada a entrevista despadronizada, seguindo a modalidade não dirigida (MARCONI; LAKATOS, 2005), onde há a liberdade total por parte do entrevistado, que poderá expressar suas opiniões e sentimentos. Nesse tipo de entrevista, a função do entrevistador é de incentivo, levando o informante a falar sobre determinado assunto, sem, entretanto, forçá-lo a responder.

A entrevista teve como objetivo entender as relações de consumo e convivência da comunidade, e mais especificamente dos pescadores, com *C.fluminea*. Os moradores do povoado não utilizam um nome específico para se referir a *C.fluminea*, utilizando a expressão “esse bicho” ou “maçunim”, por isso, nas entrevistas, optou-se por se referir a *C.fluminea* como “maçunim”. Para efetivar essa etapa foi realizado um roteiro prévio de entrevista, abrangendo as seguintes perguntas:

- a) Vocês se alimentam do que pescam no rio?
- b) Vocês conhecem esse “maçunim” (*C.fluminea*) que tem aí no rio?
- c) Vocês comem esse “maçunim” (*C.fluminea*)? Por quê?
- d) Há quanto tempo apareceu esse “maçunim” (*C.fluminea*) no rio?
- e) O “maçunim” causa algum problema para vocês?

Foram entrevistadas 10 pessoas entre pescadores (5) e donas de casa (5), sem distinção de idade ou gênero. Algumas entrevistas foram filmadas ou gravadas com a autorização dos entrevistados e as informações relevantes para esse estudo foram transcritas.

Como os moradores ribeirinhos demonstraram acreditar que o trecho pesquisado estava sendo invadido por uma língua salina, utilizou-se uma sonda multiparâmetros (HORIBA, modelo U53) para fazer a medição da salinidade nos 10 pontos de amostragem da área pesquisada.

### **1.3 Resultados e Discussão**

Em vários trechos da área pesquisada o rio apresenta uma grande quantidade de macrófitas aquáticas submersas, formando um tapete no fundo do rio por dezenas de metros quadrados (Figura 6), além de sedimento lodoso-argiloso no leito, que chega a 1m de

espessura. Também ocorrem bancos de areia ou croas, nas quais foram realizadas as contagens e coletas de *C.fluminea*.

**Figura 6 – Macrófitas aquáticas no leito do rio São Francisco em frente ao povoado Sampaio**



Fonte: o autor

As cidades e povoados do trecho do rio São Francisco pesquisado não apresentam tratamento de esgoto sanitário, sendo os dejetos lançados *in natura* no rio ou em fossas negras. Por isso, todos os pontos de coleta estão situados em frente aos povoados, em um local o mais a jusante possível do aglomerado populacional.

Os bancos de areia que ocorrem nesse trecho do rio São Francisco apresentam grande quantidade de *C.fluminea*, que podem ser coletadas com facilidade e em grande quantidade. A intensidade diminui nas áreas cobertas por macrófitas ou com sedimento lodoso-argiloso; em alguns desses pontos, elas desaparecerem totalmente.

A comunidade do povoado Sampaio tem na pesca uma das mais tradicionais atividades econômicas. De acordo com a Colônia de Pescadores Z 35 de Porto Real do Colégio, há no povoado 18 pescadores registrados que recebem benefício do governo federal em época de defeso, além de outros não registrados que usam a atividade pesqueira como complemento de renda ou lazer. O município de São Brás não possui Colônia de Pescadores (ALAGOAS, 2013).

As perguntas foram feitas visando conhecer melhor a relação dos moradores do povoado com o rio São Francisco e a pesca. A primeira pergunta foi se eles se alimentavam dos produtos pescados nos rio. Todos responderam que sim, apesar de o pescador (P3) e de a dona de casa (DC2) afirmarem que preferem peixe do mar. A segunda pergunta foi se eles conheciam ‘esse bichinho que tem no rio’, (nesse instante o pesquisador mostrou uma *C.fluminea* ao entrevistado). Foram obtidas as seguintes respostas:

- “Esse aí eu não conhecia não”; (P1)
- “Isso é ‘maçunim’ do mar”; (P2)
- “Esse ‘maçunim’ é diferente, o do mar é maior e mais branco”; (P3)
- “Isso é por causa das barragens, depois delas a gente tem pescado um monte de peixe do mar”; (P4)
- “Lá pra cima do rio, em Paulo Afonso, o povo diz que ele veio da China”; (P5)
- “O povo aqui não conhece esses negócios não”; (DC1)
- “Isso é um bicho que tem aí no rio, deve ter subido do mar”; (DC2)
- “Sei não, dizem que é ‘maçunim’, mas eu acho que é diferente”; (DC3)
- “É ostra, só que tá pequena, aqui no rio elas não crescem muito não”; (DC4)
- “É um bicho nojentto que apareceu aí, deve ser parente do caramujo”. (DC5)

A terceira pergunta buscou informações sobre os hábitos alimentares envolvendo a *C.fluminea*. Foi feita a seguinte pergunta: vocês comem esse “maçunim” (*C.fluminea*)? Por quê? Foram obtidas as seguintes respostas:

- “Não, eu só como peixe que eu conheço”; (P1)
- “E isso se come?”; (P2)
- “O povo aqui não tem esse costume não”; (P3)
- “Isso me dá um nojo danado, num posso nem pensar em comer isso que dá um embrulho no estômago”; (P4)
- “Como não, sei não”; (DC1)
- “Eu não sei preparar esse bicho não”; (DC2)
- “Se meu marido trouxe eu preparo, mas nunca comi não”; (DC3)
- “Já comi o do mar, esse é a mesma coisa?”; (DC4)
- “Isso deve fazer mal”. (DC5)

A quarta pergunta objetivou estimar o tempo de ocorrência da *C.fluminea* nesse trecho do rio São Francisco. Foi realizada a seguinte pergunta: há quanto tempo apareceu esse “maçunim” (*C.fluminea*) no rio? As respostas estabeleceram um período de 8 a 10 anos de ocorrência. Esse período corrobora as informações de Agostinho et al. (2005), Mansur e Pereira (2006), Castillo et al. (2007), que indicam um período de cerca de oito anos, após o início da invasão, para que a *C.fluminea* se torne a espécie dominante entre os macroinvertebrados bentônicos.

A última pergunta teve como objetivo relacionar *C.fluminea* a possíveis problemas sociais, ambientais ou econômicos percebidos pela comunidade do povoado. Foi apresentada a seguinte pergunta: o “maçunim” causa algum problema para vocês? Foram obtidas as seguintes respostas:

- “O chão do rio ficou cheio de casca”; (P1)
- “Eu acho que não. A gente já acostumou. Quando a água baixa é que é ruim, fica tudo podre”; (P2)
- “Quando a gente joga a tarrafa numa croa, ela vem cheia deles”; (P3)
- “Quando o rio baixa muito é uma fedentina só, esses bichos que estão nas croas morrem e ficam fedendo”; (P4)
- “Tem lugar que tem tanto que a gente só pisa neles”; (P5)
- “É tanta casca na beira do rio que dá até nojo”; (DC1)
- “Quando eu vejo muito urubu no céu, já sei, o rio baixou e os ‘maçunim’ tão servindo de comida para os urubus”; (DC2)
- “Para mim não tem problema não, eu não vivo dentro do rio”; (DC3)
- “Tem um monte de pássaro que vem pra cá só pra comer eles”; (DC4)
- “A gente vive cortando o pé nas cascas”. (DC5)

Os moradores percebem alterações sofridas pelo rio São Francisco e de forma geral as atribuem à construção das barragens das hidrelétricas de Paulo Afonso e Xingó. A característica hídrica que mais chama atenção dos moradores é o baixo nível do rio e a ausência de ciclos de cheias e vazantes. Nesse aspecto, a relação é mais econômica que ambiental, pois a cheia representava a possibilidade de plantio de arroz nas lagoas e várzeas marginais e maior quantidade de pescado (ANDRADE, 1986).

Com a construção das barragens das hidrelétricas, principalmente Xingó, a variação do nível do rio se tornou menor. As cheias deixaram de ocorrer, e as atividades naturais de plantio, principalmente de arroz, entraram em decadência. Os rizicultores passaram a depender de irrigação artificial para manter o plantio e muitos abandonaram a cultura (CALAZANS, 1996). As atividades pesqueiras, praticadas de modo artesanal com barco de madeira, redes, tarrafas e armadilhas feitas de bambu, sofreram o incremento de novas técnicas, adaptadas às novas condições do rio, como o uso de arbaleta, iscas artificiais, barcos de alumínio e armadilhas de metal. Segundo os pescadores do povoado Sampaio, alguns peixes tradicionais desapareceram ou se tornaram escassos, enquanto outros, até então desconhecidos, surgiram.

A média de ocorrência de indivíduos de *C.fluminea* se mostrou mais alta no período de verão, estiagem, que no período de inverno, chuvoso. A variação do número de indivíduos foi bastante evidente entre os pontos P1 e P5, com diminuição drástica de P5 para P6, e aumento progressivo de P6 a P10 (Tabela 2).



**Tabela 2 – Resultado da contagem de *C.fluminea* (n° de indivíduos/L de bentos)**

Data da coleta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
04/05/2013	4	28	41	74	129	8	17	65	114	148
09/11/2013	7	36	55	98	172	3	21	74	132	163

Nenhum dos indivíduos coletados mediu mais que 4 cm (Figura 7), o que também confirma a identificação da espécie, já que *C.fluminea* atinge na fase adulta entre 3 e 4 cm.

**Figura 7 – Variação do tamanho de *C.fluminea* coletada**



Fonte: o autor

Os moradores entrevistados mostraram um conhecimento limitado sobre *C.fluminea*, associando sua origem ao mar. Na percepção dos moradores, a diminuição da vazão do rio São Francisco alterou o nível da água de tal forma que os animais marinhos estão invadindo o rio muito além da foz. Além disso, os moradores acreditam que há uma língua salina subindo rio acima, e a isso atribuem o aparecimento de animais diferentes do habitual. Em relação à percepção de se a língua salina havia chegado ao rio São Francisco na altura do povoado Sampaio, as opiniões se dividiram. Três pescadores e duas donas de casa disseram que sim, enquanto os demais afirmaram não saber. Nota-se que a ideia está muito presente no imaginário da população, pois nenhuma resposta chegou a contestar a informação.

Foram realizadas duas medições de salinidade nos mesmos pontos de amostragem da *C.fluminea*. As medições foram realizadas nos meses de junho e novembro, meses representativos do período chuvoso e do período de estiagem, e não foi encontrado indício de salinidade, todas as medições indicaram 0% de salinidade.

