

RELATÓRIO FEVEREIRO de 2025

SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE.



Jaboticabal, fevereiro de 2025



SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE.

SUMÁRIO

1. Apresentação	03
2. Metodologia	03
3. Análise dos resultados	05
4. Resultados e discussão	06
Comunidade de macrófitas aquáticas	06
Importância das macrófitas aquáticas	09
Qualidade físico-química da água do reservatório	17
Concentração de nutrientes e metais nas macrófitas aquáticas	20
5. Considerações finais	37

SUBPROGRAMA DE MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA CAMPANHA DE CAMPO E DA AVALIAÇÃO DE RELATÓRIOS ENVOLVENDO O ACOMPANHAMENTO DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO DA UHE TIBAGI MONTANTE

1. Apresentação

O presente relatório se refere **(i)** às observações de campo e avaliações realizadas pelo técnico da Ecosafe Agricultura e Meio Ambiente SS Ltda, Robinson Luiz de Campos Machado Pitelli; e **(ii)** a avaliação de relatórios e análises enviadas pelo departamento técnico da Usina Hidrelétrica Tibagi Montante para a Ecosafe, tendo por objetivo atender ao preconizado no Subprograma de Manejo de Macrófitas Aquáticas aprovado pelo IAT. A avaliação de campo foi levada a efeito em fevereiro de 2025.

2. Metodologia

O reservatório da UHE Tibagi Montante foi percorrido de barco pelo técnico acima citado. Em levantamentos anteriores, pontos foram pré-determinados onde se encontravam as maiores populações de macrófitas aquáticas e/ou que apresentavam condições propícias para o crescimento desta vegetação aquática.

Nesta campanha, o barco foi direcionado para os 31 pontos de avaliação de macrófitas aquáticas do reservatório e os táxons presentes foram identificados ao nível de espécie ou de gênero, quando não havia estruturas que permitissem a identificação ao nível da espécie. Para identificação dos táxons foram utilizadas obras de Pitelli et al., 2012 e 2013 e Pott & Pott, 2000.

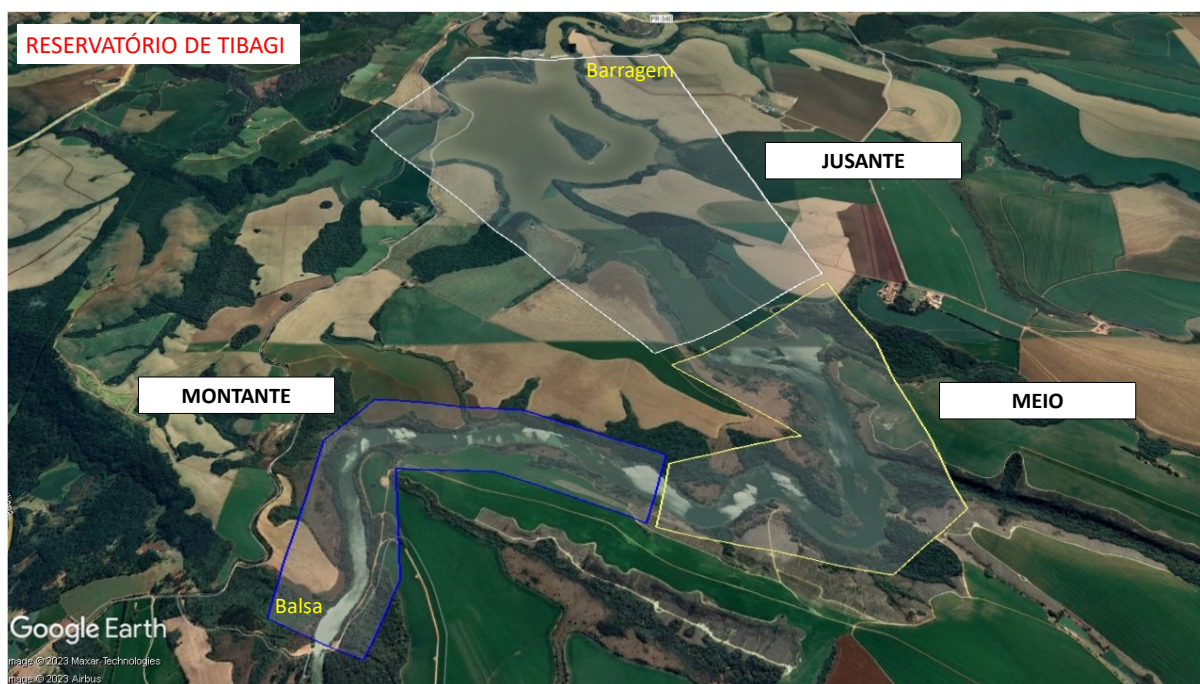
Além da constatação de sua presença, e descrição das condições da comunidade ao longo dos trechos de reservatório, cada táxon presente foi avaliado quanto a sua dominância (representatividade da população) no aglomerado avaliado. A avaliação foi realizada mediante a utilização de notas empíricas de colonização, as quais foram posteriormente transformadas em valores numéricos, de acordo com o seguinte critério:

- **AD** (Alta Densidade = nota 100) – quando a população é dominante na comunidade e é determinante da paisagem da área amostral;
- **MD** (Média Densidade = nota 50) – quando a espécie está presente em expressivo número de indivíduos, mas não determina a fisionomia da paisagem da área amostral;
- **BD** (Baixa Densidade = nota 25) – Quando a espécie está presente na comunidade, mas sua visualização não é realizada prontamente, sendo necessário em certo esforço de observação;

- **MBD** (Muito Baixa Densidade = nota 12) - quando são observados indivíduos esporádicos da espécie no ponto amostral, ou quando são detectados apenas fragmentos de indivíduos da espécie (no caso de plantas que se reproduzem por fragmentação).

Na campanha de campo foram selecionados nove pontos amostrais em regiões distintas do corpo hídrico, sendo três com *Pistia stratiotes*, três com *Salvinia auriculata* e três com *Eichhornia crassipes*. Amostras de cada espécie foram secas em estufa, moídas em micro moinho tipo Willey e enviadas ao laboratório de análises químicas de plantas para determinação das concentrações de nutrientes e metais. As análises químicas das plantas seguiram metodologias contidas em RAIJ et al. (2001). Estes estudos têm sido realizados em todas as campanhas de campo desde o início do monitoramento do reservatório da UHE Tibagi Montante.

Para a discussão do estado de colonização pela comunidade de plantas aquáticas, o corpo hídrico foi dividido em três partes: Jusante, Meio e Montante, conforme a morfologia do reservatório e o número de pontos amostrados, mantendo, na medida do possível, a homogeneidade dos pontos amostrais.



Divisão do reservatório da UHE Tibagi Montante em três grandes segmentos: Jusante, Meio e Montante, adotada para facilitar a discussão dos resultados da avaliação da comunidade de macrófitas aquáticas.

Utilizando-se uma sonda multiparamétrica da YSI, análises das qualidades físico-químicas da água foram realizadas na grande maioria dos pontos de monitoramento de vegetação do reservatório da UHE Tibagi Montante.

3. Análise dos resultados

Para facilitar a leitura, fotos e figuras apresentarão classificação separada. A designação de Figuras será utilizada para gráficos e mapas, enquanto a designação de Fotos será utilizada unicamente para fotografias.

3.1. Comunidade de plantas aquáticas

Com os dados das notas de colonização foram calculadas as densidades ou colonizações relativas (DR.) dos táxons identificados e pelas frequências de ocorrência nos diferentes pontos amostrais foram calculadas as frequências relativas (FR) dos táxons. As importâncias relativas (IR) dos táxons foram calculadas pela soma da densidade relativa e da frequência relativa. Quando se utiliza o método para estudo de fitossociologia de Braun-Blanquet (1979), a importância relativa é definida pela soma da densidade relativa (relação entre número de indivíduos de cada população e o número da indivíduos da comunidade vegetal), da frequência relativa (relação entre a constância de cada população e a soma das constâncias de todas as populações da comunidade vegetal) e a dominância relativa (relação entre biomassa ou área de colonização de cada população em relação à biomassa total ou à área total colonizada pela comunidade vegetal). No entanto, nas condições de levantamentos de comunidades de macrófitas aquáticas, a biomassa não pode ser medida em todos os pontos amostrais para todas as populações presentes e os números de indivíduos dificilmente podem ser individualizados. Por isso, vem se utilizando a nota de colonização para refletir estes dois parâmetros. Assim, os estudos fitossociológicos, neste caso, são definidos pela combinação dos cálculos usando as notas de colonização e a frequência (constância) das populações nos diferentes pontos amostrais.

Os dados de importância relativa foram utilizados para cálculo dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e de equitabilidade da comunidade de macrófitas aquáticas. A riqueza foi representada pelo número de táxons identificados.

3.2. Composição química

Os valores determinados nas análises químicas das plantas foram trabalhados por meio da plotagem dos dados em gráficos “box-plot”. Os gráficos “box-plot” apresentam os seguintes valores: mediana dos dados, valores máximos e mínimos, e o intervalo inter-quartilho, onde se encontram 50% dos dados. Portanto, esta análise demonstra a distribuição dos dados em relação ao valor mediano, dando uma ideia de amplitude e variabilidade dos dados.

4. Resultados e discussão

Comunidade de macrófitas aquáticas

Nesta primeira etapa são apresentadas as espécies identificadas no reservatório sem, contudo, caracterizar sua densidade ou importância na comunidade. As informações de densidade e frequência são utilizadas para o cálculo da diversidade e equitabilidade da comunidade, mas somente serão apresentadas na discussão da importância das espécies.

Na Tabela 02 estão apresentados os táxons de macrófitas aquáticas identificados no reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha realizada em fevereiro de 2025. Nesta ocasião foram identificados 18 táxons, distribuídos em 13 famílias botânicas.

