

COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF  
DIVISÃO DE MEIO AMBIENTE DE GERAÇÃO - DEMG

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO  
DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA E OPERAÇÃO  
COM DESCARREGADOR DE FUNDO**

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS  
CTNE - 92.2015.3150.00**



**1º RELATÓRIO MENSAL**

**JANEIRO / 2016**



**CARUSO JR**

ESTUDOS AMBIENTAIS & ENGENHARIA LTDA

FLORIANÓPOLIS /SC: Rua Dom Jaime Câmara, 170 - 12º andar

Centro - CEP: 88015-120 - Fone/Fax: (48) 3223-4620

E-mail: contato@carusojrea.com.br

Home page: www.carusojrea.com.br

# MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

## VERSÃO FINAL

**Caruso Jr Estudos Ambientais e Engenharia Ltda.**  
Rua Dom Jaime Câmara 170, 12º Andar – Ed. Prime Tower – Centro  
CEP: 88015-120 – Fone/Fax: (48) 3223-4620 - Florianópolis / SC  
[www.carusojrea.com.br](http://www.carusojrea.com.br) - contato@carusojrea.com.br

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS .....</b>    | <b>2</b>  |
| <b>2.1. INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2.2. OBJETIVOS .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2.3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>2.3.1. Pontos de monitoramento e períodos de amostragem .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>2.3.2. Amostragem da Biomassa.....</b>                            | <b>4</b>  |
| <b>2.3.3. Sensoriamento remoto dos bancos monitorados.....</b>       | <b>6</b>  |
| <b>2.3.4. Análise dos Dados.....</b>                                 | <b>6</b>  |
| <b>2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>2.4.1. Levantamento florístico .....</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>2.4.2. Biomassa e frequência de ocorrência .....</b>              | <b>14</b> |
| <b>2.4.3. Dispersão Espacial (Georreferenciamento).....</b>          | <b>18</b> |
| <b>2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                               | <b>22</b> |
| <b>3. EQUIPE TÉCNICA.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                           | <b>24</b> |

## 1. APRESENTAÇÃO

A CARUSO JR. ESTUDOS AMBIENTAIS & ENGENHARIA LTDA., contratada para realizar os Serviços do **Programa de Monitoramento do Rio São Francisco Durante o Período de Vazão Reduzida e Operação com Descarregador de Fundo**, que consiste em um conjunto de medidas destinadas a identificar, relatar e monitorar os eventos adversos relacionados a essa operação. A Chesf irá realizar o Monitoramento da Qualidade de Água, Monitoramento da Cunha Salina, Monitoramento de Macrófitas Aquáticas, Monitoramento dos Processos Erosivos, Monitoramento Qualitativo e Quantitativo dos Sedimentos, Pesca Artesanal e Resgate de Ictiofauna, a jusante da UHE Sobradinho.

Este relatório contempla o detalhamento dos serviços que serão executados pela equipe técnica da CARUSO JR ao longo do contrato, junto à Divisão de Meio Ambiente de Geração da CHESF - DEMG/CHESF, e tem escopo as exigências apresentadas nas Especificações Técnicas ET-DEMG-12/2015.

## 2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

### 2.1. INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são plantas visíveis a olho nu “cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente ou por alguns meses em cada ano, submersas em água ou flutuantes em sua superfície” (COOK et al., 1974; ESTEVES, 2011). Essas plantas participam diretamente da ciclagem dos nutrientes, assim como, protegem as margens de rios, lagos e lagoas contra a erosão (ESTEVES, 2011). São extremamente úteis na proteção de organismos em fases jovens (larvas), tais como, insetos e peixes, e, ainda servem como substrato para o perifíton, dentre outras finalidades (POTT e POTT, 2000; ESTEVES, 2011).

Entretanto, o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas invasoras é reportado como uma das principais causas da perda da biodiversidade aquática no mundo, sendo a erradicação dessas plantas custosa e dispendiosa (BRUNDU, 2015). Além dos danos ecológicos supracitados, a proliferação de macrófitas aquáticas invasoras pode causar prejuízos a diversas atividades humanas, como por exemplo, navegação, agricultura, abastecimento público e geração de energia por hidrelétricas (ESTEVES, 2011). Nesse último caso, os “bancos” (aglomerados de espécimes flutuantes) de macrófitas aquáticas encalham nas turbinas de geração de energia das hidrelétricas, causando nessas turbinas, perda de força motriz e, conseqüentemente, redução do potencial de geração (MOURA-JUNIOR et al., 2011).

Nesse contexto, a estimativa de produtividade primária (avaliação temporal da biomassa ou quantidade de matéria orgânica, expressa pelo peso úmido ou seco de cada espécie, por unidade de área ou volume), surge como uma importante ferramenta no monitoramento de macrófitas aquáticas, podendo identificar eventos de bioinvasão (POMPEO e MOSCHINI-CARLOS, 2003) e, conseqüentemente, evitar os danos sócio-ambientais relacionados ao crescimento desordenado dessas plantas. A utilização do sensoriamento remoto também consiste em uma ferramenta importante no manejo de macrófitas invasoras (PIVARI, 2011). Essa ferramenta obtém informações sobre extensão de áreas colonizadas para macrófitas aquáticas pela utilização de imagens de satélite, sendo portanto, um método não destrutivo e com resultados precisos sobre o crescimento da biomassa macrófitas aquáticas (PIVARI, 2011).

A bioinvasão de macrófitas aquáticas é reportada comumente para ambientes fortemente influenciados por variações de cota e vazão, como por exemplo, reservatórios ou hidrelétricas (BINI e



THOMAZ, 2005; SOUSA et al., 2009). A variação do regime hidrológico em ambientes represados modifica as propriedades físico-químicas da água, o que altera os processos de interação interespecífica dessa comunidade, podendo, sobre determinadas situações, ocasionar a proliferação de espécies de macrófitas aquáticas invasoras (SOUSA et al., 2009). Essas espécies colonizam preferencialmente ambientes lênticos ou semi-lênticos devido, dentre vários fatores, a baixa energia hidráulica ou vazão ou as especificidades limnológicas desses ambientes (SOUSA et al., 2009; MOURA-JUNIOR et al., 2011), tais como: elevada concentração de nutrientes nitrogenados e fosfatados e reduzida turbidez (SOUSA et al., 2009).

Dessa forma, o presente monitoramento da biomassa e o sensoriamento remoto de macrófitas aquáticas em pontos específicos dos trechos sub-médio e baixo rio São Francisco, para um período de redução da vazão (800 m<sup>3</sup>/s) do rio São Francisco, permitirá a identificação de possíveis eventos de bioinvasão dessas plantas, evitando danos sócio-ambientais nesses trechos.

## **2.2. OBJETIVOS**

Este monitoramento tem como objetivo avaliar a produtividade primária (acompanhamento temporal da biomassa) e dispersão espacial (área e densidade) de macrófitas aquáticas em trechos do submédio e baixo Rio São Francisco, durante o período de vazão reduzida (800 m<sup>3</sup>/s) nesses trechos do rio, compreendendo os reservatórios neles inseridos.

## **2.3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.3.1. Pontos de monitoramento e períodos de amostragem**

O presente monitoramento vem sendo realizado em dois bancos de macrófitas aquáticas localizados na área de influência do rio Moxotó e um inserido no reservatório de Itaparica (Quadro 1 e Figura 1). As coletas do monitoramento tiveram início em janeiro de 2016 e se estenderão até maio de 2016, sendo as mesmas realizadas mensalmente. Os resultados apresentados nesse relatório são referentes à primeira expedição de coleta, realizada em janeiro de 2016.