O molusco *C.fluminea* não faz parte dos hábitos alimentares dos moradores do povoado, apesar de ocorrer em abundância e poder ser pescado com grande facilidade, usando

as mãos ou peneiras (Figuras 8 e 9). O desconhecimento sobre o molusco leva os moradores a criarem preconceitos alimentares. Alguns, sem qualquer base empírica, afirmam que ele deve fazer mal, outros simplesmente têm nojo, enquanto a maioria, simplesmente desconhece o molusco como fonte de alimento. Cabe lembrar que se acredita que ele foi introduzido na América por imigrantes chineses que o utilizam como fonte de alimento e na Ásia seu uso alimentar é bastante difundido. Além disso, ele não difere muito do maçunim consumido no litoral do nordeste brasileiro.

**Figura 8 – *C.fluminea* coletada com as mãos**    **Figura 9 – *C.fluminea* coletada com peneira**



Fonte: o autor

Fonte: o autor

Alguns entrevistados afirmaram que já tinham comido o maçunim do mar, motivo pelo qual foi preparado, com ajuda de um dos pescadores, um prato de *C.fluminea* ao coco, para que eles experimentassem. A quantidade necessária para servir quatro porções foi coletada em quinze minutos, por apenas duas pessoas. Todos que provaram o molusco afirmaram que era muito bom, mas, ao ser questionado se eles acrescentariam o molusco à sua dieta, o pescador P5 afirmou “o bicho é bom, mas dá muito trabalho de preparar”. Essa afirmação foi feita com base na necessidade de lavar, ferver e depenicar (separar a carne da concha) do bivalve antes do preparo.

Os moradores deixam claro em suas respostas que a presença de *C.fluminea* causa transtornos. No entanto, a afirmação de que a variação do nível da água provoca a morte do molusco chamou atenção. Buscou-se, então, investigar o alcance dessas informações. Percebeu-se que, em alguns períodos, a diminuição do nível da água do rio São Francisco deixa parte dos bancos de areia, chamados pelos moradores do povoado de croas, expostos à superfície (Figura 10). Esse fato provocou a morte dos moluscos, atraindo aves e causando

mau cheiro (Figura 11). Os pescadores da região relataram o aumento dos bandos de aves como garças, urubus, jaçanãs e algumas outras desconhecidas na região.

**Figura 10 – Banco de areia exposto****Figura 11 – Aves se alimentando de**  
**pela diminuição do nível do rio** *C.fluminea*



Fonte: o autor



Fonte: o autor

O trecho do rio São Francisco pesquisado apresenta uma grande quantidade de macrófitas submersas, além de sedimento argiloso-arenoso misturado com restos de material orgânico, provavelmente oriundos da decomposição das macrófitas. Segundo relato dos pescadores do povoado, a quantidade de macrófitas submersas vem aumentando nos últimos dez anos. A presença de macrófitas submersas em grande quantidade tem dificultado a pesca, modificando algumas técnicas usadas tradicionalmente na região e obrigando os pescadores a adotarem novas técnicas, até então desconhecidas da comunidade.

A época do aumento de macrófitas submersas no baixo São Francisco parece coincidir com o início da invasão da espécie *C.fluminea*, e é provável que ambos estejam relacionados. Segundo Thomaz e Bini (2003), em ambiente oligotrófico é comum o aumento de macrófitas submersas, já que estas, em geral, não são limitadas pela carência de nutrientes na água, podendo absorvê-los do sedimento, desde que nesse haja matéria capaz de fornecer nutrientes. Assim, a população de molusco e toda a fauna e flora bentônica atua como reservatório de nutrientes em ambientes oligotróficos (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). Tais nutrientes são constantemente solubilizados com a recorrente decomposição de parte da população de *C.fluminea* quando há variação no nível de água. Isso causaria um aumento cíclico na disponibilidade de nutrientes, possibilitando, assim, o aumento das populações de macrófitas submersas.

A distribuição de *C.fluminea* no trecho pesquisado do rio São Francisco mostrou um comportamento irregular, já que não há uma ocorrência uniforme ao longo do leito. Foram observadas duas tendências de aumento sequencial do número de indivíduos, do ponto P1 a

P5 e de P6 a P10. Chamou atenção a diminuição abrupta entre os pontos P5 e P6. O ponto P6, em frente a Propriá, apresenta grande correnteza, é um trecho estreito do rio, onde foi construída uma ponte que liga os estados de Sergipe e Alagoas. Segundo Barros (2007), a *C.fluminea* é encontrada em maior quantidade no rio São Francisco próximo às margens, em áreas com fraca correnteza; nos trechos mais profundos ou de grande velocidade da água, sua ocorrência tende a escassear. Após o ponto P6, o número de indivíduos volta a aumentar gradativamente. As condições ambientais como tipo de sedimento, velocidade da corrente e disponibilidade de alimentos são fatores que podem determinar a maior ou menor concentração de indivíduos. Como os pontos amostrados neste trabalho estavam à mesma profundidade e em bancos de areia, a variação do número de indivíduos deve ser atribuída à velocidade da corrente.

A variação da ocorrência de *C.fluminea* apresentou o mesmo comportamento nas duas medições, com pequena variação para mais no mês de novembro. Apenas no ponto P6, a quantidade encontrada foi inferior no período de estiagem em relação ao período chuvoso.

A densidade de *C.fluminea* encontrada neste estudo é elevada. A cada m<sup>2</sup> de leito do rio com 10 cm de profundidade, há uma densidade média de 13.800 indivíduos. A densidade mínima obtida ocorreu no ponto P6, em 09 de novembro de 2013, com 3 indivíduos por litro de bentos, ou seja, 300 indivíduos por m<sup>2</sup> com 10 cm de profundidade, enquanto a máxima foi obtida no ponto P5, em 09 de novembro de 2013, com 172 indivíduos por litro de bentos ou 17.200 indivíduos por m<sup>2</sup> com 10 cm de profundidade.

A densidade máxima encontrada está acima de valores encontrados por Castillo, Bortoluzzi e Oliveira (2007), 10.000 indivíduos por m<sup>2</sup> com 10 cm de profundidade, no afluente Arroio Imbaá, do rio Uruguai, em Uruguiana; por Barros (2007), 2.386 indivíduos por m<sup>2</sup>, no rio São Francisco; e por Ramalho (2009), 2.724 indivíduos por m<sup>2</sup>, no reservatório de Itaparica, em Petrolândia, Pernambuco. Esses dados nos levam a crer que os pontos P5 e P10 apresentam melhores condições para o desenvolvimento da *C.fluminea*.

É importante destacar que o valor de densidade médio obtido nesta pesquisa está bem acima dos valores máximos obtidos por Barros (2007) e por Ramalho (2009), sendo os trabalhos desses dois pesquisadores realizados no rio São Francisco. Podemos inferir dessa análise comparativa que a densidade de *C.fluminea* no rio São Francisco pode estar aumentando, o que indicaria que a invasão atingiu ou está próxima de atingir o seu ápice ocupacional, e se tornou dominante entre os macroinvertebrados bentônicos.

## 1.4 Conclusão

Identificamos alguns impactos ambientais no baixo rio São Francisco, causados pela invasão de *C.fluminea*, com destaque para a quantidade de conchas vazias no leito, o mau cheiro provocado pela sua morte e decomposição quando o nível do rio diminui e concomitante atração de aves que se alimentam do molusco, bem como sua provável relação com o aumento na densidade de macrófitassubmersas relatada pelos ribeirinhos. Há também impactos culturais, já que as comunidades locais não assimilaram a presença do molusco nem o incorporaram aos seus hábitos de pesca ou alimentares. O nível de conhecimento sobre o molusco ainda é baixo, sendo chamado por boa parte dos ribeirinhos de “esse bicho”, ao contrário do que acontece em outros trechos do rio São Francisco, onde as comunidades já deram nomes locais ao bivalve e o utilizam na alimentação.

# Capítulo 2

## **2 USO DO MOLUSCOCORBICULA FLUMINEA (MULLER, 1774) COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIXO SÃO FRANCISCO**

### **2.1 Introdução**

Os estudos de qualidade da água estão tradicionalmente baseados em parâmetros físicos e químicos, que são pontuais e, dependendo dos parâmetros analisados, dispendiosos. Esse sistema de análise apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens. Essas análises não detectam antecipadamente elementos que alterem a qualidade da água, nem indicam eventos de ocorrência específica em períodos anteriores à coleta. Segundo Whitfield (2001), a amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica. Assim, um lançamento de efluente poluente pode não ser detectado quando da coleta e análise físico-química, se essa se fizer após a dispersão do poluente. Desse modo, o uso de bioindicadores se mostra bastante vantajoso, já que alguns seres vivos são capazes de acumular contaminantes, possibilitando sua identificação mesmo após a dispersão.

Desse modo, o uso de bioindicadores de qualidade de água apresenta vantagens comparativas com relação aos parâmetros físico-químicos, como: rapidez e eficiência na obtenção de resultados, relação custo-benefício, avaliação da qualidade da água *in situ* através do uso de organismos testes, maior susceptibilidade a uma grande variedade de estressores, avaliação da qualidade da água de um ecossistema aquático sem recorrer a análises dos parâmetros físico-químicos e avaliação da função de um ecossistema e monitoramento ambiental em grande escala(EMBRAPA, 2000).

As alterações físico-químicas na qualidade da água podem afetar diretamente o equilíbrio biológico das comunidades constituintes desses ecossistemas, interferindo na abundância e na composição das espécies. Alguns invertebrados aquáticos podem indicar a qualidade dos habitats sem ecossistemas de água doce. A sua presença ou ausência pode ser interpretada como sinal de alterações no ambiente, ou ajudar a diagnosticar as causas de um problema ambiental (GOULART; CALLISTO, 2003).

Alterações físicas, químicas ou biológicas na água podem afetar diretamente a quantidade de moluscos e indicar alterações na qualidade dessa água. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) ressalta que

A ocorrência de um número maior de moluscos em uma determinada área pode apresentar uma estreita relação com o pH da água. Na Amazônia, em água negras que são moles e ácidas, os Mollusca são escassos. Naquela região, na união dos rios Arapuins e Tapajós, onde o pH aumenta de 4,5 para 6,5, aparece uma rica fauna de moluscos. Muitos trabalhos reportam que bivalves são mais comuns em águas duras do que moles. Outro aspecto importante relacionado à ocorrência desse grupo é que o hábito alimentar filtrador característico de alguns gêneros pode estar indicando a presença de material orgânico particulado, inclusive bactérias. Alguns gêneros preferem águas poluídas, porém bem oxigenadas, como pode ser o caso em rios de grande porte como o São Francisco (2000, p. 3).