Na Tabela 01 estão apresentados os valores calculados para os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de riqueza taxionômica da comunidade da macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante no período de julho de 2023 a fevereiro de 2025.

O índice de diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas tem apresentado valores muito próximos desde novembro de 2023, variando de 3,01 a 3,41.

O índice de equitabilidade (E) da comunidade de macrófitas aquáticas em fevereiro de 2025 foi de **0,74**. Em dezembro de 2024 esse índice foi de **0,75**. Estes valores indicam que poucas populações dominam a comunidade em detrimento das demais espécies que a compõe, fato este que pode ser facilmente observado no campo.

Tabela 01 - Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e a riqueza em táxons observados na comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Tibagi Montante de julho/23 a fevereiro/25, considerando para os cálculos desses índices os valores das importâncias relativas das populações

Índice	Jul/23	Nov/23	Fev/24	Mai/24	Ago/24	Dez/24	Fev/25
H	1,96	3,41	3,17	3,01	2,77	3,29	3,27
Riqueza	14	16	16	17	13	18	18

Tabela 02 - Relação dos táxons de macrófitas aquáticas identificadas no reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha de fevereiro de 2025, incluindo suas respectivas famílias botânicas, códigos Bayer e hábitos de crescimento.

Família	Táxon	Código	Hábito
Amaranthaceae	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	ALRPH	Emersa
Poaceae	<i>Urochloa arrecta</i>	BRASU	Marginal
Commelinaceae	<i>Commelina difusa</i>	COMDI	Marginal
Asteraceae	<i>Eclipta alba</i>	ECLAL	Marginal
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i>	EICAZ	Flutuante fixa
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	EICCR	Flutuante livre
Zingiberiaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	HEYCO	Marginal
Araliaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	HYDRA	Flutuante fixa
Lemnaceae	<i>Lemna minor</i>	LEMMI	Flutuante livre
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>	LUDOC	Marginal
Onagraceae	<i>Ludwigia uruguayensis</i>	LUDUR	Flutuante fixa
Poaceae	<i>Panicum repens</i>	PANRE	Emersa
Poaceae	<i>Panicum rivulare</i>	PANRI	Marginal
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	PIIST	Flutuante livre
Polygonaceae	<i>Polygonum sp</i>	POL.SS	Emersa
Cyperaceae	<i>Rhynchospora aurea</i>	RHYAU	Marginal
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i>	SAVAU	Flutuante livre
Cyperaceae	<i>Oxycarium cubense</i>	SCPCU	Epífita

A relevância das macrófitas aquáticas

A Tabela 03 apresenta os valores de Densidade relativa, Frequência Relativa e Importância Relativa (IR) das espécies que compõe a comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante em fevereiro de 2025. Neste caso está sendo considerado o reservatório como um todo, sem divisão de regiões.

Visando facilitar a interpretação dos resultados, será utilizada a metodologia proposta por Pompeo (1975), onde o autor classificou as plantas, conforme seus valores de frequência relativa, em:

- **Esporádicas (ES)** - ocorrência em menos de 20% das estações de coletas – coloração verde-claro;
- **Pouco frequentes (PF)** - ocorrência entre 20% e 40% das estações de coletas – coloração amarela;
- **Frequentes (FR)** - ocorrência entre 40% e 70% das estações de coletas – coloração laranja;

- **Muito frequentes (MF)** - ocorrência em mais de 70% das estações de coletas – coloração vermelha.

Tabela 03 – Valores de densidade, frequência, frequência relativa e importância relativa das populações que compunham a comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante na campanha de fevereiro de 2025.

TÁXON	F (%)	De.R	Fr.R	I.R.	Pompeo (1975)
<i>Pistia stratiotes</i>	96,77	0,297	0,160	0,456	MF
<i>Oxycarium cubense</i>	77,42	0,133	0,128	0,261	MF
<i>Eichhornia crassipes</i>	70,97	0,141	0,117	0,258	MF
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	70,97	0,090	0,117	0,207	MF
<i>Eichhornia azurea</i>	64,52	0,079	0,106	0,185	F
<i>Salvinia auriculata</i>	64,52	0,045	0,106	0,152	F
<i>Ludwigia uruguayensis</i>	45,16	0,072	0,074	0,147	F
<i>Urochloa subquadriflora</i>	22,58	0,074	0,037	0,111	F
<i>Commelina diffusa</i>	29,03	0,016	0,048	0,064	PF
<i>Panicum repens</i>	19,35	0,028	0,032	0,060	PF
<i>Ludwigia octovalvis</i>	9,68	0,006	0,016	0,022	ES
<i>Panicum rivulare</i>	9,68	0,005	0,016	0,021	ES
<i>Eclipta alba</i>	6,45	0,003	0,011	0,014	ES
<i>Polygonum sp</i>	6,45	0,003	0,011	0,014	ES
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	3,23	0,002	0,005	0,007	ES
<i>Hedychium coronarium</i>	3,23	0,002	0,005	0,007	ES
<i>Lemna minor</i>	3,23	0,002	0,005	0,007	ES
<i>Rhynchospora corymbosa</i>	3,23	0,002	0,005	0,007	ES

Segundo a tabela acima, pode-se concluir que apenas 4 espécies podem ser encontradas na grande maioria dos pontos amostrados (mais de 70% dos pontos amostrados). Pode-se também observar que, como a Importância Relativa depende da densidade das populações, as representantes mais frequentes também são as mais importantes. Essa relação entre frequência e importância deve-se ao fato destes aglomerados de plantas no corpo hídrico apresentarem, em sua maioria, tamanhos pequenos.

Área ocupada pelas plantas aquáticas

O reservatório da UHE Tibagi Montante apresenta um comprimento de aproximadamente 24,0 quilômetros e 683,52 ha de lâmina d'água. Para que o reservatório apresentasse 1% de sua área colonizada por plantas aquáticas, seria necessária uma ocupação de 6,83 ha. Conforme a avaliação realizada em fevereiro de 2025, a biomassa presente ocupou área de 9,66 ha ou seja, **menos de**

2% da superfície de espelho d'água está colonizado pela vegetação aquática. Trata-se de um valor reduzido, compatível com o observado nas campanhas mais recentes, indicando estabilidade na ocupação por macrófitas aquáticas

A importância das macrófitas aquáticas

Nesta etapa a importância de cada espécie será apresentada por segmento do corpo hídrico, conforme demonstrado na Figura 01. Essa divisão facilita a percepção de distribuição espacial das macrófitas que dominam a comunidade, ou que vem apresentando aumento em sua importância como colonizadora do corpo hídrico. Todas as avaliações (de cada segmento) foram iniciadas na margem direita e finalizadas na margem esquerda, sempre sentido montante.

I. JUSANTE

Esta região apresenta comprimento de aproximadamente 3,5 km e largura média (distância entre margens) próximo a 300 metros. É a região que se encontra mais próxima à barragem da UHE.

Logo no início do segmento foram observadas plantas soltas de alface d'água e aguapé, espalhadas pela superfície da água, além da presença de estreita faixa das mesmas espécies na região marginal.

No primeiro remanso (a direita – sentido montante) existe uma extensa população marginal de braquiária (*Urochloa subquadrifida*) que se estende por toda a região marginal do remanso, até próximo à barragem. Esta população foi identificada neste local desde o início de 2024 e, aparentemente, continua se expandindo tanto paralelamente à margem, como para o interior da vegetação ciliar (Foto 02).

Continuando sentido montante, nova população de braquiária se destaca no interior de uma maior colonização de *Ludwigia uruguayensis*, que se desenvolve em outro remanso deste corpo hídrico. Neste local a braquiária ainda não se constitui na população dominante. Pouco acima, em novo remanso, a braquiária se comporta novamente como a invasora dominante.

No limite deste segmento (Jusante), observa-se o início da dominância do aguapé (*E. crassipes*). Sobre esta população flutuante, inicia-se o crescimento epifítico de *Oxycarium cubense*, o qual mantém estas plantas flutuantes em aglomerado compacto. Neste local ainda existem diversas plantas de *L. uruguayensis*. (Foto 03)



Foto 02 – População marginal de braquiária (*Urochloa subquadrifera*) no segmento Jusante do reservatório da UHE Tibagi Montante em fevereiro de 2025.



Foto 03 – Aglomerado misto de alface d'água, aguapé, *Oxycarium cubense* e *L. uruguayensis*, com predomínio do aguapé.

Na outra margem do corpo hídrico, a braquiária torna-se novamente a espécie dominante, colonizando toda a margem do local. As demais plantas, principalmente as flutuantes, apresentaram baixas populações neste sítio. Logo mais à jusante (em direção à barragem), uma grande população de alface d'água, em estado estático, fornece condições para o crescimento epifítico de *O. cubenses* (Foto 04).



Foto 04 – População estabilizada de alface d'água fornecendo condições para o crescimento de *O. cubense* em fevereiro de 2025.

Passado este espaço, a braquiária volta a ser a espécie dominante, reduzindo as demais espécies para populações bem baixas (Foto 05). Em alguns pontos podem ser observados aglomerados dispersos de alface d'água e aguapé. Neste segmento todo, a importância da salvinia está bem reduzida.



Foto 05 – População marginal de braquiária na margem oposta do segmento Jusante, em fevereiro de 2025.

II. MEIO

Essa região apresenta comprimento de aproximadamente 3,39 km e largura média (distância entre margens) entre 150 e 300 metros.

A espécie *Pistia stratiotes* (alface d'água), em associação com a epífita *Oxycarium cubense*, domina a vegetação aquática neste segmento de reservatório. O aguapé, apesar de não dominante, apresenta grandes populações em alguns pontos deste segmento (Foto 06).



Foto 06 – População marginal de alface d’água, em região com alguns paliteiros, dando suporte ao crescimento da população da epífita *O. cubense* em fevereiro de 2025.

