

---

## A EXPERIÊNCIA DA CESP NO MANEJO E CONTROLE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE ENG. SOUZA DIAS (JUPIÁ)

**A.L. MUSTAFÁ\***  
CESP  
Brasil

**C.J. RODRIGUES**  
CESP  
Brasil

**J.H.P. DIAS**  
CESP  
Brasil

**R.A. BONAFÉ**  
CESP  
Brasil

**R.F. BELMONT**  
CESP  
Brasil

**Resumo** – Infestações de macrófitas aquáticas submersas no reservatório da UHE Eng. Souza Dias (Jupiá), causaram significativos prejuízos para a geração de energia. Nos meses chuvosos grandes massas de vegetação aquática desprendem-se do fundo do reservatório e deslocam-se rumo à usina. O acúmulo dessas plantas nas grades da tomada d'água bloqueiam a passagem da água, exigindo a redução da potência da unidade geradora para que se possa realizar a limpeza das grades. Para evitar a parada das unidades geradoras, quando são detectadas oscilações de potência a geração de energia era reduzida a 60% ou mais e eram acionados os pórticos limpa-grades, cuja função é remover materiais retidos nas grades. Entre 1994 e 2008, foram colhido aproximadamente 68.537 m<sup>3</sup> de plantas pelos pórticos limpa-grades da UHE Eng. Souza Dias (Jupiá). Tais processos resultavam em aumento de custos de manutenção e redução da geração de energia elétrica. A importância desses aspectos determinou o desenvolvimento de uma ampla gama de estudos que visam estabelecer soluções econômicas e ambientalmente adequadas para o problema.

**Palavras chave:** Macrófitas Aquáticas – Colheita mecânica – UHE Eng. Souza Dias (Jupiá) – Plantas – Reservatório – Controle Mecânico

### 1. INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas é um termo genérico, independente de aspectos taxonômicos, que se refere aos vegetais que habitam desde ambientes úmidos, como brejos, até ambientes verdadeiramente aquáticos, e abrange desde macroalgas, como as do gênero *Chara*, até angiospermas, como as taboas do gênero *Tipha* [1]. Esse grupo tem uma importância fundamental em ecossistemas aquáticos, uma vez que sua alta produtividade propicia grande número de nichos ecológicos e grande diversidade de espécies associadas, para as quais as macrófitas oferecem alimentos, abrigo e suporte para desovas e desenvolvimento de formas jovens [1]. Em função de sua alta produtividade biológica, esse grupo influencia a dinâmica de várias comunidades aquáticas e até de ecossistemas aquáticos como um todo, provendo condições para sobrevivência de um amplo número de organismos; além disso, por reduzirem a turbulência da água, favorecem a sedimentação do material de origem alóctone (efeito de filtro), têm grande importância na ciclagem de nutrientes, podem ser a principal comunidade produtora de matéria orgânica dentro dos sistemas lênticos, são componentes das cadeias de herbivoria e detritivoria de animais aquáticos e, pela associação com organismos perifíticos fixadores de nitrogênio, têm papel expressivo na disponibilidade de formas biologicamente assimiláveis desse elemento [1]. Apesar dessa importância ecológica, seu crescimento excessivo pode se tornar indesejável, pelos impactos que pode causar na utilização da água para consumo e recreação, pelo potencial

de problemas de saúde pública (uma vez que as macrófitas podem favorecer diversos vetores de doenças) e pelas restrições que podem ser impostas à geração de energia elétrica [2].

A colonização de reservatórios por macrófitas são favorecidos ou inibidos por alterações limnológicas causadas pelo represamento, que interferem na concentração de nutrientes e transparência e selecionam os grupos ecológicos aptos à colonização. Fatores associados à formação de reservatórios como o alagamento de ecossistemas terrestres (que altera a dimensão das áreas colonizadas), a redução da velocidade da água, o aumento da sedimentação e alteração do regime hidrológico e o incremento da ciclagem de nutrientes afetam a diversidade e abundância das macrófitas [2].

O manejo de macrófitas aquáticas deve ter em conta não apenas os impactos negativos de sua propagação excessiva, mas também os fatores e condições que determinam essa propagação, bem como sua importância para os ecossistemas aquáticos. Isso determina a necessidade de uma abordagem integrada, que exclua a perspectiva de extermínio de espécies desse grupo.