A água do rio São Francisco tem sua qualidade afetada por vários fatores, dentre os quais se destaca o lançamento de efluentes urbanos que, por não serem tratados, contaminam a água e podem favorecer a transmissão de doenças (LEAL; FRANCO, 2008). As comunidades que vivem à beira do rio usam essa água para consumo humano, dessedentação de animais e irrigação. Desses usos, o mais preocupante é o consumo humano, já que, na maior parte dos povoados à margem do rio, a água não é tratada, sendo o seu consumo feito de forma direta.

Na última década, o Governo Federal investiu no abastecimento de água dos povoados à margem do rio São Francisco, mas o poder público não construiu sistemas de tratamento. Desse modo, várias comunidades possuem água encanada em suas casas, mas não tratamento que garanta a qualidade. Além disso, não há um acompanhamento efetivo, por parte dos órgãos competentes, da qualidade da água consumida por essas comunidades.

O povoado Sampaio, pertencente ao município alagoano de São Brás, se apresenta como uma pequena comunidade rural à margem do rio São Francisco. Sua economia está baseada em atividades primárias, possuindo forte relação com a pesca. O povoado está situado a 7 km da sede do Município e a 2 km da cidade de Porto Real do Colégio. Possui uma população de cerca de 600 habitantes, que vivem da pesca, da agricultura e da pecuária. O povoado possui uma escola de ensino fundamental e nenhuma unidade médico hospitalar. Quando há necessidade de atendimento médico, a maioria dos moradores do povoado se dirige aos postos de saúde da cidade de Porto Real do Colégio.

No povoado Sampaio, o fornecimento de água é feito a partir do bombeamento direto do rio São Francisco para uma caixa d'água, sem qualquer tratamento anterior. Desse reservatório, a água desce para as casas por gravidade, através de uma rede de distribuição. A única medida de desinfecção oferecida é a distribuição de hipoclorito aos moradores.

Segundo Oliveira (2009), bivalves dulcícolas da espécie *C.flumineas* são considerados adequados para o monitoramento de qualidade sanitária da água, por serem animais



bentônicos sedentários, possuem capacidade de filtrar grandes volumes de água, acumulando uma ampla gama de contaminantes e, assim, podendo refletir os efeitos de poluentes presentes no ambiente. Segundo a EMBRAPA,

Os moluscos de um modo geral podem se desenvolver em ambientes com alta concentração de partículas em suspensão na água, as quais, podem ser de origem orgânica originadas de uma possível contaminação por esgoto doméstico, o que poderá afetar a composição da comunidade bentônica dos ambientes aquáticos devido à eutrofização (2000, p. 3).

Por isso, recomenda-se que sejam feitos estudos mais específicos com os moluscos, principalmente pela sua prevalência nos sistemas aquáticos e pela potencialidade que eles apresentam como possíveis veículos de parasitoses, além de serem bioacumuladores de metais pesados.

Segundo Cairns e Pratt (1993, apud QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008, p. 26),

Bioindicador pode ser definido como todo parâmetro biológico, qualitativo ou quantitativo, medido ao nível de indivíduo, população, guilda ou comunidade, e que é efetivamente suscetível para indicar condições ambientais particulares que correspondem, quer a um estado estabelecido, quer a uma variação natural, quer a uma perturbação do meio.

A escolha de um bioindicador deve atender a algumas características que o tornem representativo no estudo. Mas, essencialmente, o bioindicador deve possuir exigências particulares com relação a um conjunto de variáveis físicas, químicas ou ambientais, de tal modo que mudanças na presença/ausência, número ou comportamento da espécie poderão indicar que uma dada variável física ou química está fora de seus limites (JOHNSON et al., apud QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

O molusco bivalve *Corbicula fluminea* é uma espécie exótica invasora que vem se tornando dominante entre os macroinvertebrados bentônicos do rio São Francisco. Assim, a escolha e a utilização de *C. fluminea* nesta pesquisa atende às características exigidas para um bioindicador. Este trabalho consiste no estudo da qualidade da água de abastecimento do povoado Sampaio utilizando *C. fluminea* como bioindicador.

O objetivo geral desta pesquisa é verificar a possibilidade de utilização da espécie de molusco bivalve *C. fluminea* como indicador da qualidade da água no baixo São Francisco, através de um estudo de caso no povoado Sampaio, em Alagoas.

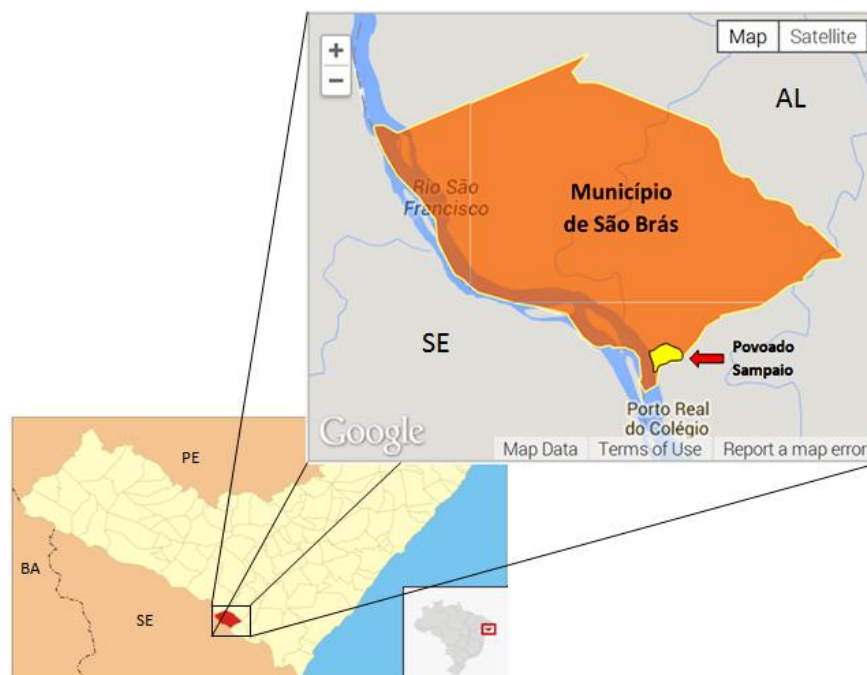
Especificamente, o trabalho visa avaliar a qualidade da água consumida pela população do povoado; investigar a percepção que os moradores têm em relação à qualidade da água que consomem; realizar exames microbiológicos de coliformes em exemplares de *C.flumineacoletados* no rio São Francisco; correlacionar o aumento ou a diminuição da ocorrência de *C.fluminea* com variações nos parâmetros de qualidade da água.

## 2.2 Materiais e Métodos

### 2.2.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas no leito do São Francisco, próximo à tomada de água do sistema de abastecimento do povoado Sampaio (Figura 12). Tradicionalmente a comunidade do povoado Sampaio utiliza a água do rio São Francisco para atender a suas necessidades alimentares, de higiene, lazer e dessedentação animal. Até 2002, a maioria das pessoas buscava água no rio e a levava para casa, ou, ainda, realizava suas atividades de higiene, lavagem de roupa, preparação e limpeza de alimento, diretamente na margem do rio. Apenas algumas famílias dispunham de água encanada em sua residência. Esse serviço era feito de forma particular, pois quem possuía os recursos necessários instalava bombas hidráulicas e bombeava água para sua casa.

**Figura 12 – Localização da área de estudo**



Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Alagoas\\_Micro\\_Traipu.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Alagoas_Micro_Traipu.svg) e Google Maps

Em 2002 foi instalado o sistema de abastecimento de água do povoado Sampaio, contando com uma bomba hidráulica, uma caixa d'água e o sistema de encanamento para distribuição às residências.

Hoje, todas as residências contam com abastecimento de água, mas ela não passa por nenhum tratamento. A água é simplesmente bombeada até a caixa d'água e desce por gravidade até as casas. Segundo a prefeitura municipal de São Brás, não há tratamento prévio, mas a prefeitura distribui hipoclorito regularmente para que as pessoas façam a desinfecção da água.

### **2.2.2 Entrevistas com moradores do povoado Sampaio**

Foram realizadas entrevistas para levantar dados sobre tratamento e armazenamento da água, forma de distribuição e modo como a população usa a água que recebe pelo sistema de abastecimento, bem como o grau de conhecimento das pessoas em relação à qualidade da água que consomem. As entrevistas foram realizadas de maneira informal, sem uso de questionários. As informações adquiridas foram anotadas ou, havendo autorização do entrevistado, gravadas. Antes das entrevistas foi elaborada uma lista de perguntas para direcionar a conversa. Ao longo da entrevista, à medida que as informações eram adquiridas, faziam-se outras perguntas, para se obter as informações desejadas. Foram entrevistadas 10 pessoas, 5 pescadores (P) e 5 donas de casa (DC), sem distinção de idade ou gênero, pois, dessa forma, aumenta a probabilidade estatística de a amostra representar o universo estudado (MARCONI; LAKATOS, 2005). O roteiro prévio de entrevista abrangeu as seguintes perguntas:

- a) Você tem água encanada em sua casa?
- b) A água que você utiliza é tratada ou você faz algum tratamento antes de consumi-la?
- c) Você usa hipoclorito?
- d) A água que você usa é de boa qualidade?
- e) Você acha que pode contrair alguma doença ao consumir essa água (água de abastecimento do povoado)?

### 2.2.3 Análise da qualidade da água

Foram realizadas oito campanhas de amostragem, uma por mês, tendo início no dia 04 de maio de 2013, ao longo de oito meses. Essa distribuição visou abranger o período mais chuvoso do ano, de maio a agosto, e o período de estiagem, principalmente novembro e dezembro.

Em cada coleta foi realizada medição de temperatura da água, pH, potencial de óxi-redução(ORP), condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (TDS), salinidade e profundidade (Tabela 3), com uma sonda multiparâmetros(HORIBA, modelo U53).