Entre os pontos 22 e 24 (margem direita – sentido montante) observa-se uma faixa contínua de vegetação aquática, na margem do espelho d’água, composta por alface d’água e *O. cubense*, entremeado por algumas manchas de aguapé e *L. uruguayensis*.

Até o final da região marginal do trecho “Meio” (sentido montante), a alface d’água é a população predominante. Em alguns pontos desta grande população de alface d’água observa-se a presença de densos aglomerados da epífita *O. cubense*.

A *Hydrocotyle ranunculoides*, neste segmento final, passa a apresentar maior importância colonizadora da comunidade local. O aguapé apresenta populações esparsas que variam de tamanho, ocupando em alguns pontos, a segunda maior população do aglomerado (Foto 07).



Foto 07 – *Hydrocotyle ranunculoides* no segmento Meio do reservatório da UHE Tibagi Montante em fevereiro de 2025.

No lado oposto (sentido jusante), a espécie *Hydrocotyle ranunculoides* desenvolve populações maiores, e observa-se o desenvolvimento de populações de *Panicum repens* na região marginal.

A alface d'água torna-se novamente dominante ao longo de todo o trecho deste segmento, algumas vezes associado ao aguapé, e em outras servindo de base para o crescimento de *O. cubense*, ainda em processo de ativo crescimento populacional.

Nas áreas com presença de barreiras flutuantes, as plantas das espécies *P. stratiotes* e *E. crassipes* dominam a comunidade local, ocupando áreas bem extensas. Nestes locais o crescimento de *O. cubense* pode ser facilmente observado.



Foto 08 – Aglomerado de plantas de alface d’água, entremeado por aguapé e dando suporte ao crescimento epifítico de *O. cubense* em fevereiro de 2025.

III. MONTANTE

A região Montante do reservatório apresenta comprimento de aproximadamente 3,40 km e largura média (distância entre margens) inferior a 150 metros. Pode ser considerada uma região com regime mais lótico que as demais.

Iniciando pela margem direita (sentido montante), a alface d’água, o aguapé-de-cordão (*Eichhornia azurea*) e *H. ranunculoides* iniciam a formação da comunidade, distribuída em faixa pela margem do espelho d’água. Em alguns pontos observa-se o crescimento de *O. cubense*. Esta combinação de espécies se mantém ao longo da região marginal do espelho d’água, aumentando quando em locais com presença de paliteiros. Após este primeiro aglomerado, a alface d’água se apresenta na forma de pequenas populações, em faixa contínua ao longo da margem do espelho d’água, entremeadas por alguns aglomerados de aguapé e *L. uruguayensis*

Antes do final do corpo hídrico, próximo à região da balsa, um novo aglomerado de plantas é identificado, tendo como dominantes as espécies *Pistia stratiotes* e *Ludwigia uruguayensis*. Este local as caracteriza por apresentar baixa profundidade de coluna d’água (local raso).

A parte final deste segmento do reservatório não apresenta vegetação aquática em densidades significativas, caracterizando-se por pequenos aglomerados de vegetação flutuante, esparsamente distribuídos. Na margem oposta, mais à jusante, a alface d’água se mantém como a espécie

dominante, ficando o aguapé e como a segunda maior população, em diversos pontos. Torna-se importante salientar que neste local o regime hídrico é mais lótico e a vegetação das margens é de maior porte.



Foto 09 – População contínua de alface d'água ao longo da região marginal do espelho d'água em fevereiro de 2025.

Ao longo deste trecho final do segmento (sentido jusante), pequenas manchas de vegetação são identificadas ao longo da margem do espelho d'água, as quais se aglomeram e formam, mais a jusante, densa faixa contínua de vegetação. Nesta faixa, a alface d'água é a espécie dominante, mas outras como a gramínea *Panicum repens* passam a ter maior importância.

Nas últimas regiões deste segmento (sentido jusante) a alface d'água e a *H. ranunculoides* dominam a vegetação aquática. Outras espécies, como o aguapé-de-cordão, o aguapé (*E. crassipes*) também apresentam aglomerados significativos, porém muito esporádicos e dispersos (Foto 10).



Foto 10 – Comunidade mista composta por alface d'água, aguapé, *Oxycarium cubense* e *Hydrocotyle ranunculoides* colonizando a região marginal do espelho d'água em fevereiro de 20225

Observação sobre a importância das macrófitas: Apesar da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório da UHE Tibagi Montante ainda não ocupar área equivalente a 2% da área de espelho d'água, os aglomerados de plantas apresentados e discutidos neste relatório tem por função serem fontes de propágulos para colonização de novas áreas do espelho d'água. Sendo assim, o corpo hídrico deve ser monitorado, pois novos aglomerados podem surgir em locais antes não ocupados, elevando a taxa de ocupação do espelho d'água.

A qualidade da água ao longo do corpo hídrico

As figuras abaixo apresentam a variação ao longo do percurso Montante-Jusante das qualidades físico-químicas da água do reservatório da UHE Tibagi Montante, avaliadas por meio de sonda multiparamétrica. A temperatura não apresenta grande variação ao longo do comprimento do corpo hídrico, dentro de uma mesma época.

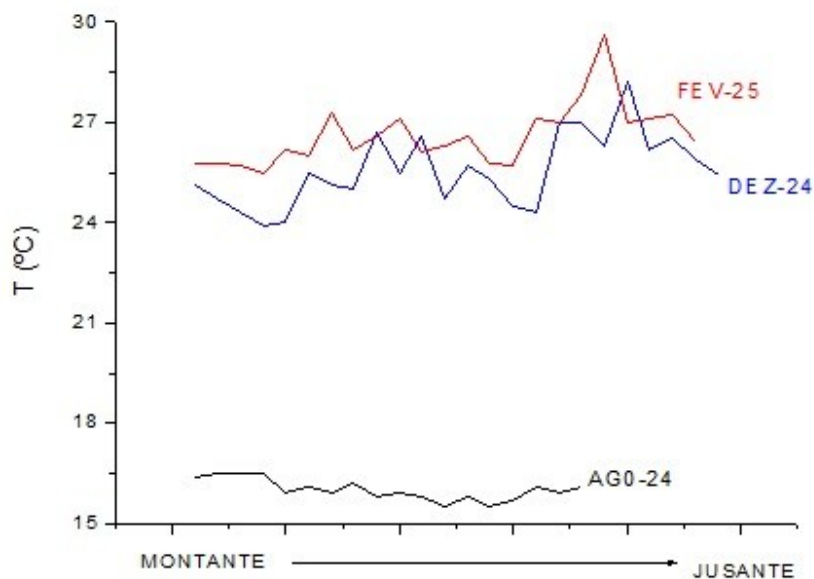


Figura 01 – Variação da temperatura da água ao longo do trecho montante-jusante do reservatório da UHE Tibagi Montante em três épocas.

Na figura 02 pode-se observar que, nas regiões com maior turbulência da coluna d'água (montante), a saturação de oxigênio da água não difere com relação à outras épocas. No entanto, devido as temperaturas mais altas, pode-se verificar uma redução na saturação de oxigênio da água nas regiões de menor turbulência da água, como no caso das áreas mais à jusante. Neste caso, a concentração de oxigênio chegou tão baixo quanto 3,4 mg/L nesta área, enquanto se mantinha na faixa de 5,8 mg/L nas áreas mais à jusante. É importante salientar que quanto maior a temperatura da água, menor a solubilidade do oxigênio na coluna d'água.

Não houve alterações bruscas na condutividade elétrica da água nas diferentes partes do corpo hídrico e nas diferentes épocas de amostragem (Figura 03). O mesmo pode ser considerado para os valores de pH (Figura 04), os quais permaneceram entre 7 e 8,5 em todos os períodos e pontos de amostragem.

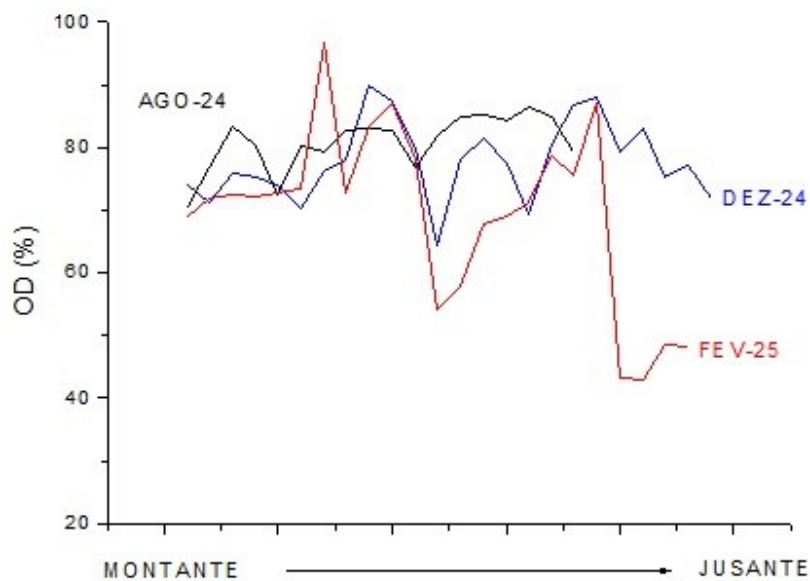


Figura 02 - Variação saturação de oxigênio da água ao longo do trecho montante-jusante do reservatório da UHE Tibagi Montante em três épocas.