## **1.1 Métodos de controle**

### **1.1.1 Controle químico**

O controle químico com a utilização de herbicidas é uma opção bastante utilizada em várias regiões do mundo, podendo ser pulverizados diretamente nas plantas ou aplicados na água, e são classificados em sistêmicos ou de contato. Os herbicidas sistêmicos são absorvidos pela parte da planta exposta ao produto e transportados para todas as partes, inclusive para as raízes, afetando a mesma. Os herbicidas de contato atuam somente na parte da planta que é exposta ao produto. Os herbicidas também são classificados pelo controle que exercem, podem ser seletivos ou não. Os herbicidas seletivos atuam somente sobre algumas espécies de plantas aquáticas e não causam efeitos sobre outras. Os herbicidas não seletivos afetam todas as plantas que forem expostas aos agentes.

No Brasil, apesar de não haver registros para muitos produtos, do mercado ser restrito e de alta especificidade, as empresas de produtos químicos mantém estudos para o uso de algumas moléculas como o glifosato, o diquat e o imazapyr (Arsenal), em diferentes formulações. O princípio ativo fluridone, da SePRO Corporation, possui registro para uso em ambientes aquáticos. É oportuno esclarecer que os produtos químicos para tal uso são seguros quando utilizados de acordo com as recomendações dos fabricantes. As instituições oficiais responsáveis pelo registro e licenciamento destes produtos proporcionam todas as recomendações para a segurança do homem e do meio ambiente.

### **1.1.2 Controle biológico**

O controle biológico é a utilização de organismos vivos para matar, controlar crescimento, expansão populacional ou reduzir a capacidade competitiva de uma ou mais espécies de plantas aquáticas. Considerando a utilização de predadores e parasitas, podem ser estabelecidos três tipos básicos de estratégias de aplicação do controle biológico: clássica, inundativa e repositiva.

A estratégia clássica baseia-se na seleção de inimigos naturais específicos de uma determinada macrófita e sua liberação no ambiente em que a planta constitui um problema. O agente se estabelece e mantém a população da planta-alvo abaixo de um nível de dano econômico, social ou ambiental. A estratégia clássica é aplicada principalmente no controle biológico de macrófitas exóticas ao ambiente da infestação.

A estratégia inundativa consiste na seleção de um inimigo natural da macrófita-alvo, que seja endêmico e suficientemente específico para não constituir risco às outras plantas se sua população ou potencial de inoculo for repentinamente aumentada, visando um impacto negativo sobre a população da planta-alvo. Esta estratégia é mais adequada para espécies nativas, ou naturalizadas há muito tempo, e que já apresentam uma microflora e fauna associadas.

A estratégia repositiva consiste na determinação de uma densidade populacional de um agente de controle biológico que seja suficiente para manter a população da planta-alvo numa densidade baixa o suficiente para não interferir negativamente no ambiente ou nos usos múltiplos dos corpos hídricos. Esta densidade populacional ou nível de inoculo deve ser constantemente monitorada e corrigida toda vez que estiver fora dos limites para os quais o controle da macrófita-alvo é eficaz e há segurança para outras populações.

Apesar da presença de inimigos naturais das espécies-alvo nos reservatórios, o controle biológico, no curto prazo, não constitui uma alternativa para o manejo de plantas aquáticas devido ao pouco conhecimento e da baixa eficácia dos agentes.

### 1.1.3 Controle físico

O controle físico é caracterizado como uma ação indireta ou a manipulação do ambiente ao seu redor, com impactos diretos nas populações de plantas aquáticas. Existem diversos métodos físicos de controle de macrófitas, tais como: barreiras depositadas no sedimento, desassoreamento, redução do nível do reservatório, sombreamento ou atenuação da luz solar.

Na TABELA I são descritos os métodos de controle físico, suas vantagens, desvantagens, os sistemas onde os métodos são utilizados de forma eficaz e as respostas de cada espécie.