Quadro 1. Localização, descrição e coordenadas geográficas dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados.

| Região de Ocorrência | Descrição   | Coordenadas geográficas |
|----------------------|---|-------------------------|
| IT PTL 01            | Meandro na margem esquerda do reservatório de Itaparica, próximo à cidade de Petrolândia – PE   | 08°59'12.54"S           |
|                      |   | 38°13'39.53"O           |
| MO RM Inter          | Porção intermediária do Rio Moxotó, estendendo-se 500 m a montante e a jusante da coordenada de referência  | 09°16'17.31"S           |
|                      |   | 38° 9'58.90"O           |
| MO RM Final (#)      | Porção final do Rio Moxotó, na confluência com o reservatório da UHE Apolônio Sales, estendendo-se 500 m a montante e a jusante da coordenada de referência | 09°17'43.14"S           |
|                      |   | 38°11'39.64"O           |

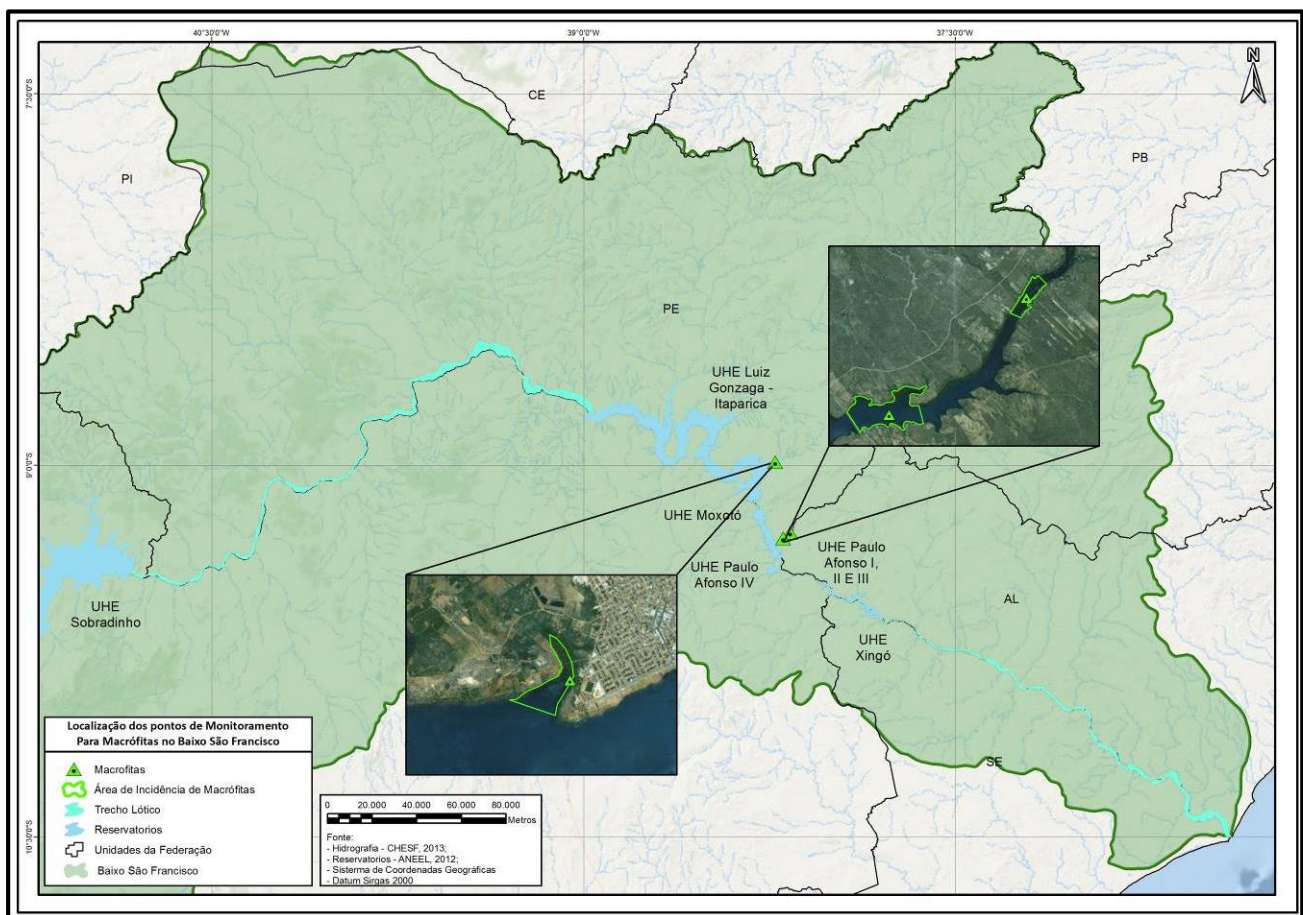


Figura 1. Mapa de localização dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados.

### 2.3.2. Amostragem da Biomassa

Para amostragem da biomassa foi utilizado o método destrutivo de retirada das plantas (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Observou-se que o método destrutivo de avaliação da biomassa não causaria danos significativos aos bancos de macrófitas monitorados, uma vez que, a área total a ser coletada

representou uma proporção pequena (<0.1%) da área total ocupada pelo banco. Para a amostragem da biomassa, seguiu-se a técnica dos quadrados amostrais (HOWARD-WILLIAMS, 1975; POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Foram lançados três quadrados (com dimensão de 0,25 m<sup>2</sup> cada) ao longo de cada banco de macrófitas aquáticas monitorado, sendo esses quadrados lançados nos locais com maior heterogeneidade de espécies, seguindo a proposta de Howard-Williams (1975). Foram coletados, manualmente, todos os exemplares de macrófitas aquáticas que estivessem dentro dos quadrados amostrados. Quando necessário, um puçá adaptado com rede de nylon foi utilizado a fim de contemplar todos os indivíduos flutuantes presentes nos quadrados. O material biológico coletado foi acondicionado em saco plástico e devidamente identificado, sendo as amostras encaminhadas ao laboratório de análises de plantas aquáticas do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF), onde foram triadas.

Em laboratório, o material biológico foi lavado em água corrente, sendo retirado o excesso de sedimento que estivesse aderido a cada exemplar. Durante a lavagem, o material biológico contido em cada amostra (quadrado) foi separado por espécie, sendo os exemplares de cada espécie acondicionados em sacos de papel e levados à secagem em estufa a 70°, durante 72h ou até atingir peso seco constante (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Após a secagem, os espécimes foram pesados (peso seco) em balança digital, marca Plenna, modelo MEA 06100 (com erro de 0,01g ±), sendo os valores expressos em gramas de peso seco por metro quadrado - gPS/m<sup>2</sup>. As estimativas de peso seco são consideradas os melhores critérios de comparação da biomassa entre espécies de macrófitas aquáticas, devido a padronização do fator água nos tecidos vegetais dessas plantas (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Determinadas espécies de macrófitas aquáticas, como por exemplo, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms podem apresentar aerênquimas (tecidos de ar para flutuação) que não acumulam água e, conseqüentemente, interferem na biomassa fresca desses organismos (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Foram coletados exemplares das espécies registradas nos bancos monitorados, as quais foram utilizadas para a confecção de exsicatas. As exsicatas foram incorporadas ao acervo do herbário do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF), e encontram-se disponíveis na sede da instituição em Petrolina, Pernambuco. A lista das espécies seguiu a



proposta de classificação das famílias reconhecidas pelo Angiosperm Phylogeny Group (2009) para as angiospermas, e por Smith et al. (2006) para as plantas vasculares sem flores. A identificação das espécies foi fundamentada em bibliografia especializada e na compilação com os acervos do herbário do NEMA/UNIVASF.