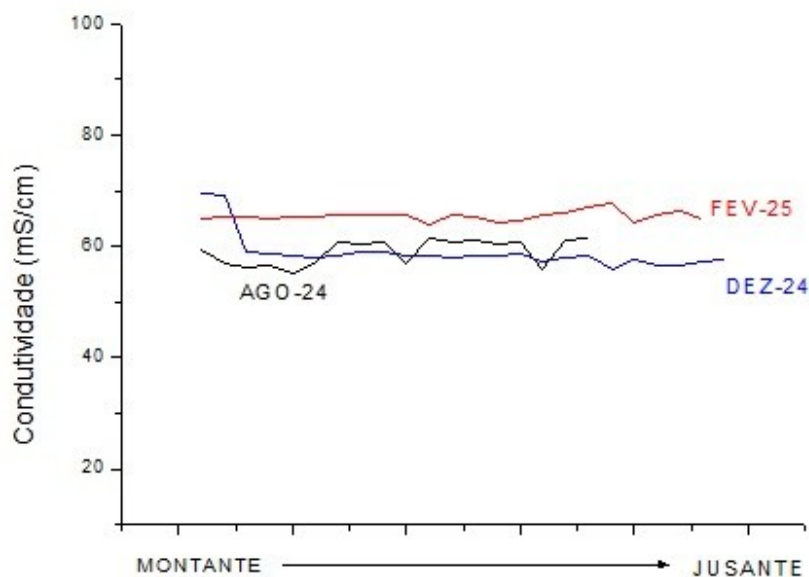


Figura 03 - Variação da condutividade elétrica da água ao longo do trecho montante-jusante do reservatório da UHE Tibagi Montante em três épocas.

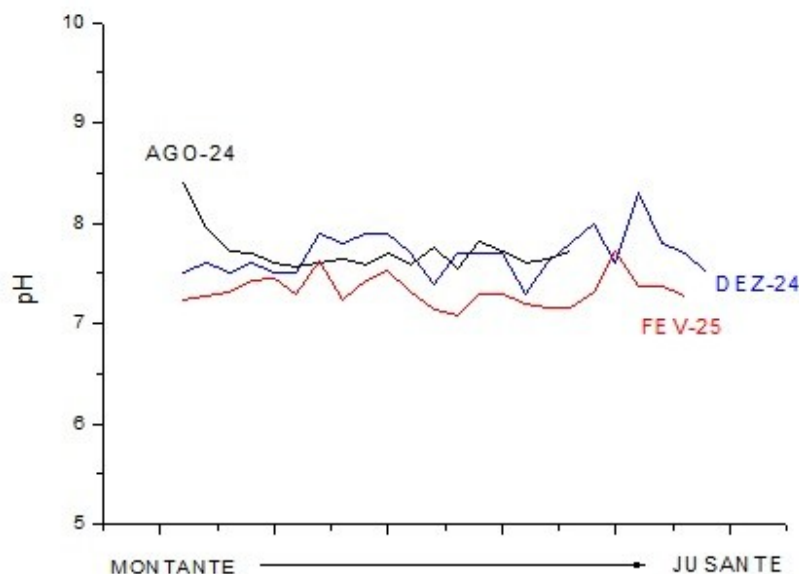
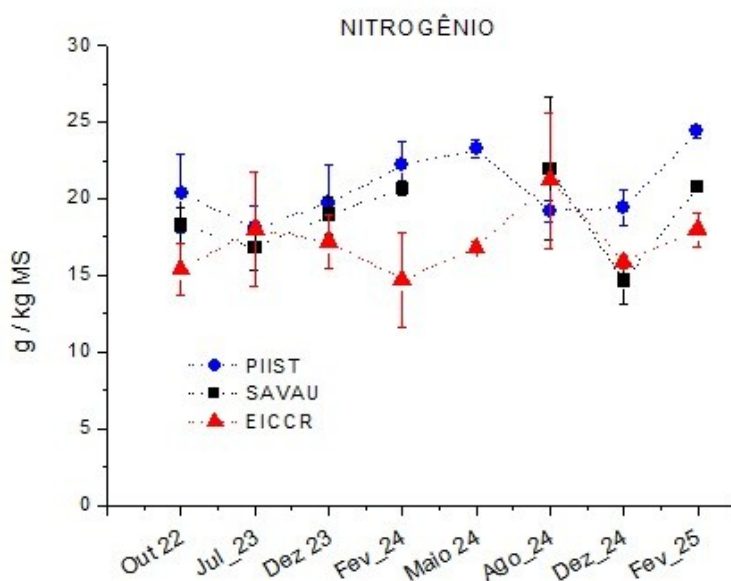


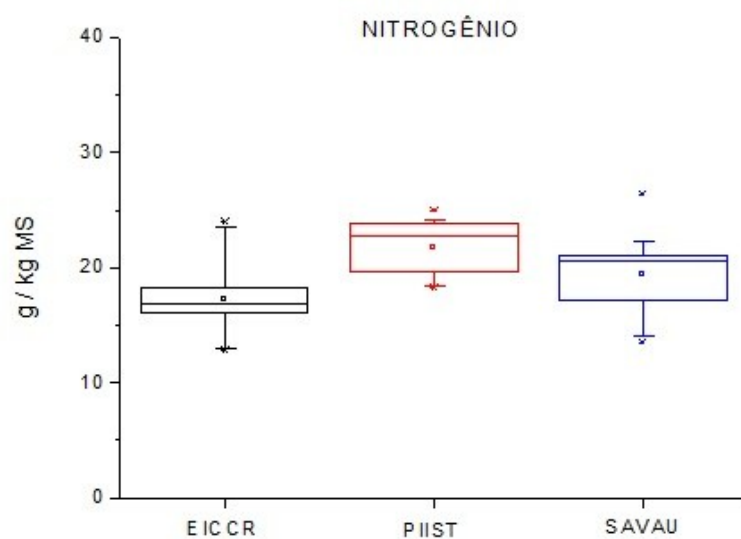
Figura 04 - Variação dos valores de pH da água ao longo do trecho montante-jusante do reservatório da UHE Tibagi Montante em três épocas.

Composição química das principais plantas flutuantes do corpo hídrico

As figuras abaixo apresentam a variação da concentração de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados nos tecidos das três principais espécies flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante. As figuras que apresentam a letra A referem-se as concentrações do elemento químico nos tecidos da planta em cada uma das coletas realizadas desde outubro de 2022. As figuras com a letra B referem-se à distribuição dos valores de concentração do elemento químico em todas as coletas do ano de 2024 e 2025, considerando todas as amostras. Essa segunda abordagem gráfica indica quais os teores mais comuns de cada elemento nos tecidos das três espécies, seus máximos e mínimo, além daqueles considerados “outliers”, ou seja, que não respeitam o padrão de variação normal dos dados.



A



B

Figura 05 – Variação sazonal da concentração de nitrogênio (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de nitrogênio nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

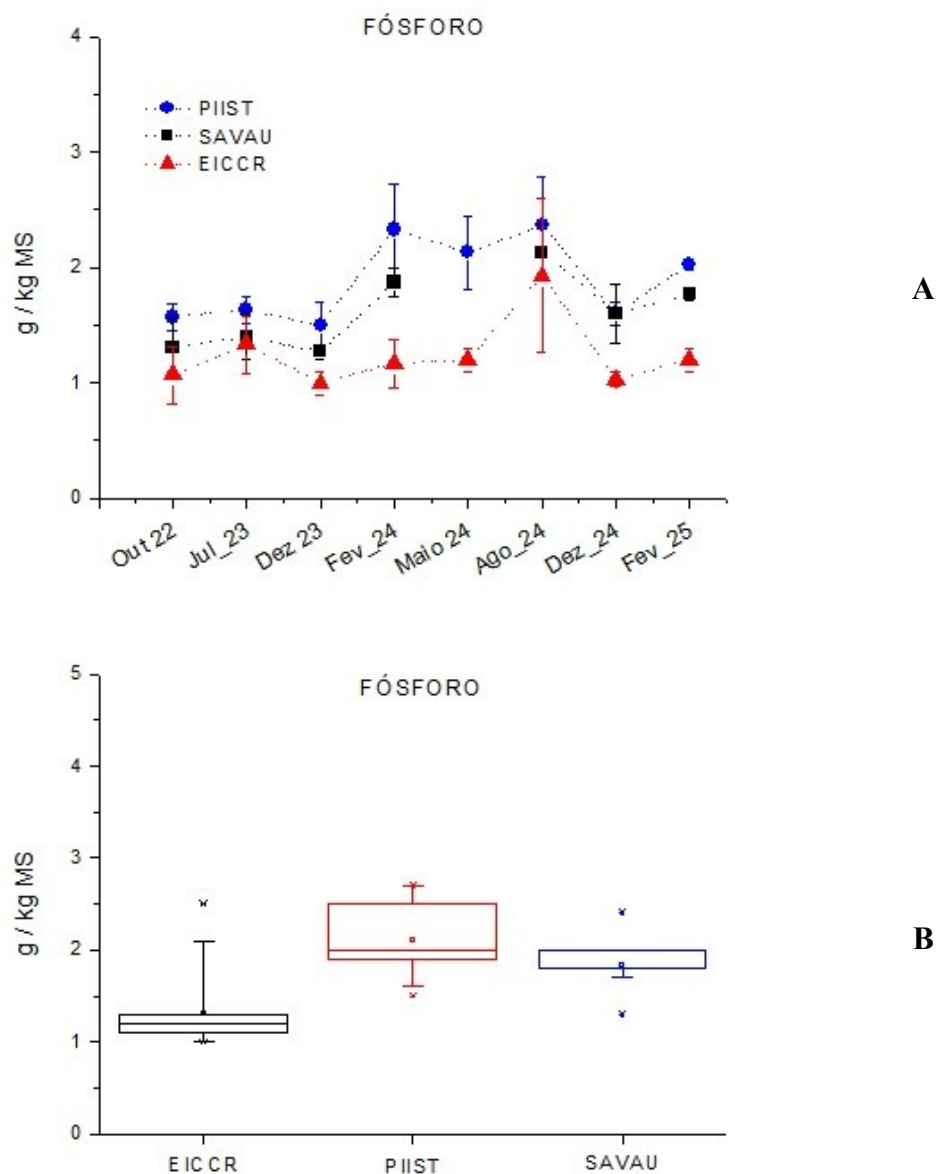
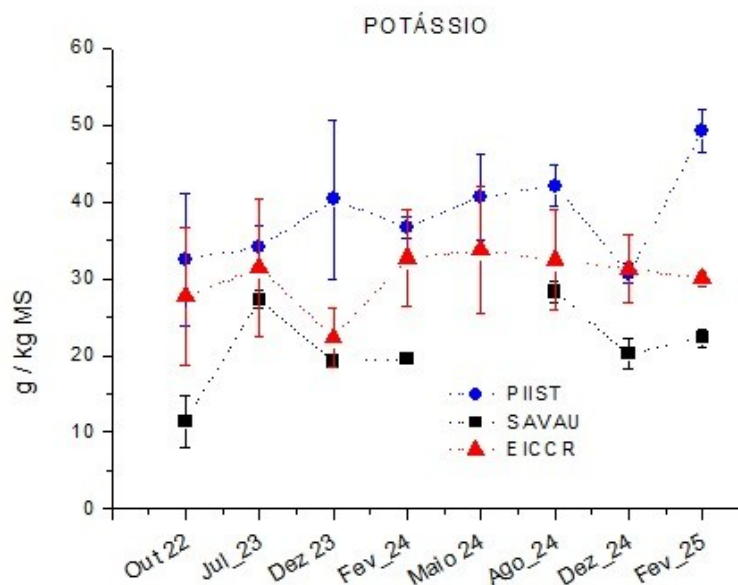
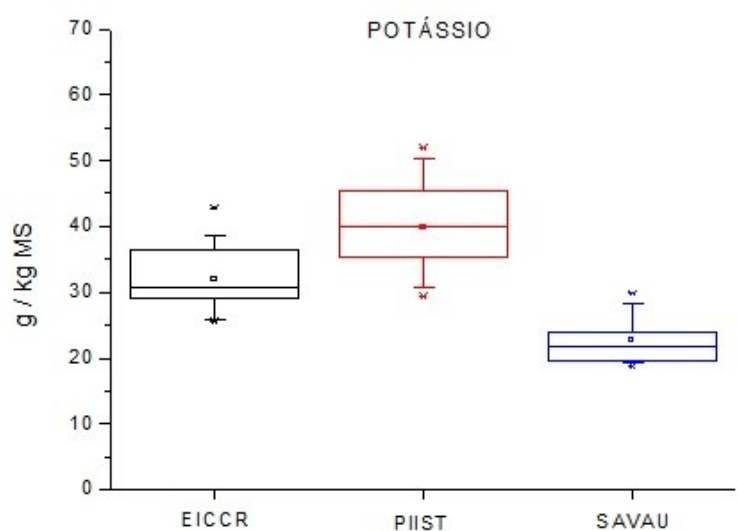