TABELA I. RESUMO DOS MÉTODOS DE CONTROLE FÍSICO

Método de manejo	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Onde o sistema é recomendado	Respostas de cada espécie
Barreira no sedimento	Utiliza materiais sintéticos ou naturais para a cobertura das macrofitas submersas	Direto e efetivo, e pode durar por muito tempo	Alto custo e utilizado em pequenas escalas	Utilizada em portos, orlas, praias, rampas, locais de natação	Não seletivo
Resumo dos Dragagem e remoção do sedimento	Uso de dragas para o aprofundamento da coluna da água	Aumenta a profundidade do local mantendo o controle por longo prazo	Alto custo e dificuldades de descarte do sedimento	Lagoas e foz de rios que sofreram severa sedimentação	Não seletiva
Deplecionamento	Rebaixar o nível de operação do reservatório por certo período de tempo	Baixo custo e muito eficaz	Pode ter efeitos severos com aprisionamento de peixes e animais e ainda limitação pra a captação de água	Funcional somente para reservatórios artificiais	Seletivo às espécies imersas e emersas sem fontes de reserva hídrica

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Infestações de macrófitas aquáticas submersas no reservatório de Jupiá, situado entre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul causaram significativos prejuízos para a geração de energia. O reservatório, com 330 km<sup>2</sup> de superfície e 482 km de perímetro, foi formado em 1968, com a construção da barragem da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá) e represamento do rio Paraná, tendo como principais afluentes os rios Tietê e Sucuriú. A UHE Engenheiro Souza Dias possui 14 turbinas, 1.551 MW de capacidade instalada e, em conjunto com a UHE Ilha Solteira, compõe o sexto maior complexo hidrelétrico do mundo.

Nos meses chuvosos, especialmente entre janeiro e abril, grandes massas de vegetação aquática desprendem-se do fundo do reservatório e deslocam-se rumo à usina. O acúmulo dessas plantas nas grades da tomada d'água bloqueia a passagem da água, exigindo a redução da potência da unidade geradora para que se possa realizar a limpeza das grades.

As plantas aquáticas submersas predominantes no reservatório de Jupiá são: *Egeria densa* Planch., *Egeria najas* Planch. e *Ceratophyllum demersum* L. (Fig. 1). As duas espécies de *Egeria* são nativas da região, perenes, multiplicadas por fragmentação do caule, e ocorrem tanto em águas rasas como profundas [3]. *Ceratophyllum demersum* é uma espécie submersa de crescimento livre, de origem desconhecida, com ramos de 2-3 m de comprimento que se propaga por sementes e por fragmentação do caule [4].



Fig. 1. Exemplos de *Ceratophyllum demersum* (esquerda), *Egeria densa* (centro) e *Egeria najas* (direita).

Para evitar a parada das unidades geradoras, quando são detectadas oscilações de potência a geração de energia era reduzida a 60% ou mais eram acionados os pórticos limpa-grades, cuja função é remover materiais retidos nas grades. Entre 1994 e 2008, foram colhidos aproximadamente 68.537 m<sup>3</sup> de plantas pelos pórticos limpa-grades da UHE Engenheiro Souza Dias (Fig. 2 e TABELA II).

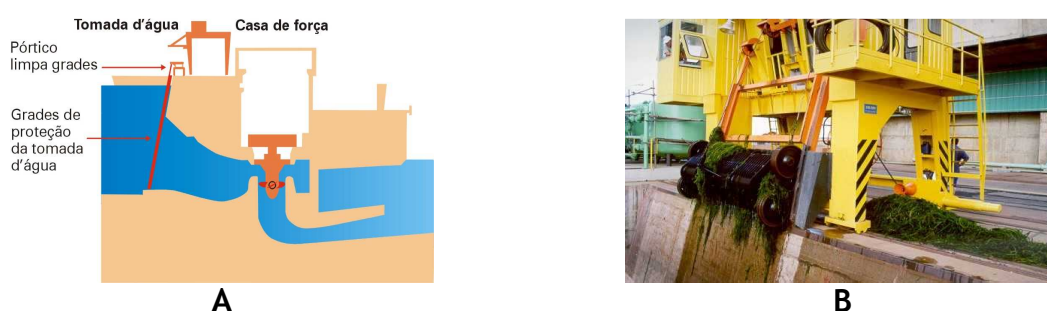


Fig. 2. Seção típica da Casa de Força da UHE Engenheiro Souza Dias, mostrando a localização das grades de proteção da tomada d'água e do pórtico limpa-grades (A) e aspecto da retirada de macrófitas pelo pórtico (B).