**Tabela 3 – Dados físico-químicos**

Parâmetros	Datas das amostragens							
	04/05/13	09/06/13	07/07/13	04/08/13	08/09/13	06/10/13	10/11/13	15/12/13
°C	28.76	27.66	26.24	25.19	25.9	26.37	27.28	28.32
pH	7,14	6,59	5,26	6,23	4,77	4,76	4,82	4,88
ORPmV	283	120	211	260	273	280	240	213
mS/cm	0,079	0,065	0,079	0,159	0,070	0,059	0,075	0,069
NTU	63,6	52,6	51,3	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0
OD mg/l	13,42	12,94	13,10	18,61	13,3	12,85	14,74	9,66
TDS g/l	0,051	0,042	0,051	0,103	0,046	0,039	0,049	0,045
Salt	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0
Profundidade (m)	0,65	0,80	0,85	0,95	0,85	0,65	0,90	0,60

As amostras de água destinadas à análise microbiológica foram colhidas no ponto de captação de água do povoado Sampaio. Utilizaram-se frascos de plástico previamente esterilizados em autoclave. Todas as coletas foram feitas à mesma profundidade em que se encontrava a entrada de água da mangueira da bomba de sucção; variando essa profundidade entre 0,65 m e 0,95 m. Os frascos foram mergulhados dentro d'água ainda fechados e posicionados no sentido oposto à corrente, quando, só então foram destampados para a coleta de água e em seguida acondicionados em caixas térmicas contendo gelo (SILVA, 2010). A determinação das concentrações de coliformes totais e termotolerantes (UFC/100mL) foi realizada por meio do método da membrana filtrante, seguida por cultivo em substrato cromogênico, utilizando-se filtros e placas específicos para esse fim (NKS Chromocult, SartoriusStedimBiotech), segundo as recomendações do fabricante.

Os dados obtidos para as variáveis de qualidade da água foram analisados de acordo com as Resoluções CONAMA 274/00, 357/05e 430/11 para os pontos de coleta da água superficial e Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011do Ministério da Saúde.

#### 2.2.4 Contagem, coleta e análise de exemplares de *C.fluminea*

A coleta de exemplares de *C.fluminea* foi realizada no banco de areia situado na área de captação de água do povoado Sampaio ou, quando não foi possível, no local à montante mais próximo, a uma profundidade que variou entre 30 e 50 cm, com um recipiente cilíndrico de um litro de volume, utilizando o arraste horizontal manual em lâmina superficial de profundidade bentônica de 10 a 15 cm. Nesse caso é dispensado o uso de corda, cestos etc. para coleta, pois esta é feita pelo próprio pesquisador, que manipula o recipiente com a mão, enterrando-o nos sedimentos até que toda a abertura esteja coberta por bentos, quando então desliza-o horizontalmente para que se encha. O material recolhido foi separado no próprio local através de peneira de 2mm. Em cada coleta foram recolhidos entre 70 e 100 exemplares para serem levados para análise no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde foi feita a análise microbiológica para determinar a concentração de coliformes totais e termotolerantes. Os exemplares foram acondicionados em caixas térmicas contendo gelo. O intervalo de tempo entre a coleta de bivalves e o início da análise laboratorial não ultrapassou 24 horas. Foram utilizados em torno de 30 exemplares grandes do molusco para cada análise

No laboratório, os exemplares de *C.fluminea* foram escovados, retirando-se todas as incrustações (cracas, algas, etc) e lavados em água corrente filtrada, enxaguados em água estéril e depositados em uma bandeja esterilizada. Com o auxílio de um bisturi, as valvas foram abertas, selecionando-se todo o seu conteúdo de carne, mais água intervalvar. Para homogeneizar a amostra, foram pesados de forma asséptica 25 g de *C.fluminea* "in natura" (carne + água intervalvar). A amostra foi colocada em um copo de liquidificador previamente esterilizado, juntamente com 225 mL de solução salina estéril (0,85% de NaCl), e homogeneizada por 30 segundos, obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$  denominada suspensão-mãe. A suspensão foi filtrada em filtro de papel para retirada do material sólido. Da solução resultante foram retirados 100 ml para a realização de uma diluição seriada até se obter uma solução  $10^{-3}$  (JORGE, 2002).

A análise microbiológica foi feita pelo método de membrana filtrante, com cromocultura em placa de nutrientes (NKS Chromocult, Sartorius Stedim Biotech), segundo recomendações do fabricante. A água foi filtrada em membrana específica de 0,45  $\mu$ m colocada na placa de nutrientes por 24 horas a uma temperatura de 36°. Em seguida foi realizada a contagem do número de colônias para determinação da concentração de coliformes totais e termotolerantes (UFC/100mL).

### 2.3 Resultados e Discussão

O povoado Sampaio possui serviço de abastecimento de água, mas a água não é tratada, apenas bombeada diretamente do rio para um reservatório, de onde é canalizada para as residências e demais estabelecimentos. O povoado não possui sistema de esgotamento sanitário, e, portanto, não há tratamento de esgoto. A maioria das casas possui fossa não séptica ou fossa negra, como popularmente é conhecida. Esse tipo de fossa se caracteriza por ser uma escavação coberta na superfície, mas feita sem revestimento, onde os dejetos lançados entram diretamente em contato com o solo. O material é absorvido pelo solo, podendo contaminar o lençol freático, e deteriorar a qualidade do meio ambiente e a saúde da população. Algumas casas, apesar de possuírem fossa negra, lançam seus esgotos em valas no quintal ou em ligações irregulares no sistema de drenagem pluvial. Por estar situado à margem do rio São Francisco, os dejetos produzidos pelo povoado fatalmente atingem esse corpo hídrico, que é a fonte de onde se retira a água para abastecimento local. Essa situação foi observada também nas comunidades ribeirinhas a montante e a jusante do povoado Sampaio.

Durante as conversas, os entrevistados demonstraram preocupação com as alterações sofridas pelo São Francisco, principalmente, as referentes ao nível do rio e a ausência dos ciclos de cheia e vazante, além da grande quantidade de bancos de areia, da quantidade de plantas aquáticas e do desaparecimento de alguns peixes.

Nas entrevistas, todos os moradores responderam que possuíam água encanada em casa. A segunda pergunta foi: a água que você utiliza é tratada ou você faz algum tratamento antes de consumi-la? Foram obtidas as seguintes respostas:

“Sei não, eu não trato não, quem faz a comida é minha mulher”; (P1)

“Tratada como? Não sei o que é isso não”; (P2)

“Eu acho que não. Eu não vejo ninguém mexendo na caixa d’água”; (P3)

“É sim, de vez em quando vem alguém de São Brás olhar a caixa d’água”. (P4)

“Eu não sei, mas eu coloco ela na geladeira e só bebo depois que tá gelada, eu não bebo a água da torneira”; (DC1)

“É não, é a mesma coisa de tirar água do rio. Às vezes eu boto água sanitária”; (DC2)

“É nada. Eu só uso essa água para cozinhar e tomar banho, para beber eu mando meu marido buscar água em Colégio [Porto Real do Colégio] todo dia de manhã. A de lá tem cloro”. (DC3)

A terceira pergunta buscou saber o grau de conhecimento sobre o uso de hipoclorito para a desinfecção da água. Eis as respostas:

- “Tem que perguntar a minha mulher”; (P1)
- “O que é isso?”; (P2)
- “Sei não. Tem isso aqui não”; (P5)
- “Quando tem, eu uso. Quando não tem, eu não uso”; (DC2)
- “Eu ganhei uns frasquinhos da moça da prefeitura, mas não sei como usa não, tão lá em casa”; (DC4)
- “Às vezes eu coloco na água de lavar verdura”. (DC5)

A quarta pergunta foi se eles consideravam a água que usavam de boa qualidade. As respostas revelaram percepções bastante divergentes sobre esse aspecto.

- “É água do São Francisco, então é boa sim”; (P2)
- “É a mesma coisa que pegar água na beira do rio”; (P3)
- “Levam essa água até para Arapiraca”; (P4)
- “Às vezes o cheiro não é bom e ela vem cheia de sujeira de mato verde”; (P5)
- “Depende da época do ano. Tem vez que é muito barrenta e tem vez que tem cheiro de mato ou gosto forte de barro”; (DC2)
- “É nada, vem cheia de bagulho que tem no rio, a gente até pediu ao prefeito para botar a bomba mais no fundo, pois ela [a água] tava vindo cheia de mato e lodo”; (DC3)
- “Quando a água do rio baixa demais, o cheiro fica esquisito, às vezes fede”. (DC5)

A quinta pergunta visou descobrir se os moradores associavam a água que consumiam à saúde. Assim, perguntou-se: você acha que pode contrair alguma doença ao consumir essa água (água de abastecimento do povoado)? Ocorreram as seguintes respostas:

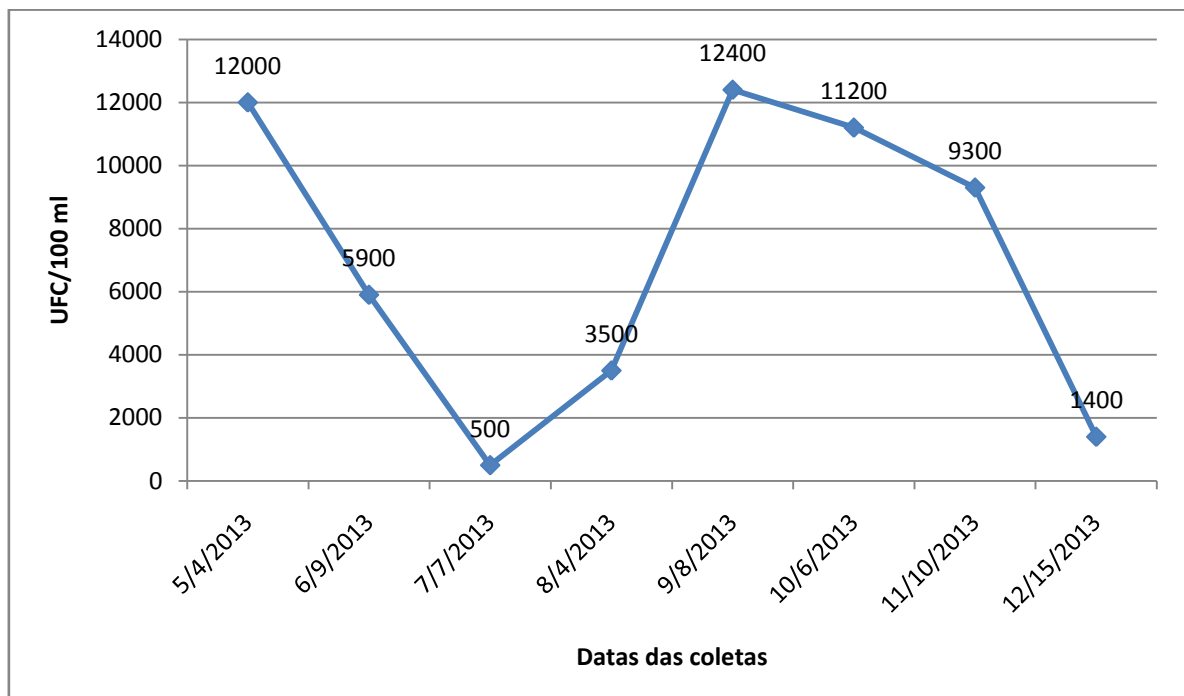
- “Acho que sim, mas fazer o quê?”; (P2)
- “De vez em quando tem menino tendo dor de barriga, eu acho que é da água”; (P3)
- “Adoce sim, a gente até já pediu ao prefeito para botar um posto de saúde aqui. Toda vez que precisa, a gente vai para Colégio [Porto Real do Colégio]”; (P5)
- “Tem gente que tem caganeira [diarreia] direto, eu acho que pode ser da água, mas tem gente aqui que nunca teve nada”; (DC2)
- “Quando a água tá muito suja, acho que sim, eu não uso quando tá assim, só tomo banho. A água de beber e cozinhar eu vou buscar em Colégio [Porto Real do Colégio]”; (DC3)
- “Sei não, acho que sim, esses meninos vivem tomando banho no rio, devem pegar alguma coisa”. (DC4)