Figura 06 – Variação sazonal da concentração de fósforo (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de fósforo nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

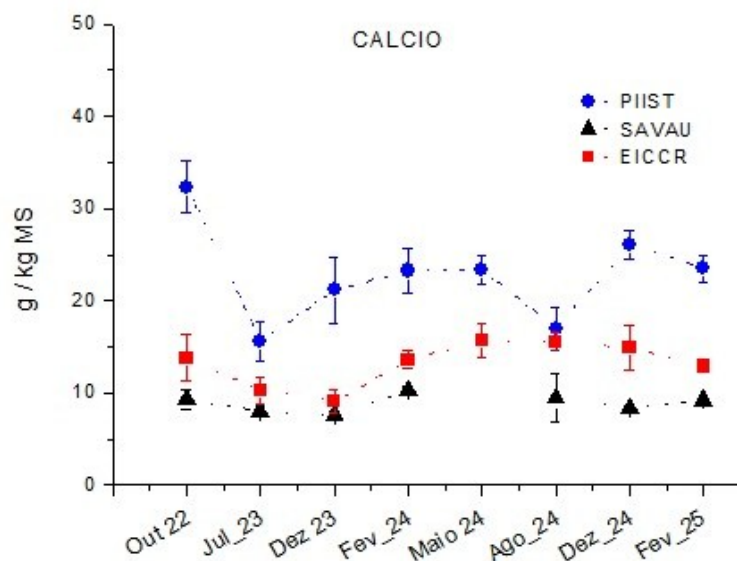


A

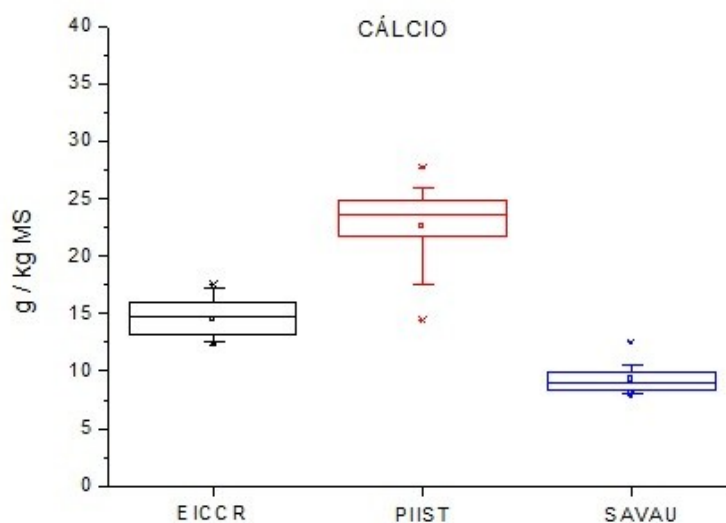


B

Figura 07 – Variação sazonal da concentração de potássio (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de potássio nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

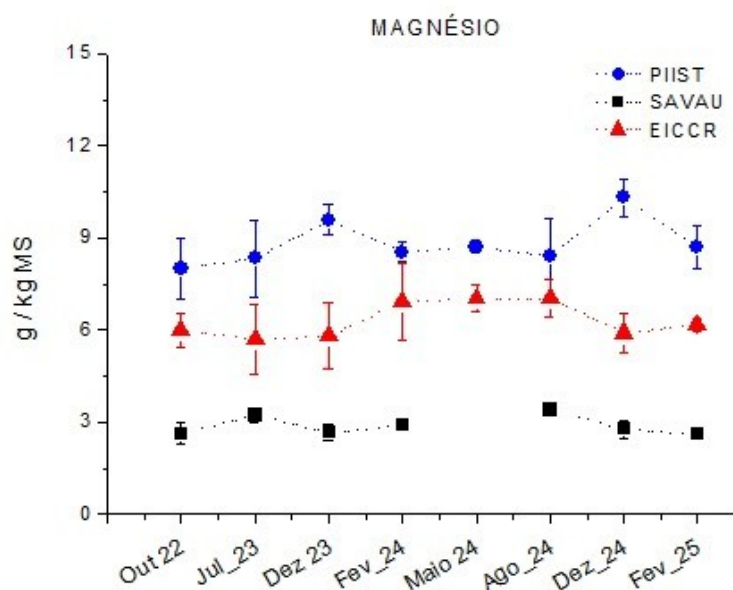


A

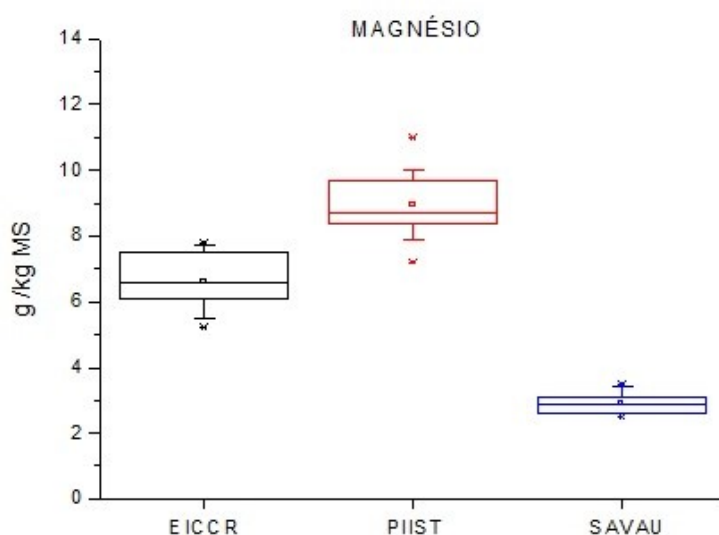


B

Figura 08 – Variação sazonal da concentração de cálcio (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de cálcio nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).