### **2.3.3. Sensoriamento remoto dos bancos monitorados**

Os métodos empregados para o sensoriamento foram realizados por meio de cruzeiros, ou caminhamentos ao redor da área ocupada pelas macrófitas aquáticas. Para tal, a mensuração destas aglomerações de macrófitas são utilizadas técnicas de georreferenciamento pelo uso de GPS, registros fotográficos e imageamento aéreo (imagens de satélite e por veículo aéreo não tripulado – VANT).

### **2.3.4. Análise dos Dados**

Os resultados de biomassa das espécies registradas nos bancos de macrófitas aquáticas monitorados foram apresentados seguindo estatística descritiva (média e percentual). O percentual de frequência de ocorrência das espécies pelos total de quadrados amostrados nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados foi determinado pela fórmula proposta por Mateucci e Colma (1982):

$$FO = a.100/ A$$

Onde:

a = número de amostras em que o táxon ocorreu;

A = número total de amostras.

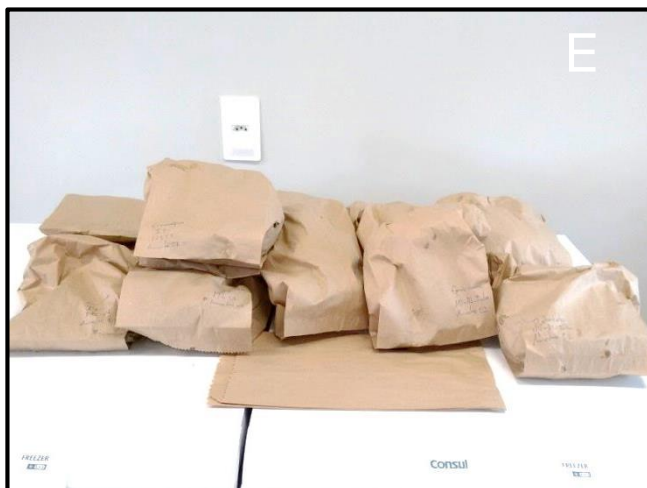


Figura 2. Coletas de biomassa nos bancos de macrófitas aquáticas monitorados (A, B, C), triagem da biomassa e separação das amostras por espécie (D), acondicionamento dos exemplares biológicos em sacos de papel madeira (E), secagem em estufa a 70°C por 72 horas (F).



## 2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.4.1. Levantamento florístico

Ao final dessa expedição de coleta (janeiro de 2016) foram registradas seis espécies de macrófitas aquáticas entre os três pontos de monitoramento, sendo todas citadas como invasoras para reservatórios (POTT e POTT 2000; MOURA-JUNIOR et al. 2015). Os pontos de monitoramento inseridos na área de influência do rio Moxotó (MO RM Final / MO RM Inter) apresentaram registros para as seis espécies, enquanto que o ponto localizado no meandro na margem esquerda do reservatório de Itaparica (IT PTL 01) registrou quatro dessas espécies (66.67 % do total de espécies inventariadas nos bancos monitorados). Segue abaixo, as fotos de campo e/ou das excicatas confeccionadas para as espécies registradas nos bancos monitorados, junto com uma breve descrição ecológica e ou biogeográfica das mesmas. A apresentação das informações dos táxons segue a ordem alfabética das Famílias.

#### FAMÍLIA: AREACE

**Espécie:** *Pistia stratiotes* L.

**Nome Popular na região:** Alface d'água

**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF:** 3508



**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófia aquática flutuante livre, nativa do Brasil, com registros para Ásia, África, América do Sul, América do Norte e Europa; erva anual ou perene; utilizada como ornamental, forrageira e medicinal; propaga-se rapidamente por estões ou por sementes; é agressiva e se

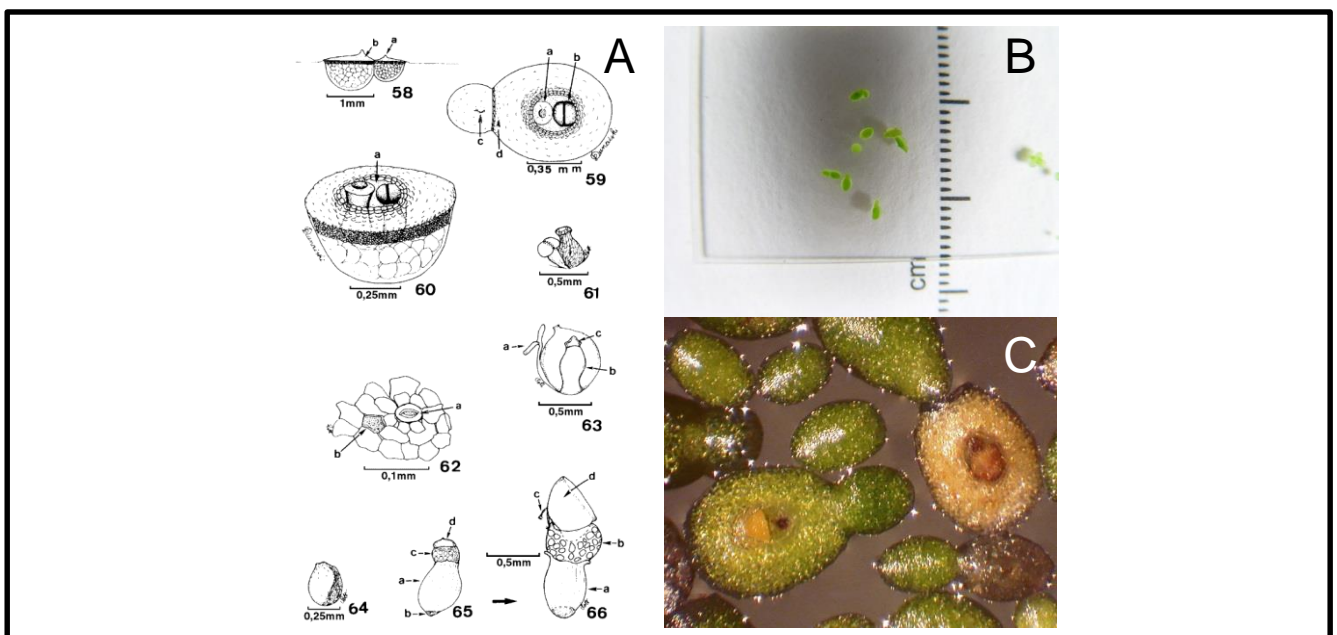
adensa rapidamente, principalmente em águas poluídas ou rica em nutrientes nitrogenados e fosfatados (POTT e POTT, 2000); é considerada uma séria invasora em vários países, podendo bloquear navegação (LORENZI, 2008).

**FAMÍLIA: AREACE**

**Espécie:** *Wolffia brasiliensis* Wedd.

**Nome Popular na região:** Lentilha d'água

**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF:** não apresenta exsicata. Os espécimes coletados não resistiram ao procedimento de presagem e/ou desidratação. As exsicatas serão confeccionadas com material da próxima coleta (fevereiro de 2016). Diante do seu tamanho diminuto (1 mm de comprimento), não foi possível capturar imagens da espécie em campo e, por isso, as imagens da espécie para esse relatório são provenientes de dados secundários.