Os resultados físico-químicos investigados se apresentaram dentro dos parâmetros determinados pelas Resoluções CONAMA 357/05, 274/00 e 430/11 e pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

A variação da temperatura da água, ao longo do período pesquisado, apresentou uma amplitude térmica de 3,57 °C, com máxima de 28,76 °C e mínima de 25,19 °C. O pH se apresentou dentro do intervalo 6-9 em 37,5% das amostras; nas demais os valores estavam abaixo de 6, com índices variando entre 5,26 e 4,76. O potencial de oxirredução apresentou uma média de 235 mV, o que indica grande capacidade de oxirredução. O menor ORP foi obtido no dia 01 de junho de 2013, 120 mV, estando todos os demais valores acima de 200 mV. A água do rio São Francisco, no ponto de estudo, apresenta alto nível de oxigênio dissolvido e baixo índice de sólidos dissolvidos totais, condutividade e turbidez. A profundidade variou pouco, mantendo-se dentro do intervalo de 35cm entre a menor (0,6m) e a maior (0,95m) profundidade.

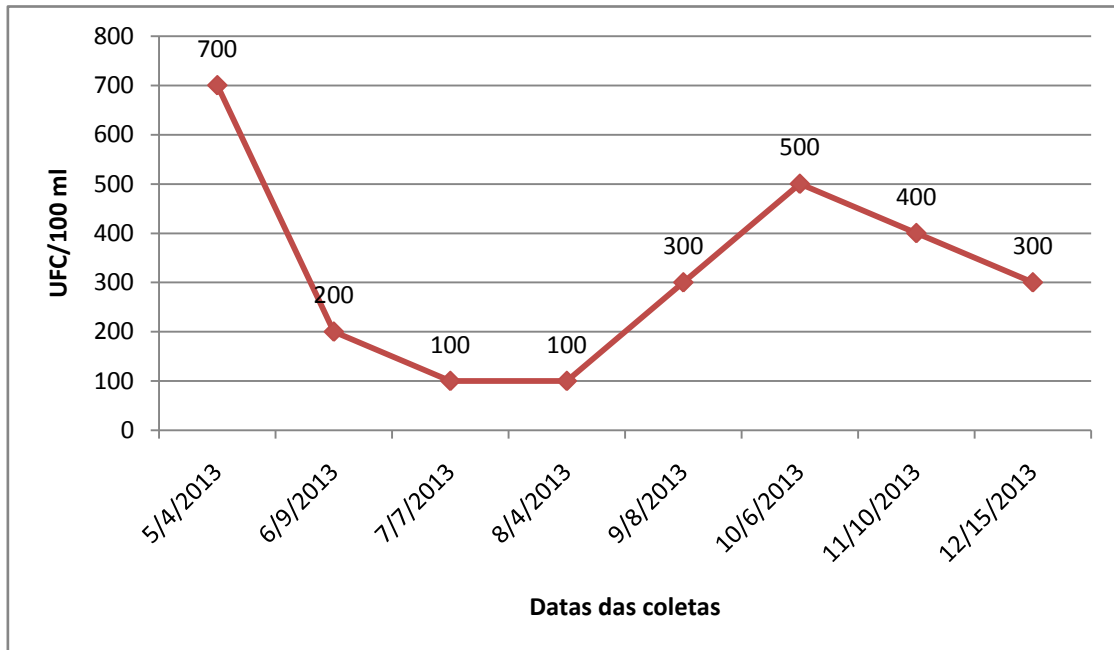
Já os exames da água apresentaram coliformes totais e termotolerantes em todas as amostras (Gráficos 1 e 2).

**Gráfico 1 – Coliformes totais na água**



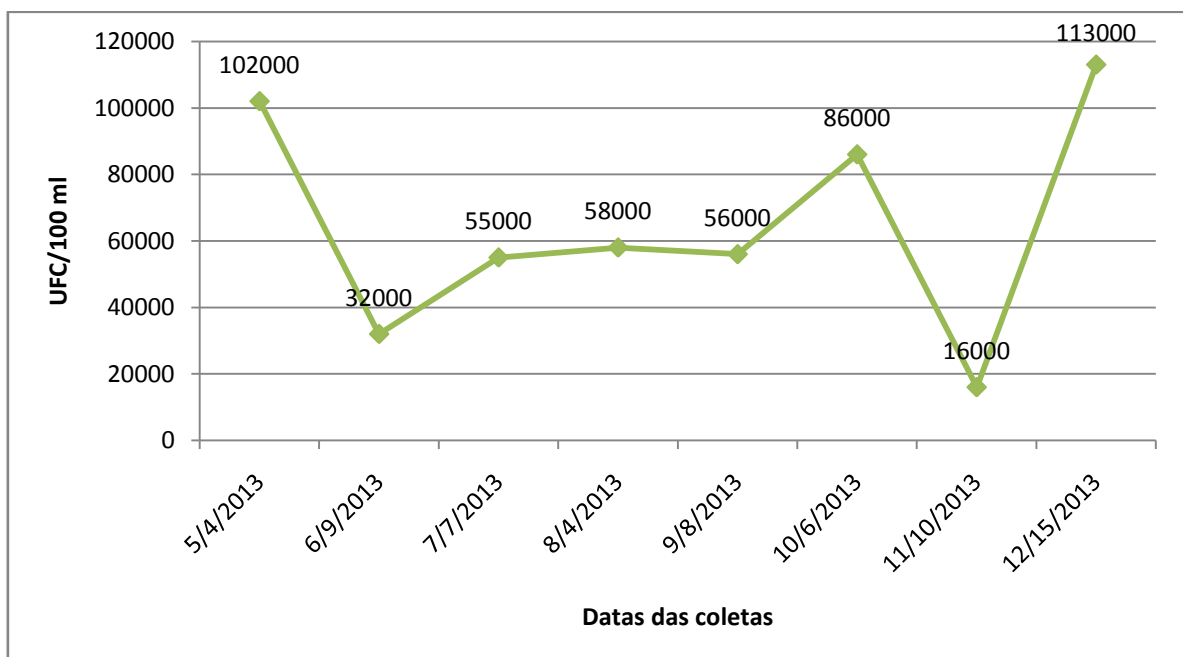


**Gráfico 2 – Coliformes termotolerantes na água**



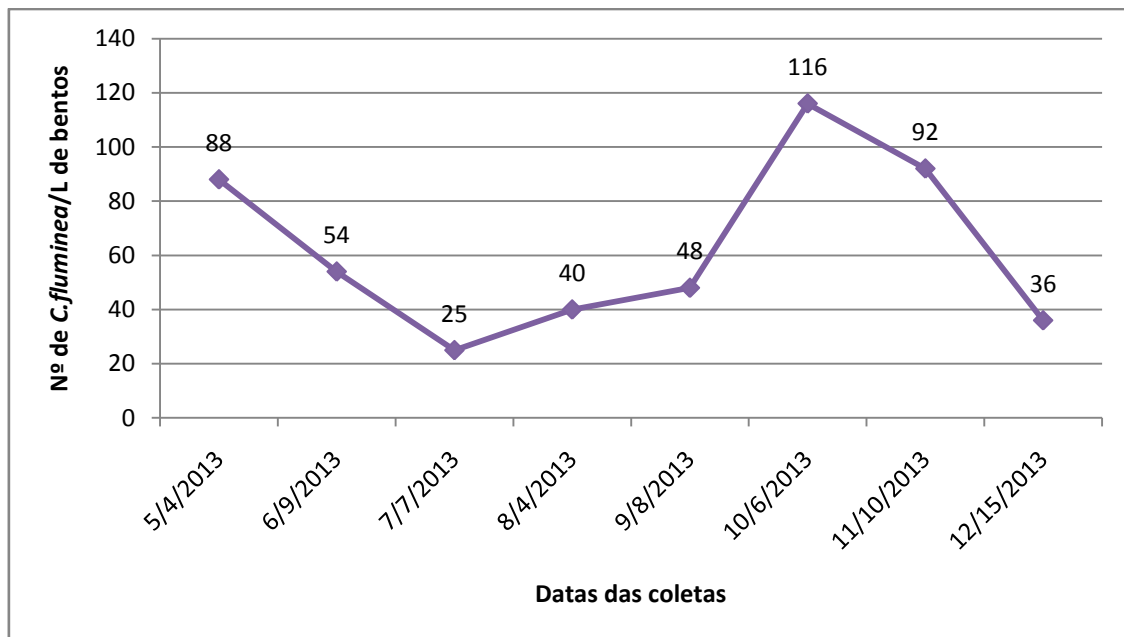
Os exames laboratoriais indicaram uma grande quantidade de coliformes totais nas amostras de *C. fluminea*, mas não foram encontrados coliformes termotolerantes (Gráfico 3).

**Gráfico 3– Coliformes totais em *C. fluminea***



Os números obtidos de *C.fluminea* por litro de bentos são mostrados no Gráfico 4. Foi encontrada uma densidade média de 6.237 indivíduos para cada m<sup>2</sup> de leito do rio com 10 cm de profundidade. A densidade mínima obtida ocorreu no dia 07 de julho de 2013 com 25 indivíduos por litro de bentos, ou seja, 2500 indivíduos por m<sup>2</sup>, enquanto a máxima foi obtida no dia 06 de outubro de 2013, com 116 indivíduos por litro de bentos ou 11.600 indivíduos por m<sup>2</sup>.