A



B

Figura 09 – Variação sazonal da concentração de magnésio (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de magnésio nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

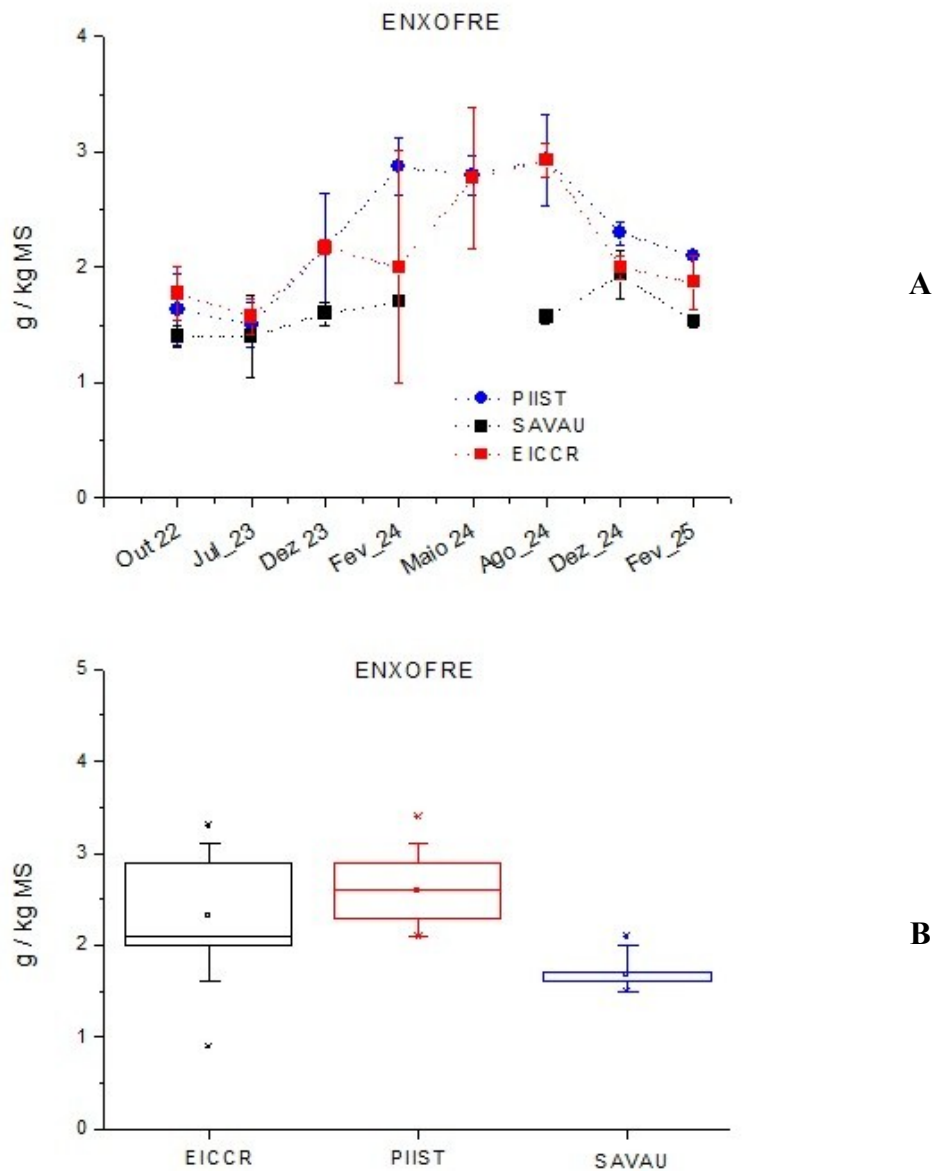
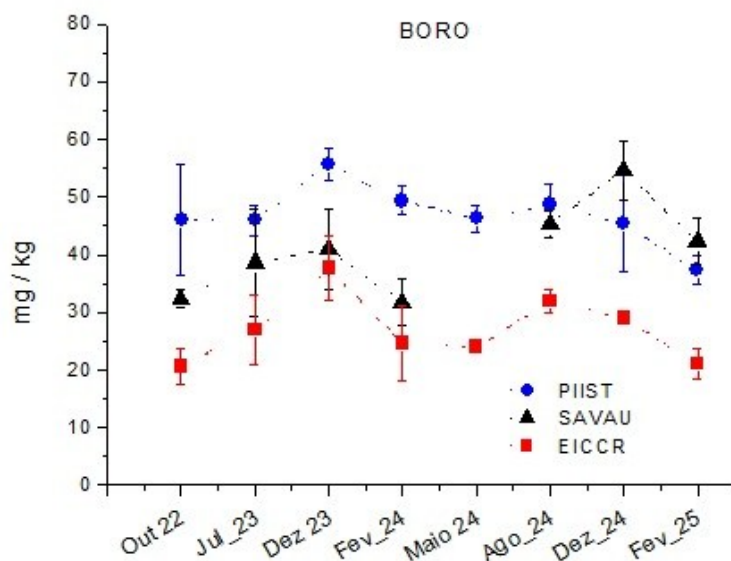
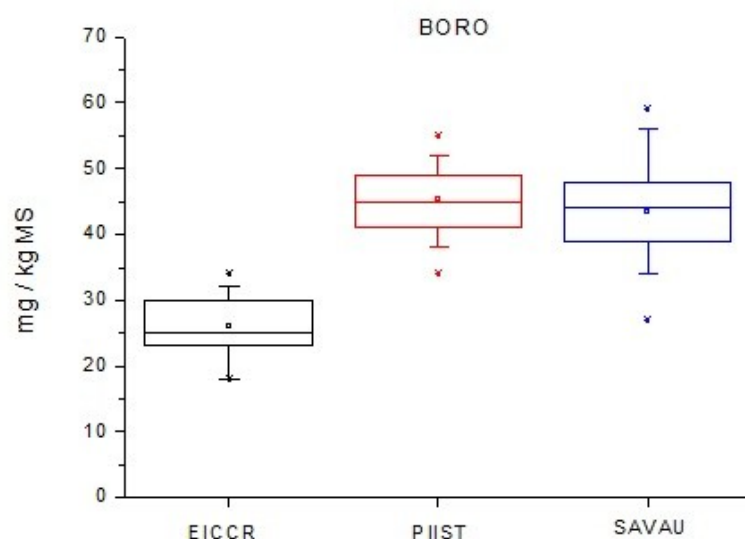


Figura 10 – Variação sazonal da concentração de enxofre (g/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de enxofre nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

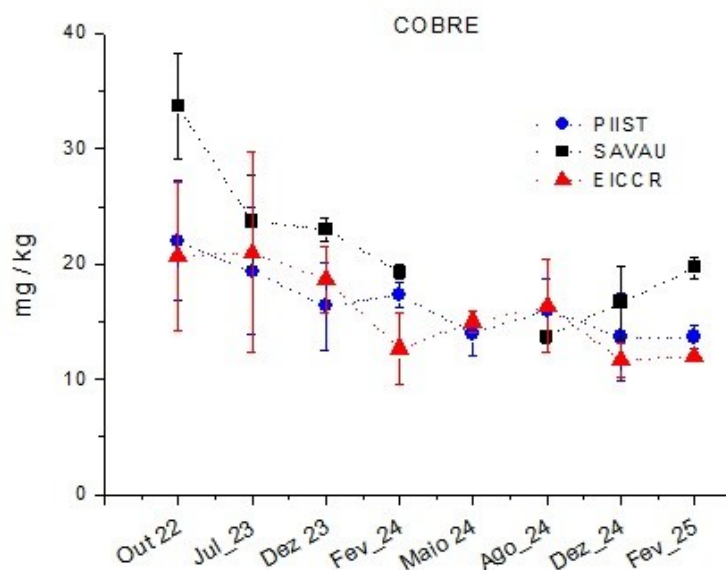


A

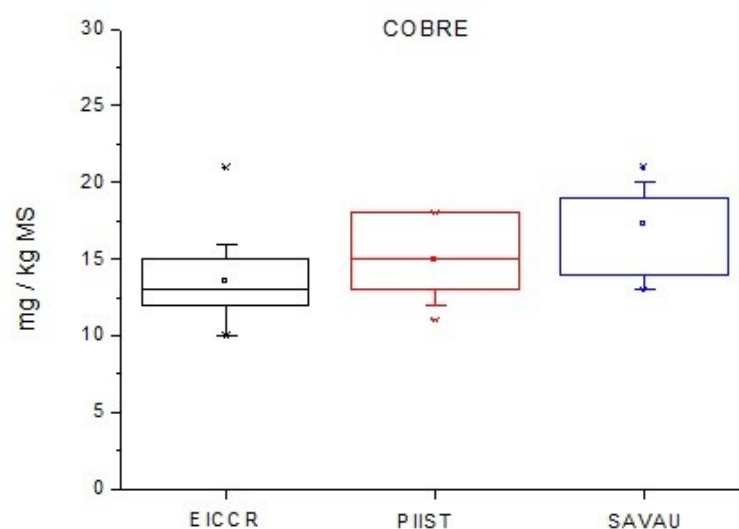


B

Figura 11 – Variação sazonal da concentração de Boro (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de boro nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

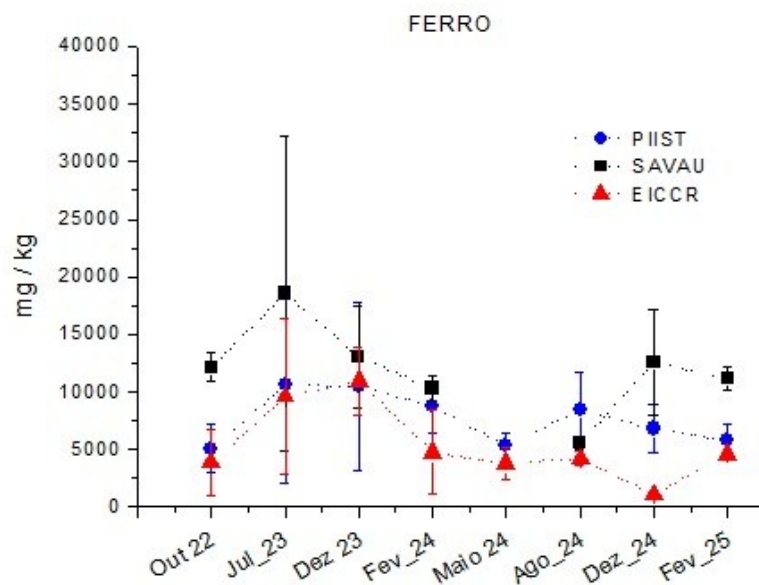


A

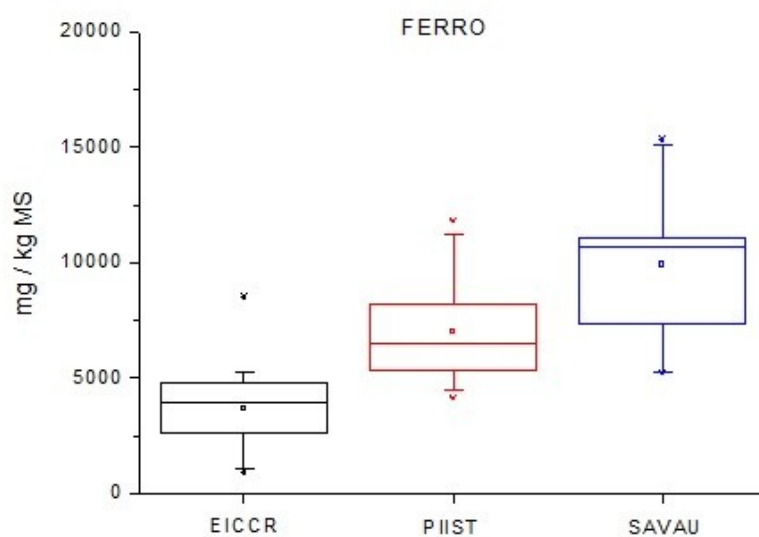


B

Figura 12 – Variação sazonal da concentração de cobre (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de cobre nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