**Fonte das imagens:** (A) - Pott e Cervi (1999); (B, C) - Go Botany (2016).

**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófita aquática flutuante livre, nativa do Brasil (FORZZA et al., 2015), mas apresenta registros para Ásia e Europa; considerada a menor planta com flor, fruto e semente do mundo (~ 1mm de comprimento); comum em ambientes ricos em matéria orgânica e/ou compostos nitrogenados e fosfatados dissolvidos, sendo, por isso, considerada uma espécie bioindicadora de poluição ou de ambientes degradados; retem metais pesados, sendo utilizada na fitoremediação de ambientes degradados (POTT e POTT, 2000).

**FAMÍLIA: CYPERACEAE****Espécie:** *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla**Nome Popular na região:** Capim, Tiririca**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF:** não apresenta exsicata. Diante de sua morfologia delicada, a espécie não resistiu ao procedimento de preservação e/ou desidratação. As exsicatas dessa espécie serão confeccionadas com material da próxima coleta (fevereiro de 2016).**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófita aquática nativa e endêmica no Brasil, ocorre em todos os estados brasileiros (FORZZA et al., 2015); erva perene ou anual, frequente em lavouras de arroz irrigado e inundado, principalmente na região sul do país; hábito bastante variável, podendo ser emergente, anfíbia ou epífita de espécies flutuantes (como por exemplo, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms); propaga-se tanto por sementes quanto por curtos rizomas odoríferos; invasora abundante em bordas de lagos, brejos, vazantes e campos muito alagáveis, solos arenosos e argilosos (POTT e POTT, 2000).



**FAMÍLIA:** HYDROCHARITACEAE

**Espécie:** *Egeria densa* Planch.

**Nome Popular na região:** Elodea

**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF:** 3507



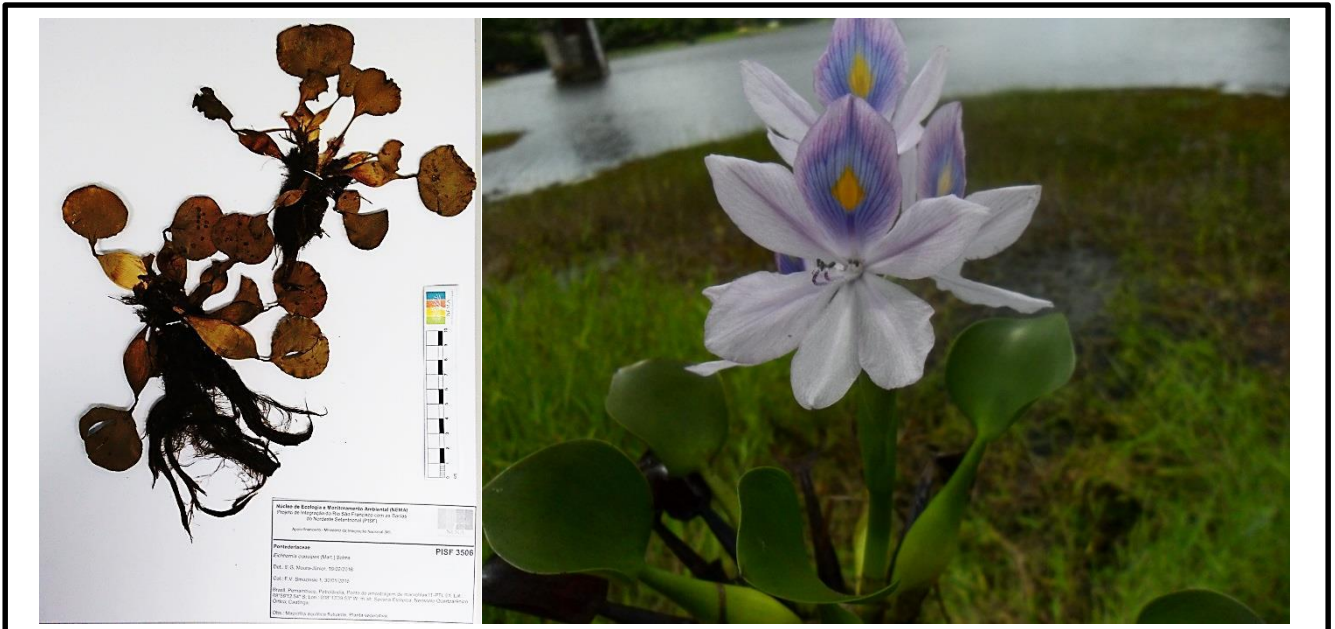
**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófita aquática nativa da América do Sul, mas pode ser encontrada também na Ásia e na África (POTT e POTT, 2000); é amplamente distribuída em ecossistemas aquáticos tropicais, sendo comumente encontrada em rios e reservatórios, submergindo e fixa ao solo pelas raízes (MOURA-JÚNIOR et al., 2015); apresenta propagação vegetativa e uma alta taxa de produtividade primária sendo por isso daninha ou invasora em ecossistemas aquáticos de vários países (BINI e THOMAZ, 2005).

**FAMÍLIA: PONTEDERIACEAE**

**Espécie:** *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

**Nome Popular na região:** Baronesa, Aguapé

**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: 3506**



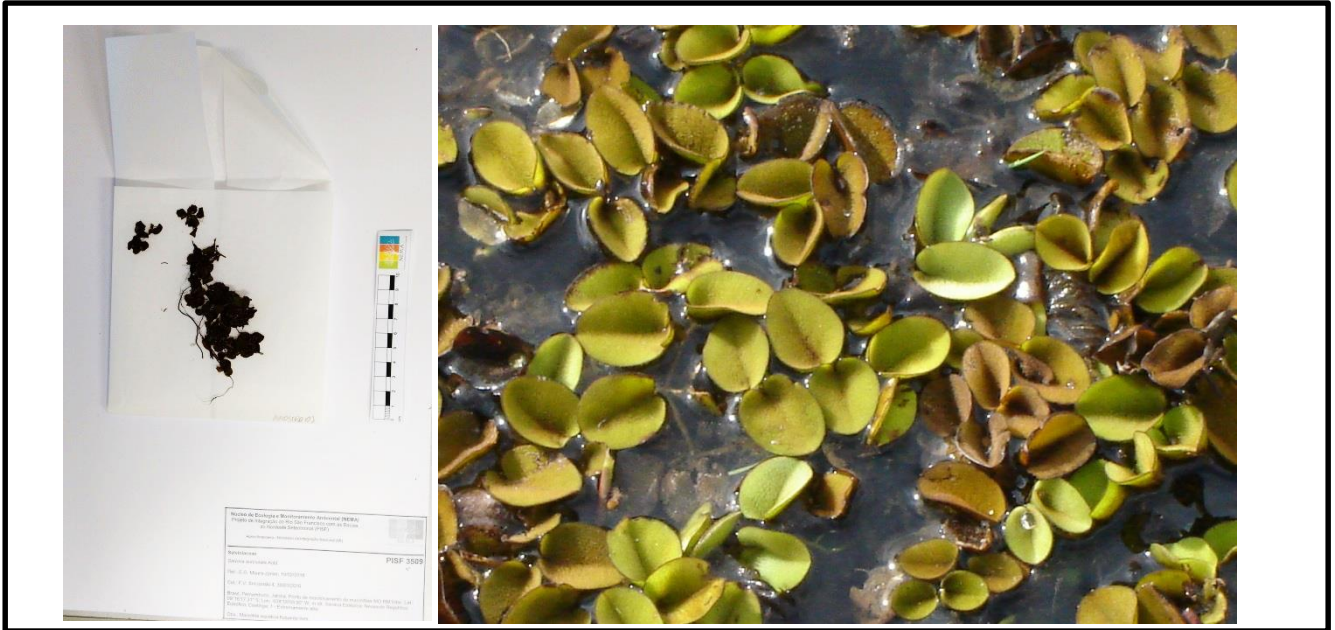
**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófita aquática nativa da América (LORENZI 2008), introduzida em quase todos os continentes (POTT e POTT, 2000); espécie abundante e amplamente distribuída, ocorrendo tanto em ecossistemas aquáticos naturais como em ambientes aquáticos impactados por atividades antrópicas (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2005); é uma hidrófita rizomatosa, geralmente flutuante, reproduz-se facilmente tanto por semente quanto vegetativamente, forma “tapetes” que podem cobrir totalmente a superfície da água e seu crescimento reduz a biodiversidade, a luz disponível e o fluxo de água, sendo considerada uma espécie invasora em várias partes do mundo (LORENZI, 2008).