**Gráfico 4 - Número de *C.fluminea* por litro de bentos**



As entrevistas mostraram que os moradores percebem alterações sofridas pelo rio São Francisco e de forma geral as atribuem à construção das barragens das hidrelétricas de Paulo Afonso e Xingó. As características hídricas que mais chamam a atenção dos moradores são o baixo nível do rio e a ausência de ciclos de cheias e vazantes. As referências ao nível do rio foram constantes e presentes em todas as entrevistas. Percebeu-se que nesse aspecto, a relação é mais econômica que ambiental, pois a cheia representava a possibilidade de plantio de arroz nas lagoas e várzeas marginais e maior quantidade de pescado. Percebeu-se também que a influência do ciclo de cheia e vazante do rio era decisiva na vida econômica regional, pois ele controlava o calendário agrícola. Segundo Andrade (1986, p. 115), a grande variação do volume d'água do São Francisco, entre a cheia, quando a vazão sobe a 13.000 m<sup>3</sup>/s, e a vazante, quando essa vazão se torna inferior a 900 m<sup>3</sup>/s, garantia a inundação das várzeas e lagoas marginais entre os meses de novembro e fevereiro, quando o débito sobe; e a drenagem

dessa água durante o período de vazante, quando a água acumulada era liberada gradualmente, através de portas d'água, garantindo o plantio na margem úmida das lagoas e várzeas e o aproveitamento do pescado. A grande diferença entre a vazão do passado, no período de cheia, e o atual nível do rio, mantido constante pela CHESF em  $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ , é tão marcante que chama a atenção dos moradores ribeirinhos.

As respostas demonstraram um grande desconhecimento da qualidade da água pela maioria dos moradores que a consomem. A resposta do pescador (P4) chama atenção, pois, ao ser perguntado sobre a frequência com que ocorria essa visita à caixa d'água, ele não soube responder com precisão, afirmando “sei lá, a cada dois ou três meses”. A dona de casa (DC1) acha que, ao resfriar a água na geladeira, ela se torna propícia para o consumo, já a dona de casa (DC2) tem consciência de que a água não tem tratamento, mas não faz a desinfecção com regularidade. Apenas a dona de casa (DC3) demonstrou algum cuidado com a água que consome, pois, ao utilizar a água da cidade de Porto Real do Colégio, ela busca o uso de uma água tratada.

Os pescadores se mostraram alheios ao conhecimento sobre o uso de hipoclorito, já as donas de casa, em sua maioria, demonstraram a falta de conhecimento sobre o uso correto do produto. A resposta da dona de casa (DC2) levou ao questionamento sobre a frequência com que o hipoclorito é distribuído no povoado. As respostas foram variadas, mas observou-se que há falta constante do produto e que a pessoa responsável pela distribuição, que antes fazia a distribuição de casa em casa, deixa o produto estocado na própria casa à espera de quem deseje obtê-lo. Ela também afirmou que “às vezes falta hipoclorito por dois, três ou quatro meses seguidos” e que “as pessoas desacostumaram de pegar”.

As opiniões sobre a qualidade da água que consomem é muito variada, mas a percepção aparente através da cor, da turbidez e do odor são os maiores indicadores. Chama atenção as referências à quantidade de material orgânico presente na água e ao cheiro em certas épocas. Por isso, perguntou-se aos moradores quando isso ocorria com mais frequência, apontando as respostas para a variação do nível do rio, provocada pela diferença de descarga na barragem de Xingó, como responsável pela variação sazonal da qualidade da água que consomem.

As respostas demonstram que os moradores desconfiam da relação entre a qualidade da água e a saúde, mas não têm uma visão muito clara de como ocorre essa relação. Como os entrevistados relataram casos de diarreia, buscaram-se informações sobre esse aspecto no posto de saúde da cidade de São Brás e de Porto Real do Colégio. Em São Brás, a diretora do hospital informou que ocorrem muitos casos de diarreia na cidade, mas que eles não possuem

dados estatísticos mais específicos sobre a causa ou a origem de cada doente atendido, apenas que a maioria dos casos é de moradores dos povoados; ela informou também que não poderíamos ter acesso aos prontuários para fazermos esse levantamento. Em Porto Real do Colégio, a secretária do posto de saúde informou que ocorrem de 3 a 5 atendimentos de casos de diarreia por semana e que a quase totalidade dos atendimentos é de pessoas da zona rural. Ao ser indagado se havia atendimento aos moradores do povoado Sampaio, ela informou que “quase toda semana”. Os dados levantados mostram indícios ligando os casos de diarreia à qualidade da água do povoado Sampaio, mas o estabelecimento de causa-efeito carece de informações mais consistentes e de uma investigação mais específica, o que estava fora do escopo deste trabalho.

Os resultados físico-químicos apresentaram índices que enquadram a água dentro dos parâmetros de balneabilidade segundo a legislação. As temperaturas obtidas se encontram dentro dos valores médios das águas dos rios brasileiros, entre 20 e 30 °C, (SPERLING, 1996). Os resultados de pH, obtidos neste trabalho, apresentam índices abaixo de 6 em 62,5% das medições. Esses valores, provavelmente, são devido às condições naturais do corpo hídrico analisado, portanto enquadra-se na exceção da Resolução CONAMA 274/2000, que determina valores de pH entre 6 e 9, exceto para as condições naturais (CONAMA, 2012).

Ambientes ricos em oxigênio tendem a apresentar alto índice de ORP, facilitando os processos de autodepuração aeróbia. Os dados indicam que há uma diminuição do ORP nos meses de inverno, apesar de este ser o período chuvoso no local da pesquisa. Esse fato pode estar relacionado à diminuição da vazão observada no ano de 2013, quando a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) diminuiu a vazão de 1.300m<sup>3</sup>/s na foz para 1.100 m<sup>3</sup>/s (CHESF, 2013). Tendo início no mês de abril de 2013, a redução da vazão se estendeu até o mês de dezembro do mesmo ano, sendo prorrogada até o dia 31 de janeiro de 2014 (CHESF, 2014).

A água do rio São Francisco, no ponto de estudo, apresenta alto nível de oxigênio dissolvido e baixo índice de sólidos dissolvidos totais, condutividade e turbidez.

Os resultados de coliformes totais em *C.fluminea* indicam que as chuvas na região do local da pesquisa tendem a diluir a concentração de coliformes totais. Como o molusco possui grande capacidade adaptativa e grande capacidade de autodepuração, quanto maior a concentração de coliformes totais na água, maior será a concentração de coliformes totais na *C.fluminea*. Todos os resultados microbiológicos para coliformes termotolerantes em *C.fluminea* foram negativos. Esse fato pode estar relacionado à baixa ocorrência relativa de coliformes termotolerantes na água e a grande capacidade de autodepuração da *C.fluminea*.

A ocorrência de coliformes totais em grande quantidade em *C.fluminea* não inviabiliza o seu uso como alimento já que o processo de cozimento é suficiente para eliminar as bactérias que porventura se encontrem no molusco. No entanto seu consumo *in natura* é desaconselhável (NASCIMENTO, 2011).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limites para a classificação das águas quanto à presença de coliformes termotolerantes, mas não em relação à presença de coliformes totais, visto que estes estão presentes na natureza e não indicam necessariamente risco à saúde. Trata-se de um grupo amplo que inclui cerca de 20 espécies e engloba tanto bactérias do trato intestinal de animais quanto bactérias não entéricas, o que faz de sua contagem um representativo de contaminação geral (RIZZO-BENATO, 2004). No entanto, a sua análise é importante e indicada, já que vários estudos mostram que a presença de coliformes totais em grande quantidade aumenta a probabilidade de presença de coliformes termotolerantes (SILVA; ARAUJO, 2003; D'AGUILA, et al. 2000; AMARAL, 2003). Segundo Sperling (1996), não há uma relação definida entre a ocorrência de coliformes totais em uma amostra e a presença de organismos patogênicos, mas implicitamente usa-se uma relação 5 (coliformes totais/coliformes termotolerantes = 5), portanto, há uma probabilidade de que para cada valor obtido de coliformes totais, haja um quinto desse valor de coliformes termotolerantes.

Os resultados mostram grande ocorrência de coliformes totais na água e a presença de coliformes termotolerantes. De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a água para consumo humano não deve apresentar bactérias do grupo coliformes totais após o tratamento, pois é um indicativo da ineficiência do processo e desinfecção utilizado ou de problemas de (re)contaminação na rede de distribuição. No entanto, não há tratamento no sistema de abastecimento de água destinado à população do povoado Sampaio, portanto a água consumida encontra-se em desacordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Ainda, a água apresentava-se como própria para balneabilidade (recreação de contato primário) nas datas examinadas, podendo ser enquadrada como excelente ou muito boa, de acordo com a Resolução CONAMA 274/2000.

A presença de coliformes termotolerantes indica a contaminação por fezes de animais de sangue quente. Ou seja, nesse contexto, aplica-se a interpretação básica do emprego de organismos indicadores, segundo a qual sua presença atesta poluição de origem fecal e, portanto, o risco de contaminação pela presença de patógenos.

A quantidade máxima de indivíduos por m<sup>2</sup> encontrada no local da pesquisa está acima de valores encontrados por Castillo (2007), 10.000 indivíduos por m<sup>2</sup>, no afluente Arroio Imbaá, do rio Uruguai, em Uruguiana; por Barros (2007), 2.386 indivíduos por m<sup>2</sup>,

no rio São Francisco; e por Ramalho (2009), 2.724 indivíduos por m<sup>2</sup>, no reservatório de Itaparica, em Petrolândia, Pernambuco. Esses dados mostram que a área pesquisada apresenta condições ideais para o desenvolvimento da *C.fluminea*.