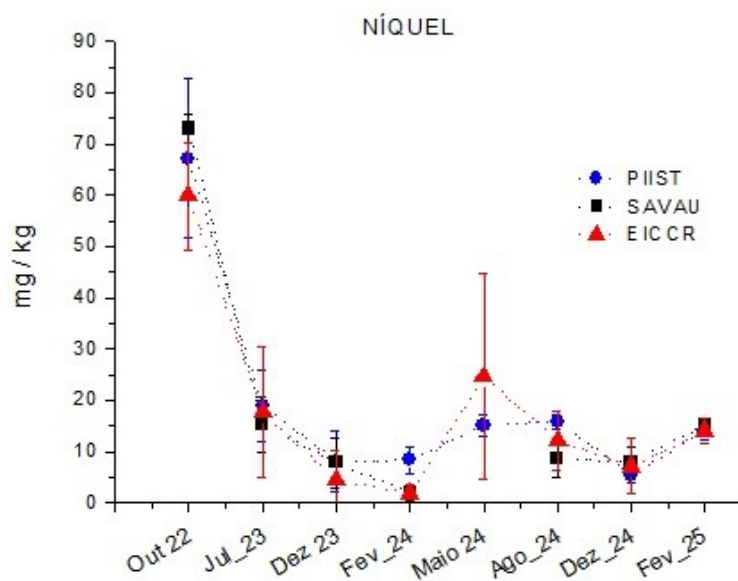


A

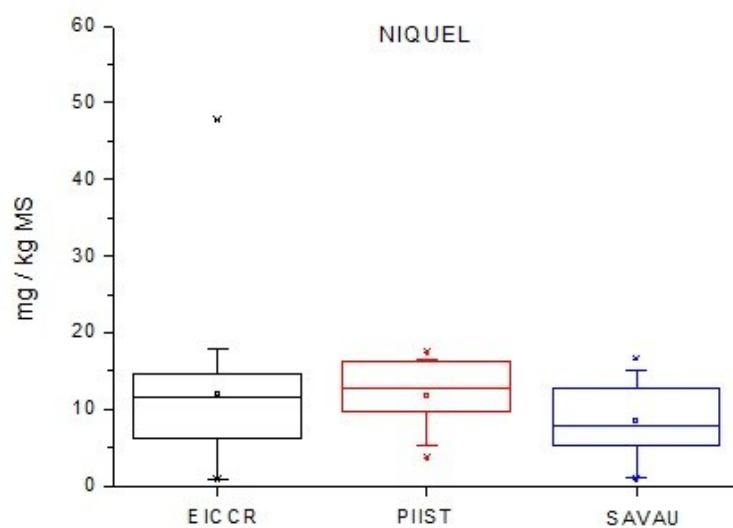


B

Figura 13 – Variação sazonal da concentração de ferro (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de ferro nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

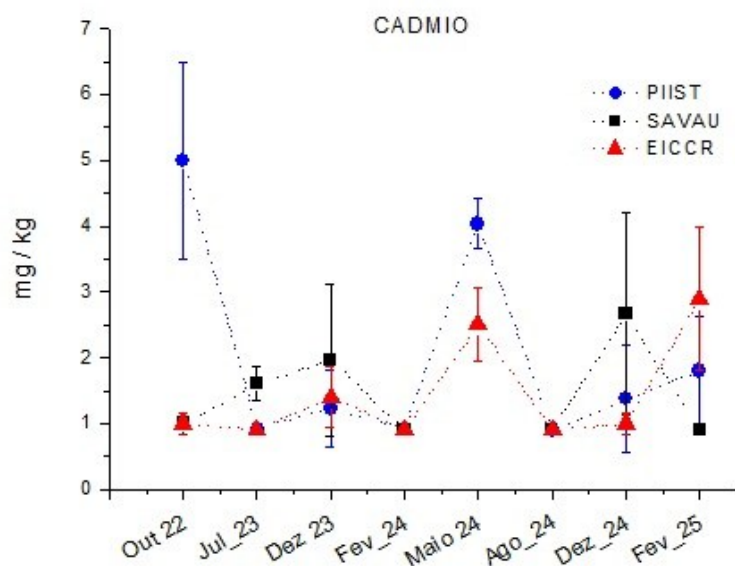


A

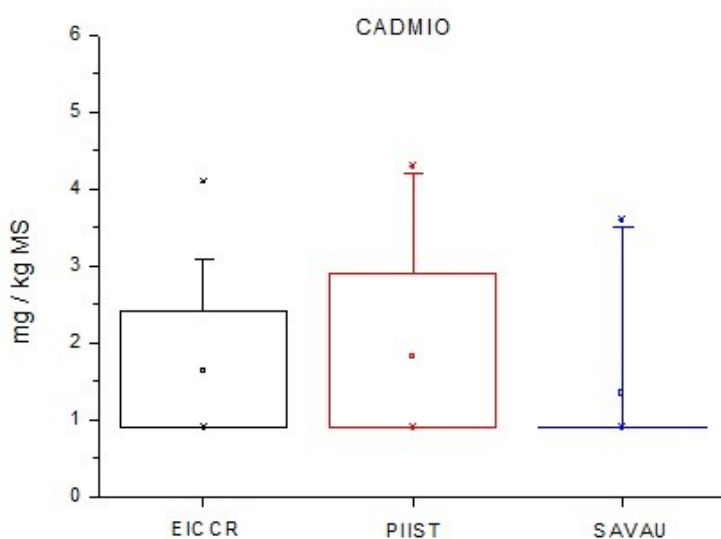


B

Figura 14 – Variação sazonal da concentração de níquel (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de níquel nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

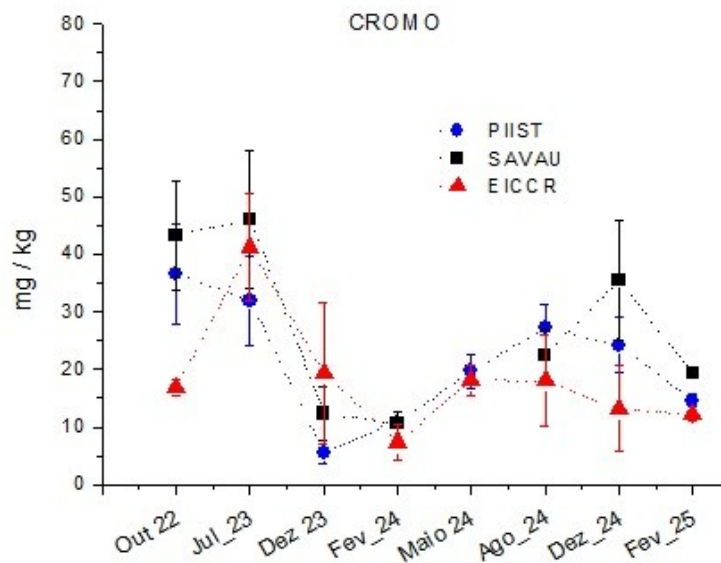


A

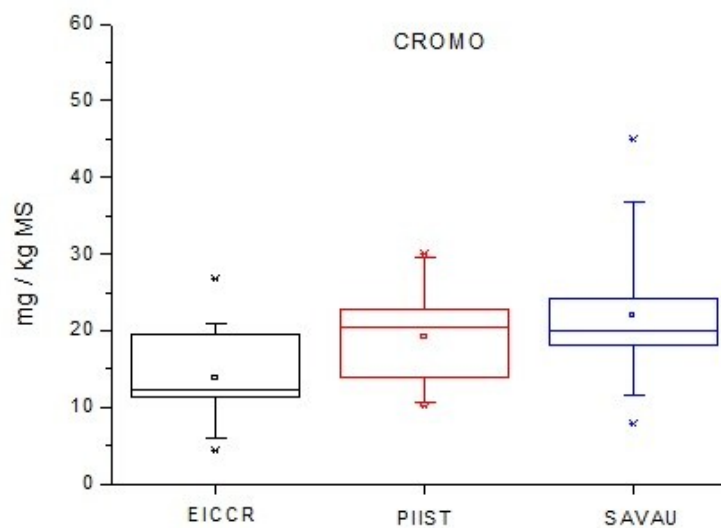


B

Figura 15 – Variação sazonal da concentração de cádmio (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de cádmio nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