**FAMÍLIA:** SALVINIACEAE

**Espécie:** *Salvinia auriculata* Aubl.

**Nome Popular na região:** Orelha de onça

**Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF:** 3509



**Característica ecológicas/biogeográficas:** macrófita aquática nativa da América do sul, podendo ser encontrada também na América central e Ásia (POTT e POTT, 2000); erva flutuante livre, que se destaca pela facilidade de manipulação experimental e por se encontrar disseminada em todo o país, além de servir como potencial bioindicador em estudos relacionados à poluição aquática, por sua sensibilidade elevada aos metais pesados (OLIVEIRA et al., 2001); é comum em água doce, sob condições favoráveis se dissemina rapidamente, por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies de água; sua elevada taxa de crescimento, juntamente com sua sensibilidade a diferentes agentes tóxicos, justificam sua utilização como espécie bioindicadora de poluição em ecossistemas aquáticos (PEIXOTO et al., 2005).

## 2.4.2. Biomassa e frequência de ocorrência

As espécies *Egeria densa* Planch., *Salvinia auriculata* Aubl., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Wolffia brasiliensis* Wedd ocorreram nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados. Entretanto, *W. brasiliensis* foi registrada em apenas um quadrado amostral por banco monitorado (33.33% do total de quadrados amostrados por banco), enquanto que *E. densa* e *E. crassipes* (Mart.) Solms foram registradas em mais de 60% dos quadrados amostrais, nos três bancos monitorados (Tabela 2).

**Tabela 2. Ocorrência das espécies pelos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados (MO RM Final, ITA PTL 01 e MO RM Inter) em janeiro de 2016, com os respectivos percentuais de frequência de ocorrência (FO%).**

Legenda: (+) presença da espécie; (-) ausência da espécie.

| Família/Espécie                                 | MO RM Final |    |    | ITA PTL 01 |    |    | MO RM Inter |    |    | FO(%) |
|---|-------------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-------|
|   | A1          | A2 | A3 | A1         | A2 | A3 | A1          | A2 | A3 |       |
| ARACEAE   |             |    |    |            |    |    |             |    |    |       |
| <i>Pistia stratiotes</i> L.                     | +           | -  | -  | -          | -  | -  | +           | +  | -  | 33.33 |
| <i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.               | +           | -  | -  | +          | -  | -  | +           | -  | -  | 33.33 |
| CYPERACEAE                                      |             |    |    |            |    |    |             |    |    |       |
| <i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Palla | -           | +  | -  | -          | -  | -  | -           | +  | -  | 22.22 |
| HYDROCHARITACEAE                                |             |    |    |            |    |    |             |    |    |       |
| <i>Egeria densa</i> Planch.                     | +           | +  | +  | +          | +  | +  | +           | +  | -  | 88.89 |
| PONTEDEREIACEAE                                 |             |    |    |            |    |    |             |    |    |       |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms       | +           | +  | -  | +          | +  | -  | +           | +  | -  | 66.67 |
| SALVINIACEAE                                    |             |    |    |            |    |    |             |    |    |       |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl.                | +           | +  | +  | -          | -  | +  | +           | +  | +  | 77.78 |

A presença de duas espécies bioindicadoras de poluição (*W. brasiliensis* e *S. auriculata*) nos bancos de macrófitas aquáticas monitorados aponta para uma possível problemática de degradação do ambiente aquático do rio São Francisco. Somado aos registros dessas espécies, constatou-se também um aumento na biomassa total de *S. auriculata* em janeiro de 2016 (338.64 gPS /m<sup>2</sup>) quando comparada àquela registrada em junho de 2015 (37.8 gPS /m<sup>2</sup>) para os mesmos bancos de macrófitas aquáticas monitorados (ver dados pretéritos em FADURPE, 2015).



Segundo Siqueira-Filho (2012), a eutrofização (enriquecimento de nutrientes nitrogenados e fosfatados) e a degradação do meio abiótico do rio São Francisco estão relacionados, principalmente, a influência antrópica, sendo a especulação imobiliária e industrial, o agronegócio e/ou a deficitária rede de saneamento básico dos principais municípios dos trechos sub-médio e baixo rio São Francisco (como por exemplo, Petrolina - PE, Juazeiro - BA e Paulo Afonso - BA) as principais ações poluidoras. Entretanto, vale ressaltar que as fontes de compostos nitrogenados e/ou fosfatados em rios represados podem ser, muitas vezes, provenientes de processos naturais, como por exemplo, lixiviação, erosão de mata ciliar ou acúmulo de compostos húmicos de fontes alóctones (como por exemplo, de regiões lócticas dos reservatórios) (ESTEVES, 2011). Dessa forma, é cedo para inferir que a presença de *W. brasiliensis* e *S. auriculata* nos pontos de monitoramento possa indicar elevado estado de degradação ambiental no rio São Francisco, bem como, que os processos antrópicos são responsáveis pela presença dessas espécies nesses bancos. Além disso, a presença de *W. brasiliensis* e *S. auriculata* pode ser estocástico ou estar relacionada a eventos pontuais e/ou estacionais, como por exemplo, às frequentes chuvas que aconteceram na região entre dezembro 2015 e janeiro de 2016 (ver dados em CPTEC, 2016). Ainda assim, vale ressaltar que o monitoramento continuado da produtividade primária dessas populações no rio São Francisco permitirá, a médio prazo, inferir sobre o estado de conservação e/ou degradação do meio aquático do rio.

De acordo com a literatura, a colonização e o desenvolvimento de grandes populações de *E. densa* e *E. crassipes* são comumente observadas em ambientes eutrofizados, ou seja, enriquecidos de nutrientes nitrogenados e fosfatado (POTT e POTT, 2000; BINI e THOMAZ, 2005; SOUSA et al., 2009), o que corrobora com as discussões apontadas para uma possível degradação do ambiente aquático do rio São Francisco. Estudos apontam que a presença das macrófitas invasoras *E. densa* e *E. crassipes* pode reduzir significativamente a diversidade de macrófitas aquáticas em uma escala local e/ou podem trazer prejuízos a navegação ou geração de energia por hidrelétricas, caso essas populações apresentem crescimento desordenado nesses ambientes (MOURA-JUNIOR et al., 2011; ESTEVES 2011).