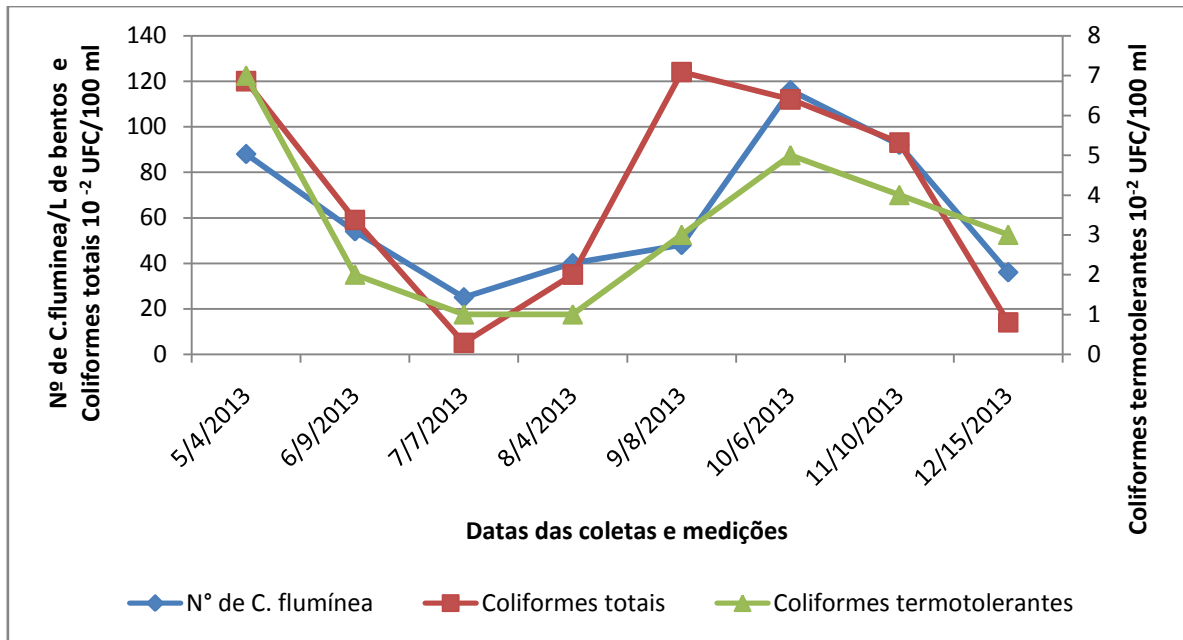
É importante destacar que o valor de densidade mínimo obtido no povoado Sampaio está bem próximo dos valores máximos obtidos por Barros (2007) e por Ramalho (2009), cujos trabalhos foram realizados no rio São Francisco. Podemos inferir dessa análise comparativa que a densidade de *C.fluminea* no rio São Francisco pode estar aumentando, o que indica que a invasão atingiu ou está próxima de atingir o seu ápice ocupacional.

A comparação entre os valores obtidos de ocorrência de coliformes totais na água e o número de indivíduos de *C.fluminea* mostra que há uma relação direta entre esses bioindicadores. O aumento da concentração de coliformes totais é seguido pelo aumento do número de indivíduos de *C.fluminea* presente em um litro de bentos. O mesmo ocorre com a diminuição da concentração de coliformes totais. Nota-se um pequeno atraso em relação a essa tendência, o que pode ser atribuído naturalmente ao tempo de reprodução e declínio populacional da *C.fluminea*.

Os resultados laboratoriais não indicaram a presença de coliformes termotolerantes nos exemplares de *C.fluminea* analisados, mas, ao compararmos a ocorrência de coliformes termotolerantes na água com o número de indivíduos de *C.fluminea* presente em um litro de bentos, se estabelece uma evidente correlação. Nesse caso, a resposta da quantidade do número de indivíduos de *C.fluminea* presente em um litro de bentos apresenta maior coincidência do que com os valores de coliformes totais. Por fim, comparando os três parâmetros (Gráfico 5), fica claro que a quantidade de *C.fluminea* presente em um litro de bentos reflete as concentrações de coliformes totais e termotolerantes na água.

Relacionando o número de *C.fluminea* com a concentração de coliformes termotolerantes, chega-se a uma proporção de  $\pm 1$  para 5, ou seja, para cada uma ocorrência de *C.fluminea* por litro de bentos foram identificadas 5 UFC/100 ml de água. Já a relação do número de *C.fluminea* com a concentração de coliformes totais, chega a uma proporção de  $\pm 1$  para 112, ou seja, para cada uma ocorrência de *C.fluminea* por litro de bentos foram identificadas 112 UFC/100 ml de água.

**Gráfico 5 – Concentração de coliforme total e termotolerante na água  $10^{-2}$  UFC/100 ml e nº de *C.fluminea*/L de bentos**



	04/05/2013	09/06/2013	07/07/2013	04/08/2013	08/09/2013	06/10/2013	10/11/2013	15/12/2013
◆ Nº de <i>C. fluminea</i>	88	54	25	40	48	116	92	36
■ Coliformes totais	120	59	5	35	124	112	93	14
▲ Coliformes termotolerantes	7	2	1	1	3	5	4	3

## 2.4 Conclusão

A oferta de água a uma comunidade, através de um sistema de abastecimento, é uma obrigação do governo, seja ele federal, estadual ou municipal, cabendo-lhes, por conseguinte, zelar pela qualidade da água oferecida à comunidade. Mesmo nos casos em que o abastecimento é feito por empresa privada ou concessionária, o governo deve fiscalizar e garantir a qualidade da água oferecida. No povoado Sampaio, essa atribuição está a cargo da Prefeitura Municipal de São Brás, que não cumpre com sua obrigação legal, pois oferece água sem tratamento à comunidade, descumprindo a legislação.

A Prefeitura Municipal de São Brás possui, como única medida sanitária de tratamento da água, a distribuição de hipoclorito, mas essa medida se mostra ineficaz do ponto de vista da desinfecção da água, pois a comunidade não foi educada ambientalmente para efetivar sua utilização.

A Prefeitura também não faz o acompanhamento periódico das condições de potabilidade da água oferecida à comunidade, nem faz qualquer acompanhamento em relação

ao uso do hipoclorito nas residências. A distribuição do hipoclorito é irregular, havendo períodos superiores a dois meses com ausência do produto. Além disso, alguns moradores relataram que não fazem o uso contínuo do produto e que desconhecem a qualidade da água que consomem. Dessa forma, é necessário fazer o monitoramento da qualidade da água para assegurar a saúde de seus usuários.

Os resultados microbiológicos indicam que a água, no ponto de captação para abastecimento do povoado Sampaio, apresenta padrão de qualidade, para os parâmetros analisados, que a enquadram como classe 2, de acordo com o CONAMA 357/05, que determina a classificação pelo padrão mais restritivo (CONAMA, 2012), portanto seu uso para consumo humano só deveria ocorrer após tratamento convencional.

O padrão climático da região, com chuvas mais intensas de março a setembro e chuvas mais escassas de outubro a fevereiro, influencia diretamente três parâmetros: sólidos dissolvidos totais, condutividade e turbidez. A maior quantidade de chuva na região aumenta os valores desses parâmetros.

Parâmetros como OD, ORP e temperatura apresentaram valores dentro do que recomendam a legislação e a literatura para uma água com alto padrão de qualidade, assim como os valores de turbidez. Já o pH apresentou índices abaixo de 6 em 62,5% das medições, valores abaixo do que determina a legislação, mas, por se tratar de um corpo hídrico em condições naturais, os valores não são considerados desabonadores da qualidade da água, já que a própria legislação, a Resolução CONAMA 274/2000, prevê essa possibilidade (CONAMA, 2012).

Os exames microbiológicos nos exemplares de *C.fluminea* indicaram uma grande presença de coliformes totais, mas não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes. Todas as amostras de água apresentaram a presença de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Portanto, a água usada no abastecimento do povoado Sampaio pode oferecer risco à saúde da população.

Os moradores do povoado Sampaio relatam casos de diarreia, mas não fazem associação com as possíveis causas, apenas alguns poucos desconfiam que a causa possa estar relacionada à qualidade da água.

Esses fatos podem ser relacionados ao índice de casos de diarreia relatados pela diretora do hospital de São Brás, que afirma que a maioria dos casos é de pessoas vindas dos povoados, e pela secretária do posto de saúde de Porto Real do Colégio, segundo a qual ocorrerem de três a cinco atendimentos de casos de diarreia por semana, sendo eles, quase totalmente, apresentados por pessoas da zona rural. É importante lembrar que, devido à



proximidade do povoado com a cidade de Porto Real do Colégio, apenas 2 km, a maioria dos pacientes do povoado Sampaio é atendida na cidade de Porto Real do Colégio. Todos esses aspectos indicam uma forte relação entre a qualidade da água de abastecimento do povoado Sampaio e os casos de diarreia.

Todas as amostras de água apresentaram a presença de coliformes totais e termotolerantes, mas o mesmo não ocorreu com a *C.fluminea*, portanto o uso de *C.fluminea* como indicador biológico de qualidade da água através de análise microbiológica não se mostrou eficiente, já que não foi encontrado coliforme termotolerante em *C.fluminea* quando este foi detectado na água.

No entanto, há uma relação direta entre o número de indivíduos de *C.fluminea* encontrado em um litro de bentos e o aumento ou a diminuição da ocorrência de coliformes totais e termotolerantes na água.

Ao compararmos a oscilação da quantidade de coliformes totais encontrados na água com a variação do número de *C.fluminea* encontrado em um litro de bentos, nota-se que o aumento ou a diminuição do número de *C.fluminea* ocorre sempre com um pequeno atraso em relação à variação de coliformes totais. Isso pode ser explicado pelo tempo necessário à reprodução do bivalve e à resistência deste às situações de menos alimento antes do declínio da comunidade do molusco.

Em relação à ocorrência de coliformes termotolerantes e ao número de *C.fluminea*, o aumento ou a diminuição desses dois indicadores biológicos ocorre com maior sincronismo. A resposta da quantidade do número de indivíduos de *C.fluminea* presente em um litro de bentos em relação à ocorrência de coliformes termotolerante é praticamente idêntica.

Dessa forma, pode-se afirmar que o uso de *C.fluminea* como bioindicador, a partir do acompanhamento da variação do número de indivíduos por litro de bentos, é uma ferramenta válida para a determinação da qualidade da água do rio São Francisco no ponto de abastecimento do povoado Sampaio.

## Conclusão

Os estudos sobre as condições sociais, ambientais e ecológicas em um ambiente e suas interações são importantes para mostrar um panorama integrado de relações. Este estudo mostrou que a pesquisa de uma espécie exótica invasora no rio São Francisco, levando em consideração a percepção da comunidade ribeirinha, ampliou as possibilidades de entendimento da dinâmica da área e apontou para aspectos a serem pesquisados, que, sem o levantamento dessas percepções, não seriam observados pelo pesquisador.

A investigação da distribuição de *C.fluminea* em um trecho de 78 km do rio São Francisco mostrou que sua ocorrência não é regular e que existem pontos do rio com condições ideais de reprodução e desenvolvimento do molusco.