TABELA II. VOLUME DAS PLANTAS AQUÁTICAS COLETADAS NA UHE ENG. SOUZA DIAS NO PERÍODO DE 1994 A 2008 (m<sup>3</sup>)

Mês	Ano															
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Janeiro	172	384	2.415	3.478	1.439	2.832	508	154	786	29	21,5	83	80,5	123	14,5	
Fevereiro	646	1.038	340	3.743	1.058	1.585	398	750	500	860	58,8	96	191,5	222,5	22,5	
Março	390	420	1.536	1.301	806	887	917	1.486	1.333	390	446	80	57	314	47,5	
Abril	498	1.488	325	1.913	1.936	264	210	482	304	520	68,5	72,9	130,5	122	298,5	
Maiο	512	1.113	481	1.003	231	63	408	120	250	414	35,5	52,2	26,5	12	1092,5	
Junho	813	1.255	325	213	103	43	62	40	0	117	3	97	153	34	378	
Julho	309	238	593	1.051	196	46	28	26	70	66	81	83	246,5	115	656,5	
Agosto	134	175	598	39	337	99	78	16	185	109	239	49,5	199,5	27	230	
Setembro	256	695	692	92	83	72	51	13	67	115	29,5	20,5	98	57	30	
Outubro	236	552	1.048	90	128	120	55	10	90	133	91	45,5	123,5	22	29	
Novembro	203	575	154	162	32	18	163	0	424	58	56,5	34	28	25	22,5	
Dezembro	277	384	287	385	593	24	59	0	63	52	52,5	129	22	30,5	42	
<b>Total</b>	<b>4.446</b>	<b>8.317</b>	<b>8.794</b>	<b>13.470</b>	<b>6.942</b>	<b>6.053</b>	<b>2.937</b>	<b>3.097</b>	<b>4.072</b>	<b>2.861</b>	<b>1182,5</b>	<b>842,6</b>	<b>1356,5</b>	<b>1104</b>	<b>3063,5</b>	

Tais procedimentos resultavam em aumento de custos de manutenção e redução da geração de energia. A Fig. 3 demonstra a relação entre o volume médio mensal de plantas coletadas e a variação na produção de energia na UHE Engenheiro Souza Dias, demonstrando esse impacto. Além disso, a pressão excessiva das plantas aquáticas sobre as grades aumentava os riscos de deformação ou ruptura das mesmas, causando a interrupção do funcionamento da unidade geradora para a substituição da grade danificada (Fig. 4).

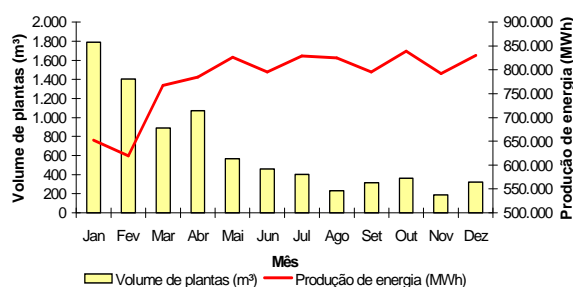


Fig. 3. Volume médio mensal de plantas coletadas e geração de energia média mensal na UHE Engenheiro Souza Dias (Jupiá).

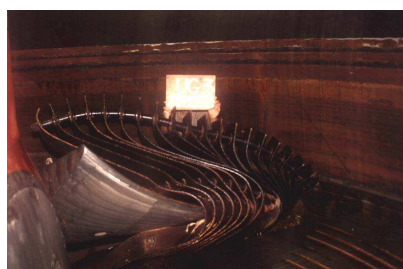


Fig. 4. Grade de proteção da tomada d'água sugada por uma unidade geradora da UHE Engenheiro Souza Dias.

Os impactos provocados pelas macrófitas aquáticas no reservatório de Jupiá afetam também os demais usos múltiplos, como segue:

- Transporte hidroviário, devido ao deslocamento e arraste das bóias de orientação da hidrovia, aumentando o risco de acidentes com as embarcações;
- Irrigação para fins agropecuários, devido ao entupimento das tubulações de captação de água; a pecuária, em função do impedimento do acesso de animais à água;
- Pesca, devido à obstrução e arraste de redes e mortandade de peixes pela anoxia decorrente do consumo gerado pela respiração noturna das macrófitas;
- Turismo, afetado pela infestação de áreas balneáveis e pelo impedimento à prática de esportes náuticos.