Nesse contexto, os dados de biomassa média de *E. crassipes* em **MO RM Final** (256.68 gPS/m<sup>2</sup>), **ITA PTL 01** (305.21 gPS/m<sup>2</sup>) e **MO RM Inter** (379.39 gPS/m<sup>2</sup>) e o percentual de biomassa da espécie em relação ao montante de biomassa coletado nos três bancos de macrófitas monitorados (59.34%) apontam para possíveis problemas sócio-ambientais nos trechos do submédio e baixo São Francisco. A problemática do



crescimento desordenado de *E. crassipes* no rio São Francisco ganha relevância quando considerado que as macrófitas invasoras são melhor ajustadas a ambientes lênticos ou semi-lóticos devido, dentre vários fatores, a estabilidade das condições hidrológicas (cota e vazão) e limnológicas desses tipos de ambiente (MOURA-JUNIOR et al., 2011). A redução programada da vazão do rio São Francisco para 2016 poderá favorecer a essas condições, o que reforça a importância do monitoramento continuado de macrófitas aquáticas no rio São Francisco.

Entretanto, a comparação dos resultados de biomassa de macrófitas aquáticas coletadas nessa expedição de coleta (janeiro de 2016) em relação as coletas realizadas em junho de 2015 (período em que também houve redução no volume no rio São Francisco) para os mesmos pontos de monitoramento (ver dados em FADURPE, 2015), evidencia que o processo de decomposição das macrófitas aquáticas nesses bancos (**MO RM Final, ITA PTL 01 e MO RM Inter**) foi superior a produtividade primária das plantas. O montante da biomassa coletado em janeiro 2016 para **MO RM Final, ITA PTL 01 e MO RM Inter** foi de, respectivamente, 1955.56 gPS/m<sup>2</sup>, 1028.91 gPS/m<sup>2</sup> e 1774.27 gPS/m<sup>2</sup> (Tabela 3, 4, 5), enquanto que a biomassa total registrada em junho de 2015 para esses mesmos pontos de monitoramento foi de 5934.10 gPS/m<sup>2</sup>, 4771.60 gPS/m<sup>2</sup> e 3268.50 gPS/m<sup>2</sup> (ver dados pretéritos em FADURPE, 2015)

Em junho de 2015 as espécies *E. crassipes* e *E. densa* ocorreram em todos os bancos monitorados (**MO RM Final, ITA PTL 01 e MO RM Inter**) (ver dados em FADURPE, 2015), o que coincide com os resultados da coleta de janeiro de 2016. Contudo, o montante de biomassa coletado de *E. crassipes* e *E. densa* nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados em junho de 2015 foi, respectivamente, de 9922.65 gPS/m<sup>2</sup> e 3301.87 gPS/m<sup>2</sup>, enquanto que a biomassa total registrada para essas populações em janeiro de 2015 foi de 2823.85 gPS/m<sup>2</sup> (*E. crassipes*) e 164.31 gPS/m<sup>2</sup> (*E. densa*), o que representa uma redução de 71.54% e 95.02% da matéria orgânica dessas populações, nos bancos monitorados. Outra espécie invasora que apresentou redução significativa no montante de biomassa de junho de 2015 (678.5 gPS /m<sup>2</sup>) para janeiro de 2016 (61.88 gPS /m<sup>2</sup>) foi *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla. Diante desses resultados é possível inferir que a redução da vazão do rio São Francisco não tem induzido (até o presente momento) o crescimento desordenado de macrófitas aquáticas invasoras nos bancos monitorados, embora essa constatação não tenha se aplicado para *S. auriculata*, portanto, não podendo ser considerada como definitiva.

**Tabela 3. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m<sup>2</sup>) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (MO RM Final) em janeiro de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.**

| Família/Espécie                                 | Biomassa (gPS/m <sup>2</sup> ) |        |       | Total  | Média  |
|---|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|
|   | A1                             | A2     | A3    |        |        |
| ARACEAE   |                                |        |       |        |        |
| <i>Pistia stratiotes</i> L.                     | 909.80                         | -      | -     | 909.8  | 303.27 |
| <i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.               | 0.48                           | -      | -     | 0.48   | 0.16   |
| CYPERACEAE                                      |                                |        |       |        |        |
| <i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Palla | -                              | 32     | -     | 32     | 10.67  |
| HYDROCHARITACEAE                                |                                |        |       |        |        |
| <i>Egeria densa</i> Planch.                     | 8.44                           | 4.48   | 5.80  | 18.72  | 6.24   |
| PONTEDEREIACEAE                                 |                                |        |       |        |        |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms       | 113.48                         | 656.56 | -     | 770.04 | 256.68 |
| SALVINIACEAE                                    |                                |        |       |        |        |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl.                | 67.12                          | 144.48 | 12.92 | 224.52 | 74.84  |

**Tabela 5. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m<sup>2</sup>) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (MO RM Inter) em janeiro de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.**

| Família/Espécie                                 | Biomassa (gPS/m <sup>2</sup> ) |        |       | Total   | Média  |
|---|--------------------------------|--------|-------|---------|--------|
|   | A1                             | A2     | A3    |         |        |
| ARACEAE   |                                |        |       |         |        |
| <i>Pistia stratiotes</i> L.                     | 216                            | 243.64 | -     | 459.64  | 153.21 |
| <i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.               | 0.18                           | -      | -     | 0.18    | 0.06   |
| CYPERACEAE                                      |                                |        |       |         |        |
| <i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Palla | -                              | 29.88  | -     | 29.88   | 9.96   |
| HYDROCHARITACEAE                                |                                |        |       |         |        |
| <i>Egeria densa</i> Planch.                     | 10.64                          | 31.24  | -     | 41.88   | 13.96  |
| PONTEDEREIACEAE                                 |                                |        |       |         |        |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms       | 905.64                         | 232.53 | -     | 1138.17 | 379.39 |
| SALVINIACEAE                                    |                                |        |       |         |        |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl.                | 28.56                          | 39.52  | 36.44 | 104.52  | 34.84  |

**Tabela 4. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m<sup>2</sup>) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (ITA PTL 01) em janeiro de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.**

| Família/Espécie                           | Biomassa (gPS/m <sup>2</sup> ) |        |      | Total  | Média  |
|---|--------------------------------|--------|------|--------|--------|
|   | A1                             | A2     | A3   |        |        |
| ARACEAE                                   |                                |        |      |        |        |
| <i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.         | 0.14                           | -      | -    | 0.14   | 0.05   |
| HYDROCHARITACEAE                          |                                |        |      |        |        |
| <i>Egeria densa</i> Planch.               | 40.52                          | 59.12  | 4.08 | 103.72 | 34.57  |
| PONTEDEREIACEAE                           |                                |        |      |        |        |
| <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms | 342.76                         | 572.88 | -    | 915.64 | 305.21 |
| SALVINIACEAE                              |                                |        |      |        |        |
| <i>Salvinia auriculata</i> Aubl.          | -                              | -      | 9.40 | 9.40   | 3.13   |

### 2.4.3. Dispersão Espacial (Georreferenciamento)

Devido ao grande volume de chuva na região durante o período de monitoramento, observou-se que o vento atuante na região neste mês fez com que alguns indivíduos se desprendessem, dispersando-os para outras áreas, sendo assim, não foi possível avaliar a dispersão espacial (georreferenciamento), as macrófitas aquáticas se espalharam pelo reservatório, desde o início do braço do Rio Moxotó, se estendendo até abaixo do ponto de coleta de água MOX\_04, em direção à Glória, conforme Figura 3. Destaca-se ainda que devido a elevada incidência de nuvens no local (Figura 4) nesta época do ano, que se dá em função da ocorrência do período chuvoso na região, não foi possível realizar o monitoramento destas áreas via sensoriamento remoto, impossibilitando a medição dos pontos monitorados.