Apesar de a *C.fluminea* estar presente no rio, a comunidade ribeirinha do povoado Sampaio ainda não se apropriou dela como elemento da sua região. Não há o uso do bivalve nas atividades de pesca, de produção de artesanato ou de alimentação. A comunidade encara o invasor apenas como um problema ou como um inconveniente.

A água consumida pela comunidade do povoado Sampaio não apresenta qualidade adequada para consumo; apenas se mostrou adequada para a recreação de contato primário, sendo, portanto, balneável. Como a água apresentou níveis de coliformes acima dos limites para água de abastecimento, infere-se que os casos de diarreia que ocorrem na comunidade podem estar associados a essa situação.

O poder público não está cumprindo seu papel de fornecer água tratada à comunidade, nem de fazer o monitoramento de sua qualidade. Nesse aspecto, o uso de *C.fluminea* como bioindicador da qualidade da água no baixo São Francisco se mostrou viável, podendo baratear os custos de monitoramento e fornecer respostas mais imediatas para proteção da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Ângelo A.; THOMAZ, Sidinei M.; GOMES, LUIZ C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**: vol. 1, n. 1, p. 70-78, jul., 2005.
- ALAGOAS, Secretaria de Estado da Pesca e Aquicultura. **Relações das colônias dos pescadores do estado de Alagoas**. [2013]. Disponível em: <<http://www.pesca.al.gov.br/pescadores-colonias-e-associacoes/relacoes-das-colonias-dos-pescadores-do-estado-de-alagoas>>. Acesso em 04 jan. 2014.
- ALBUQUERQUE, Adoréa Rebello da Cunha. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial, Manaus, vol.4, n. 4, p. 201-209, 2012.
- ALMEIDA, Jacqueline Praxedes de. **Educação ambiental: história e formação docente**. Maceió: Edufal, 2011.
- AMARAL, Luiz Augusto do. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, vol. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.
- ANDRADE, Manoel Correia de. **A Terra e o Homem no Nordeste**. São Paulo: Editora Atlas, 1986.
- ARISTIZÁBAL, Maria Virginia De la Hoz. Primer registro en Colombia de *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), una especie invasora. **Boletín de investigaciones marinas y costeras**, Santa Marta, vol.7, n.1, p. 197-202, 2008.
- BARROS, José Carlos Nascimento de. et al. **Inventário da malacofaunalimnética do submédio e baixo São Francisco, visando identificar a presença de espécies exóticas**. 95 f. Relatório técnico final apresentado a Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF, 2007.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 dez. 2011, n. 239, Seção 1, p. 39.
- BRASIL. **Perguntas frequentes sobre a portaria MS nº 2.914/2011**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.
- BORGES, Hugo Leandro Ferreira. et al. Caracterização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório de Sobradinho e submédio rio São Francisco. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, 9, 2009, Recife. **Anais...** Recife: 2009, CD-ROM.
- CALAZANS, Denis Rocha. **Projeto Itiúba: o pequeno produtor e a rizicultura em Porto Real do Colégio (AL)**. 1996. 55 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 1996.

CAMARGO, Antônio Fernando Monteiro; PEZZATO, Maura Maria; HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, Sidinei Magela; BINI, Luis Maurício. (Orgs.) **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003, p. 59-83.

CARDIM, George R. et al. **Manual de boas práticas ambientais**. Brasília: Senado Federal, 2008.

CASTILLO, André Ribeiro; BORTOLUZZI, Luis Roberval; OLIVEIRA, Édison V. Distribuição e densidade populacional de *Corbicula fluminea* (Mueller, 1744) do arroio Imbaá, rio Uruguai, Uruguaiana, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, vol. 5, n. 1, p. 25-29, 2007.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO [CHESF](Brasil). **Redução temporária da vazão mínima do rio São Francisco para 1.100m<sup>3</sup>/s a partir da UHE de Sobradinho: 3º Relatório mensal de acompanhamento. out., 2013**. Disponível em: <[http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/conteudos\\_portal/docs/RTDORH\\_019\\_\\_2013\\_\\_IBAMA.pdf](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/conteudos_portal/docs/RTDORH_019__2013__IBAMA.pdf)>. Acesso em: 08 de jan. 2014.

COMPANHIA HIDRELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO [CHESF](Brasil). **FAX SOC 001/2014 - Prorrogação de medida de redução de vazões nos trechos submédio e baixo da bacia do rio São Francisco. jan., 2014**. Disponível em: <[http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/conteudos\\_portal/docs/FAXSOC0012014Circular.pdf](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/conteudos_portal/docs/FAXSOC0012014Circular.pdf)>. Acesso em: 08 de jan. 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE [CONAMA](Brasil). Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade das águas brasileiras. In: Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012, p. 371-373.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE [CONAMA](Brasil). Resolução n° 357, de 17 de março de 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. In: Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012, p. 374-400.

CORREIA, Jozélia Maria de Sousa. et al. Malacofaunalimnética da ecorregião aquática xingu-tapajós. In: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Ecorregiões Aquáticas Xingu-Tapajós**. Brasília: [s.n.], 2012, p. 139-162.

D'AGUILA, Paulo Soares. et al. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol. 16, n. 3, p. 791-798, jul-set, 2000.

DOMINGUES, Vanessa Oliveira. et al. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Revista Saúde: Revista do Centro de Ciências da Saúde**, Santa Maria, vol. 33, n. 1, p. 15-19, 2007.

- EMBRAPA (Brasil). Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco. **Comunicado técnico Embrapa Meio Ambiente**, Brasília, n. 3, p. 1-4, nov., 2000.
- FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos problemas de poluição ambiental**. 6 ed. São Paulo: Editora E.P.U., 2009.
- FREITAS, Marcelo Bessa; FREITAS, Carlos Machado de. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, vol. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005.
- GABRIEL, Rita Sofia Garrido Paulo. **Monitorização e Controlo da Amêijoia asiática, *Corbicula fluminea***. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2011.
- GODOI, Isama; CAMARGO, Danielle; SENE, Luciane. Indicadores microbiológicos da água e solo. In: ISEMINÁRIO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, **Anais...** Marechal Cândido Rondon, maio, 2010.
- GOULART, Michael Dave C.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Fapam em Revista**, ano 2, p. 153 – 164, 2003.
- GUERRA, Natália Maria Maciel. et al. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, vol. 28, n. 1, p. 13-18, jan.-mar., 2006.
- JORGE, Leila Cristina. et al. Interações dos processos sócio-ambientais nas bacias das Enseadas de Icaraí e São Francisco, Niterói (RJ). 2. Organismos Aquáticos como Bioindicadores da Qualidade Ambiental com enfoque no mexilhão Perna perna (Linnaeus, 1798), em Niterói-RJ. **Mundo & Vida**, Niterói, vol. 3, n. 2, p. 108-116, 2002.
- LEAL, Diego Averaldo Guiguet; FRANCO, Regina Maura Bueno. Moluscos bivalves destinados ao consumo humano como vetores de protozoários patogênicos: metodologias de detecção e normas de controle. **Revista Panamericana de Infectologia**, São Paulo, vol. 10, n. 4, p. 48-57, abr., 2008.
- LOPES, Frederico Wagner de Azevedo; MAGALHÃES Junior, Antônio Pereira; SPERLING, Eduardo Von. Balneabilidade em águas doces no Brasil: riscos a saúde, limitações metodológicas e operacionais. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, vol. 16 p. 28-47, Jun., 2013.
- MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- MANSUR, Maria Cristina Dreher. et al. Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (mollusca, bivalvia, veneroidea, corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul. In: SILVA, Julieta Salles Vianna da; SOUZA, Rosa Cristina

Corrêa Luz de. (Orgs.). **Água de lastro e bioinvasão**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 39-58.

MANSUR, Maria Cristina Dreher; PEREIRA, Daniel. Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoidea, Veneroidea e Mytiloidea). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, vol. 23 n. 4, p. 1123–1147, dez., 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

MUGNAI, Ricardo; NESSIMIAN, Jorge Luiz; BAPTISTA, Darcilio Fernandes. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010.

NASCIMENTO, Viviane Andrade. et al. Qualidade Microbiológica de Moluscos Bivalves - Sururu e Ostras submetidos a tratamento térmico e estocagem congelada. **SCIENTIA PLENA**: Revista da Associação Sergipana de Ciências, Aracaju, vol. 7, n. 4, p. 1-5, 2011.

OLIVEIRA, Luciana Fernandes de. **Biomarcadores no bivalve *Corbicula fluminea* e suas relações com a qualidade da água de uma microbacia urbana**. 2009. 73f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

PAZ, Aline. et al. Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG). **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, vol. 3, n. 3, p. 149-158, set.-dez. 2008.

PIMPÃO, Daniel Mansur; MARTINS, Demetrius da Silva. Ocorrência do molusco asiático *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia, Corbiculidae) no baixo rio Negro, Amazônia central. **Acta Amazônica**: Revista do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, vol. 38, n.3, p. 589-592, 2008.

QUEIROZ, Júlio Ferraz de; SILVA, Mariana Silveira Guerra Moura e; TRIVINHO-STRIXINO, Susana. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de águas**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2008.

RAMALHO, Daniel de Figueiredo. et al. Diversidade de moluscos no Reservatório de Itaparica (Petrolândia, PE) com ênfase nas espécies invasoras *Corbicula fluminea* (bivalvia, corbiculidae) e *Melanoidestuberculatus* (Gastropoda, Thiaridae). In: IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX, **Anais...** Recife, outubro 2009.

RIZZO-BENATO, Roberta Teresa. **Qualidade microbiológica do leite e do sorvete de massa de uma indústria de pequeno porte do município de Piracicaba/SP**. 2004. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, São Paulo, 2004.

SILVA, Rita de Cássia Assis da; ARAÚJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, vol. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, José Antônio Aleixo da. et al. **O código florestal e a ciência**: contribuições para o diálogo. São Paulo:SBPC, 2011.

SILVA, Neuselyda. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Livraria Varela Editora, 2010.

SOUSA, Ronaldo Gomes de. **FactorscontributingtotheinvasivesuccessofCorbicula flumínea (Müller, 1774)**. 2008. 214f. Tese (Doutorado em Ciências do Meio Aquático) - Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto, Porto, 2008.

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

THOMAZ, Sidinei Magela; BINI, Luis Maurício. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: \_\_\_\_\_. (Orgs.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003, p. 19-38.

WHITFIELD, John. Vital signs.**Nature**, London, vol. 411, n. 28, p. 989-990, 2001.