A importância desses impactos determinou o desenvolvimento de uma ampla gama de estudos que visavam estabelecer soluções econômica e ambientalmente adequadas para o problema. Em 2004, com base nesses estudos, a CESP submeteu ao IBAMA um Plano de Avaliação do Controle Mecânico de Plantas Aquáticas no Reservatório de Jupiá. Esse Plano foi aprovado através da Autorização nº 02/2004, de 17 de agosto de 2004. A submissão desses Planos ao IBAMA ocorre anualmente.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Controle mecânico

Duas medidas foram definidas para controle das macrófitas no reservatório da UHE Eng. Souza Dias (Jupiá). A primeira, considerando que boa parte do afluxo de plantas à usina é originário do rio Tietê, foi evitar a defluência de água através dos vertedouros da UHE Três Irmãos, posto que essa defluência provoca a “capina hidráulica” dos bancos de macrófitas a jusante. A segunda e principal medida adotada para o manejo das plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupiá foi o controle mecânico, considerando sua simplicidade e baixo impacto. Esse controle é executado por uma embarcação colhedora produzida pela empresa canadense Aquamarine, projetada para controle de plantas aquáticas submersas. Tem capacidade de carga de 22 m<sup>3</sup> ou 5.000 kg de plantas (Fig. 5), profundidade de corte de até 1,8 m e a largura de corte de 2,4 m.



Fig. 5. Colhedora de plantas aquáticas Aquamarine em operação no reservatório de Jupuíá.

Para que o controle mecânico produza o resultado desejado (redução do volume de plantas que se deslocam em direção da usina), é fundamental que o controle seja realizado nas áreas de origem das plantas aquáticas. A identificação dessas áreas de origem foi baseada em um trabalho de identificação e mapeamento de áreas infestadas e acompanhamento dos deslocamentos das macrófitas, conforme descrito adiante.

### 3.2 Definição das áreas prioritárias de controle

As infestações foram localizadas através de imagens de satélite e verificação de campo. Após a localização, as infestações eram marcadas com bóias coloridas e etiquetadas, anotando-se as coordenadas de cada bóia. Foi realizado um monitoramento mensal das bóias, identificando aquelas que permaneceram nos locais e aquelas que se deslocaram pelo reservatório. No período de março a outubro de 2003, 26 bóias chegaram à UHE Engenheiro Souza Dias, provenientes de nove locais distintos.

Com base nos dados hidrológicos das três usinas (Engenheiro Souza Dias, Ilha Solteira e Três Irmãos) e meteorológicos da região (especialmente ventos) e também nos deslocamentos das bóias, foi desenvolvido um modelo hidrodinâmico do reservatório que simulou o deslocamento de massas de água e de plantas em qualquer ponto do reservatório, nas mais variadas condições de vazões e níveis d'água.

Com os resultados desse estudo, sabe-se agora que a vegetação que se acumula nos pórtilos limpa-grades da UHE Engenheiro Souza Dias é proveniente de determinadas áreas e que, mesmo nessas áreas, a soltura das plantas não é uniforme. Com isso, foi possível identificar as áreas prioritárias de controle e também o trecho a ser colhido, evitando-se a colheita desnecessária das plantas aquáticas (TABELA III).

Das sete áreas identificadas como prioridades de controle, cinco encontram-se no rio Tietê e duas no rio Paraná. As áreas denominadas Lagoas (Testemunha, Barrenta, Vírgula e Pernilongo) não são lagoas propriamente ditas, mas sim reentrâncias do reservatório onde o fluxo de água é menor, o que permitiu o estabelecimento das plantas.

Ressalta-se que a UHE Engenheiro Souza Dias é operada com um volume de geração constante, com o reservatório em fluxo de fio d'água. A depleção do reservatório (rebaixamento do nível da água armazenada) é mínima, não ocorrendo formação de lagoas marginais temporárias em nenhuma época do ano.