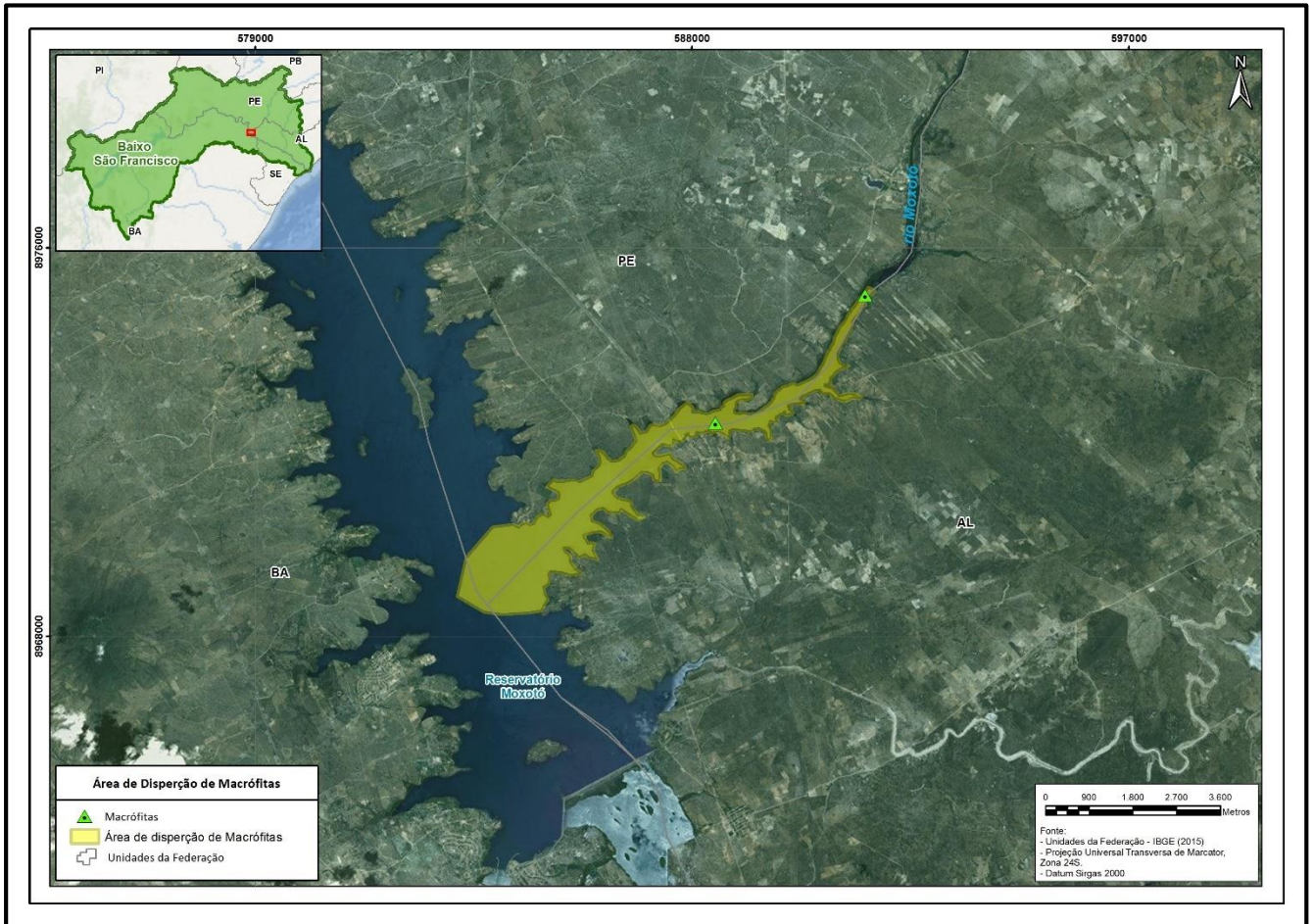


Figura 3. Área de dispersão das Macrófitas. Elaboração: CARUSO JR., 2016



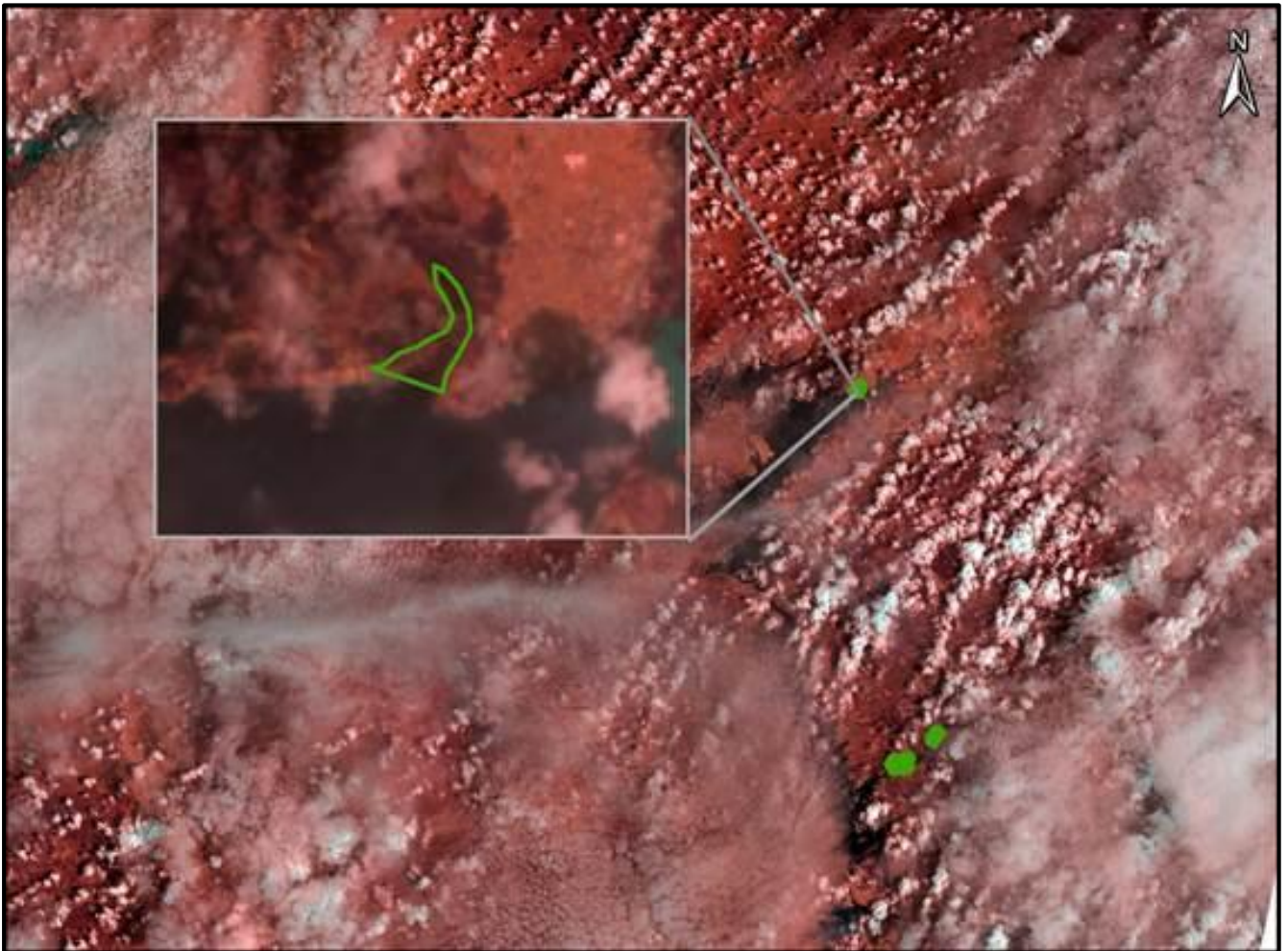


Figura 4. Imagem do satélite Landsat 8 (bandas 5, 4 e 3), referente ao dia 24 de janeiro de 2016. Fonte: <http://landsat.usgs.gov/>





Figura 5. Dispersão das macrófitas aquáticas. Fotos: CARUSO JR., 2016.