TABELA III. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONTROLE NO RESERVATÓRIO DE JUPIÁ, PERÍODO 2004-2005

Local	Prioridade	Área total (ha)	Área para corte (ha)	Biomassa m <sup>3</sup> /ha
Lagoa Testemunha	1	3,9	2,30	155
Lagoa Barrenta	2	37,8	27,48	155
Lagoa Vírgula	3	29,9	11,61	295
Montante da Ponte dos Barrageiros	4	37,6	34,79	119
Jusante da Ponte dos Barrageiros	5	132,3	19,59	119
Ilha Ferradura	6	130,0	27,27	124
Lagoa Pernilongo	7	243,0	20,36	61
<b>Total</b>		<b>614,5</b>	<b>143,40</b>	<b>1028</b>

As áreas identificadas como prioritárias para controle representam 9,9% da área altamente infestada por plantas aquáticas, e 0,43% da área total do reservatório. Em termos de biomassa, essa participação é ainda

menor, pois o controle mecânico é capaz de remover apenas as plantas entre 0,0 e 1,8 m de profundidade, enquanto as infestações podem atingir mais de 8 metros de profundidade.

As sete áreas em que os serviços experimentais foram conduzidos são representativas da diversidade de situações encontradas no restante do reservatório. As áreas apresentam diferenças entre si quanto à sua localização (rio Tietê ou Paraná), característica de fluxo (lagoa ou canal), tipo de infestação (com uma, duas ou as três espécies alvo), qualidade da água (teores de oxigênio dissolvido, transparência), presença de tocos e tipo de sedimento (arenoso ou argiloso), o que tornou fundamental a avaliação específica para cada uma das áreas escolhidas.

Nos serviços executados, foi adotada a disposição das macrófitas colhidas em áreas infestadas com taboas (*Tipha* sp.). Esse procedimento maximiza o rendimento operacional da colhedora, pois diminui os tempos de transporte e descarga das plantas; possibilita o remanejamento e disposição das plantas sem a necessidade de uso de outras áreas, o que expandiria os efeitos do processo, e simplifica a operação, pois dispensa a esteira de margem e outros equipamentos de apoio.

### 3.3 Avaliações

No período de operação da colhedora foram avaliados o rendimento operacional da colheita, verificado através do volume coletado por carga ( $m^3 \cdot \text{carga}^{-1}$ ), do número de operações (colheita, transporte, disposição das plantas) por dia e do tempo para uma operação completa, e os impactos da colheita, verificados através das capturas de peixes e de outros organismos (insetos, moluscos e outros), sendo avaliadas a quantidade e peso por espécie em cada uma das áreas, e as eventuais alterações na qualidade da água, usando-se como indicadores a concentração de oxigênio dissolvido, a transparência e a temperatura da água, a condutividade elétrica, o potencial hidrogeniônico (pH) e as concentrações de clorofila, fósforo total e nitrogênio total. A análise dos impactos da colheita sobre a ictiofauna e outros organismos aquáticos foi realizada através da coleta dos peixes e invertebrados apreendidos durante uma operação de colheita em cada ambiente. Os animais apreendidos foram identificados, contados e pesados.

## 3. CONCLUSÕES

### 3.1 Impactos na Qualidade da Água

Observou-se que a transparência da água foi a única variável que apresentou melhora em todos os locais analisados. A temperatura da água, que deveria ser incrementada pela maior penetração da radiação solar, apresentou esse comportamento em todos os locais, exceto na lagoa Pernilongo. As concentrações de oxigênio apresentaram variações pequenas, mas com tendência de aumento, exceto na jusante da ponte; esse aumento seria esperado devido à redução da respiração das macrófitas no período noturno e da produtividade primária do fitoplâncton, que deve aumentar com a retirada das macrófitas. O potencial hidrogeniônico (pH) não apresentou variações significativas entre as amostras anteriores e posteriores à colheita.