Figura 6. Dispersão das macrófitas aquáticas. Fotos: CARUSO JR., 2016.



Figura 7. Dispersão das macrófitas aquáticas. Fotos: CARUSO JR., 2016.

## 2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato das seis espécies registradas nessa expedição de coleta (janeiro de 2016) serem citadas como invasoras em reservatórios, sendo duas delas bioindicadoras de ambientes poluídos, poderá representar um risco aos usos mais nobres da água nos trechos sub-médio e baixo do rio São Francisco, caso não sejam desenvolvidos estudos continuados sobre a produtividade primária dessas populações.

O registro da espécie bioindicadora de poluição *W. brasiliensis* nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados foi o resultado mais preocupante para a coleta de janeiro de 2016, haja vista que a espécie ainda não havia apresentado registro para esses bancos (ver dados pretéritos em FADURPE, 2015). Somado esse novo registro, constatou-se o incremento na biomassa da espécie bioindicadora de poluição *S. auriculata* quando comparada à biomassa registrada em junho de 2015 (ver dados pretéritos em FADURPE, 2015). Entretanto, esses resultados podem ser estocásticos ou estarem relacionados ao aumento momentâneo na concentração de compostos nitrogenados e fosfatados nos pontos de monitoramento, proveniente de ações pontuais e/ou estacionais, como por exemplo, o elevado volume de chuvas que caiu na região em dezembro de 2015 e janeiro de 2016 e/ou a erosão de mata ciliar nessas áreas.

Diante da comparação do montante de biomassa registrado em junho de 2015 (FADURPE, 2015) com o coletado durante essa expedição de coleta (janeiro de 2016) é possível inferir que a redução da vazão do rio São Francisco não tem induzido (até o presente momento) o crescimento desordenado de macrófitas aquáticas invasoras nos bancos monitorados. Entretanto, essa inferência não pode ser tratada de forma definitiva, visto que essa constatação não se aplicou para a espécie *S. auriculata*, a qual registrou incremento na biomassa em janeiro de 2016. Nesse sentido, é recomendado a continuidade do monitoramento dos bancos de macrófitas aquáticas em pontos específicos dos trechos sub-médio e baixo rio São Francisco, ampliando, caso necessário, o número de bancos monitorados.

### 3. EQUIPE TÉCNICA

| Nome                          | Função               | Registro Profissional | CTF/IBAMA |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| Representante Legal           |                      |                       |           |
| Alexandre Caruso Gomes        | Engenheiro Ambiental | 096715-0 CREA/SC      | 4598869   |
| Francisco Caruso Gomes Junior | Geólogo              | 026850-0 CREA/SC      | 163516    |
| Coordenação Técnica           |                      |                       |           |
| Felipe Vivian Smozinski       | Engenheiro Ambiental | 19543/D CREA-DF       | 474889    |
| Equipe Técnica                |                      |                       |           |
| Edson Gomes de Moura Júnior   | Biólogo              | CRBio: 77.472/05-P    | --        |
| Carolina Claudino dos Santos  | Bióloga              | CRBio: 63.918/03-D    | 2664893   |
| Guilherme do Amaral           | Biólogo              | CRBio: 63.978-01D     | 5339536   |
| Equipe de Campo               |                      |                       |           |
| Hilton Satilino de Oliveira   | Técnico Ambiental    | --                    | --        |
| Flávio Barbosa Batista        | Técnico Ambiental    | --                    | --        |

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p.105 -121, 2009.

BINI, L. M., THOMAZ S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). **Aquatic Botany**, v. 83, p. 227 - 238, 2005.

BRUNDU, G. Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 61-79, 2015.

COOK, C. D. K. et al. **Water plants of the world**. The Hague: Dr. Junk B. V., 1974.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO BRASIL – CPTEC. **Dados de precipitação acumulada da Caatinga obtidos por satélite para os meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016**. Disponível em <[http://sigma.cptec.inpe.br/prec\\_sat/](http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/)> Acesso em 20/02/2016.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 3 Ed. Editora Interciência: Rio de Janeiro, 2011.

FADURPE. **Programa de monitoramento do rio São Francisco durante o período de vazão reduzida. Relatório mensal (junho de 2015): Monitoramento de macrófitas aquáticas**. p. 102 - 117.

FORZZA, R. C. et al. Lista de espécies da flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**. Disponível em < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 20/02/2016.

GO BOTANY. **Discover thousands of new England Plants** Disponível em <<https://gobotany.newenglandwild.org/species/wolffia/brasilensis/>>. Acesso em 21/02/2016.

HENRY-SILVA, G. G., CAMARGO, A. F. M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 445 - 452, 2005.

HOWARD-WILLIAMS, C. Seasonal and spatial changes in the composition of the aquatic and semiaquatic vegetation of lake Chilwa, Malawi. **Vegetation**, v. 30, n. 1, p. 33 – 39, 1975.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora: Nova Odessa, 2008.

- MATEUCCI, S. D., A. COLMA. La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion. **Coleccion de Monografias Cientificas; Série Biologia**, v. 22, n. 1, p. 1 – 168, 1982.
- MOURA-JÚNIOR, E.G., et al. O gradiente rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas? **Rodriguésia**. v. 62, p. 731 – 742, 2011.
- MOURA-JÚNIOR, et al. Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 1, p. 111 – 132, 2015.
- OLIVEIRA, J. A. et al. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de *Salvinia* e aguapé. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 329 – 341, 2001.
- PEIXOTO et al. Efeitos do flúor em folhas de plantas aquáticas de *Salvinia auriculata*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 8, p. 727 - 734, 2005.
- PIVARI, Marco Otavio Dias. **Inventário e dinâmica da sucessão de macrófitas aquáticas no sistema lacustre do Vale do Rio Doce**. Tese de doutorado (Universidade Federal de Minas Gerais), Minas Gerais, Brasil, 2011.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perífiton, aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima: São Carlos, 2003.
- POTT, V. J.; CERVI, A. C. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 153 - 174, 1999.
- POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Comunicação para Transferência de Tecnologia: Corumbá, 2000.
- SIQUEIRA-FILHO, et al. **A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Andrea Jakobsson Estúdio Editorial: Rio de Janeiro, 2012.
- SMITH, A. R. et al. A classification for extant ferns. **Taxon**, v. 55, n. 3, p. 705 – 731, 2006.
- SOUSA, W. T. Z. et al. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 632, n. 1, p. 65 - 78, 2009.