A condutividade elétrica, que exprime a atividade iônica do corpo d'água, podendo ser utilizada como medida indireta de eutrofização, atingiu valores elevados nos locais de colheita no rio Tietê, e menores no rio Paraná, mas não foi possível identificar correlações entre a colheita das macrófitas e as variações de condutividade nesses sítios. As concentrações de fósforo total foram alteradas para menor na jusante da ponte e para maior nos demais pontos, mas sempre abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. As concentrações de nitrogênio total não apresentaram variações significativas. A relação entre o nitrogênio total e o fósforo total em ambientes aquáticos é utilizada para identificar qual desses nutrientes atua como fator limitante para a produção primária. Esses nutrientes são consumidos pelo fitoplâncton em uma relação de massa cuja média é de 7,2:1. Quando  $N:P > 12$ , o fósforo é o fator limitante; quando  $N:P < 7$ , o nitrogênio limita o potencial de crescimento, e quando  $7 < N:P < 12$ , nenhum desses nutrientes é fator limitante. Como  $N:P$  foi maior que 12 em todas as análises realizadas nos locais de colheita, depreende-se que o fósforo é o fator limitante para a produção primária nesses locais. A redução das concentrações de fósforo ao longo das cascatas de reservatórios do Alto Paraná é um fenômeno assinalado por [5], que o associam à retenção pelos reservatórios. As concentrações de clorofila *a* foram reduzidas em todos os locais após a colheita, exceto na lagoa Pernilongo.

### 3.2 Impactos na ictiofauna e organismos aquáticos

Foram recolhidos exemplares de 23 espécies de peixes e oito espécies de invertebrados. Esses invertebrados pertencem aos grupos Crustacea (o camarão *Macrobrachium amazonicum* e o caranguejo *Trichodactylis petropolitanus*), Mollusca (três Gastropoda, um Bivalvia não identificados no nível de espécie, e o bivalve *Limnoperna fortunei*) e Insecta (a libélula *Helocordulia selysii*).

Com relação a peixes, *H. eques*, representou 43,3% da biomassa coletada, mas não é representativo em biomassa, que é composta principalmente por *H. malabaricus*, com outras espécies distribuídas de forma relativamente equitativa. Os peixes, embora apreendidos em grande quantidade, são facilmente retirados das macrófitas e devolvidos ao rio durante a colheita. Com relação a invertebrados, os Gastropoda, que representaram 84% da biomassa apreendida, são organismos que sobrevivem ao processo de colheita e deposição, tendendo a se auto-relocarem, ainda que, no processo, estejam mais sujeitos a predação.

As avaliações indicam haver poucos impactos da colheita de macrófitas na qualidade da água. Com relação à ictiofauna e invertebrados, verificou-se a persistência de apreensão de organismos durante a operação, o que é mitigado pela retirada manual dos animais pelo operador auxiliar da embarcação colhedeira. Quanto aos invertebrados, os gastrópodos compõem o grupo mais freqüente em biomassa, mas tendem a sobreviver ao processo e retornar ao ambiente, ainda que fiquem expostos à predação, em especial pelo gavião caramujeiro (*Rosthramus sociabilis*), abundante na região. As espécies de peixes apreendidas durante a colheita são predominantemente não migratórias e de desova parcelada. Por esse fato, a suspensão das operações durante períodos de defeso (piracema), condicionante da Autorização nº 02/04, tem pouco efeito prático, e poderia ser restrita às colheitas nas lagoas, mas mantendo a possibilidade de realizar a colheita, caso necessária, nos trechos de rio, mesmo em períodos de defeso.

Anteriormente a implantação dos processos de controle de plantas aquáticas (1994 - 2003) no reservatório da UHE Eng. Souza Dias (Jupiá) os volumes coletados eram muito superiores aos atuais (2004 - 2008). Consequentemente, existia um incremento nos custos de manutenção e redução da geração de energia elétrica. Como pode ser observado na Tabela 3 e gráfico ilustrativo da mesma, houve uma queda acentuada no volume da planta coletada, voltando a ter um incremento no ano de 2008 devido a não efetividade dos métodos de controle. Isto posto, é de grande valia este controle, não só para atender a demanda de geração de energia, reduzir custos, mão de obra e indisponibilidade de máquinas, mas proporcionar meios de prevenção de impactos nos mais diversos usos múltiplos dos reservatórios.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ESTEVES, F.A., 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: INTERCIÊNCIA, 602 p.
- [2] THOMAS, S.M.& BINI, L.M., 1999. **A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatório: um estudo na represa de Itaipu**. In: HENRY, R. (Ed.): Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP, p. 599-625.
- [3] KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo 1. São Paulo: BASF Brasileira S. A., 1991, 602p.
- [4] LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991, 440p.
- [5] AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M.; THOMAZ, S.M., 1995. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.) **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, p. 59-103.