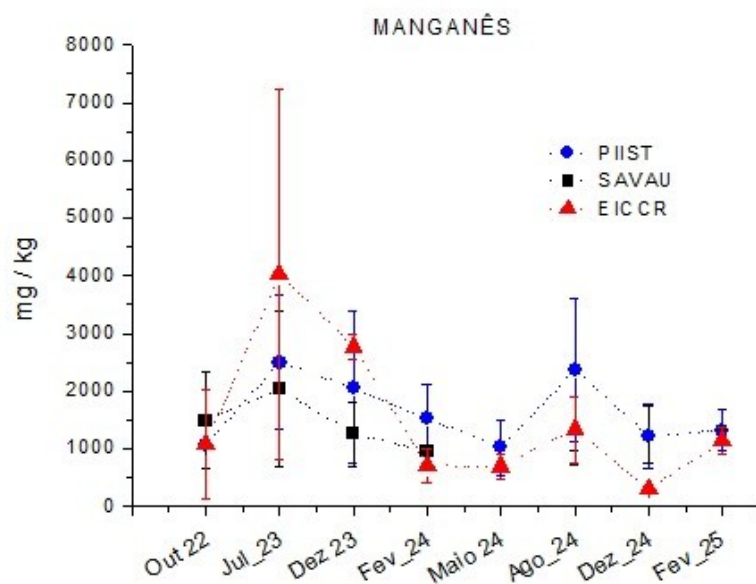


A

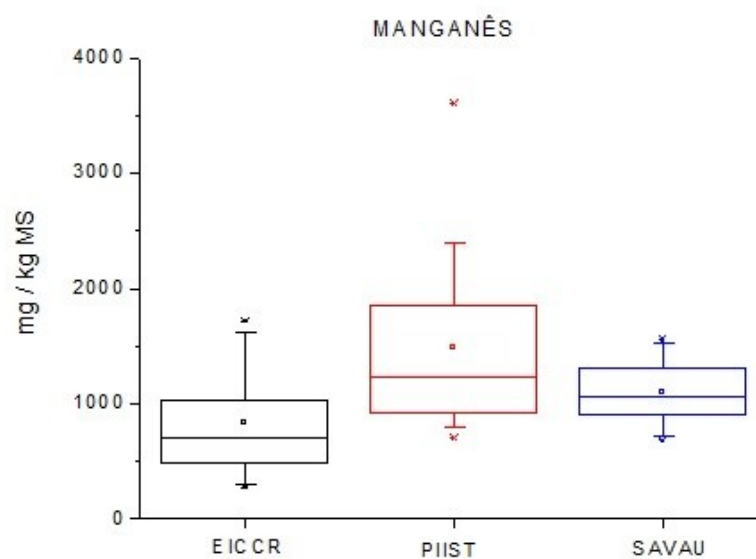


B

Figura 16 – Variação sazonal da concentração de cromo (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de cromo nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

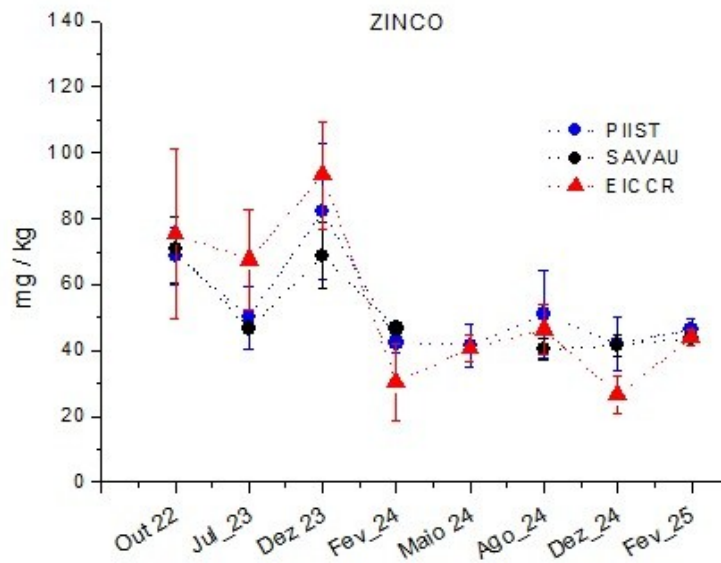


A

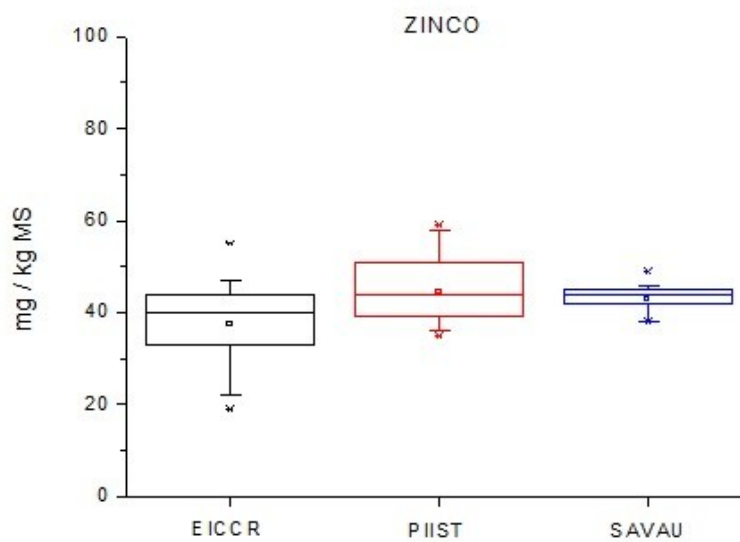


B

Figura 17 – Variação sazonal da concentração de manganês (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de manganês nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

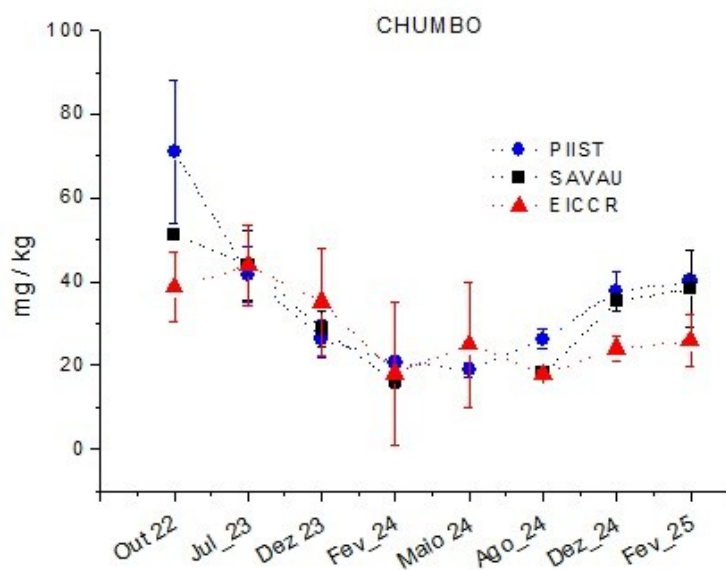


A

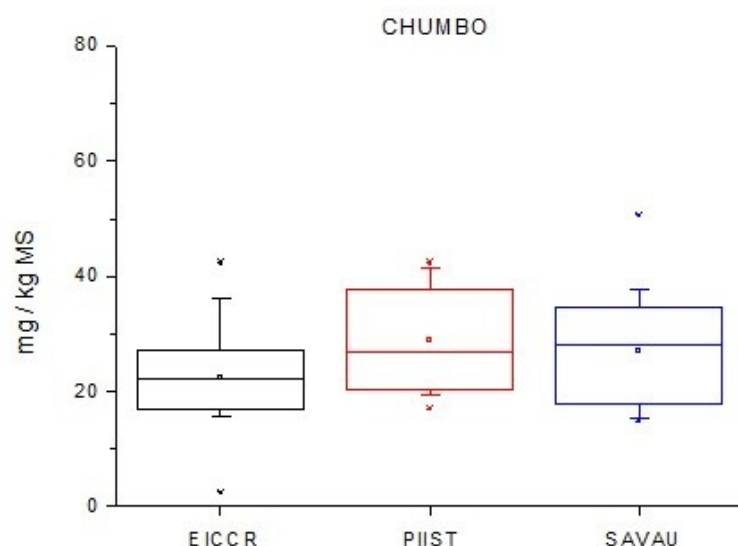


B

Figura 18 – Variação sazonal da concentração de zinco (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de zinco nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).



A



B

Figura 19 – Variação sazonal da concentração de chumbo (mg/kg de matéria seca) nas três espécies de macrófitas flutuantes do reservatório da UHE Tibagi Montante (A). Variação dos teores de chumbo nas três espécies flutuantes desde o início de 2024 (B).

A concentração de **nitrogênio** nas três espécies de macrófitas flutuantes variou entre 15 e 25 g/kg de matéria seca, sendo o aguapé a espécie que apresentou os menores valores. Avaliando a distribuição dos dados, observa-se que o aguapé apresentou a maior amplitude de valores de concentração de nitrogênio. A Salvinia apresentou um valor fora do padrão (oulier), o que não foi observado nas outras duas.

Os valores médios de **fósforo** variaram entre 1 e 2,5 g/kg de matéria seca. A alface d'água apresentou valores significativamente maiores que o aguapé em todas as épocas. A salvinia apresentou valores intermediários, sendo parte das amostras semelhante a alface d'água e parte semelhante ao aguapé. O valor da mediana das amostras de *P. stratiotes* é semelhante ao observado em salvinia, porém os dados apresentam maior amplitude. O aguapé apresenta a menor mediana de fósforo, mas apresenta 50% de seus dados muito próximos ao valor mediano.

A concentração de **potássio** na alface d'água apresentou aumento com o passar do tempo, permanecendo na faixa entre 20 e 25 g/kg de matéria seca. As concentrações do elemento no aguapé ficaram entre 15 e 25 g/kg, apresentando queda em novembro de 2023. A salvinia apresentou os menores valores, entre 10 e 30 mg/kg de matéria seca. As plantas apresentaram baixa amplitude nos dados, sendo a salvinia a planta que apresentou menor intervalo interquartilho (maior número de pontos próximos à mediana).

A alface d'água também se apresentou como a maior acumuladora de **cálcio**, seguida pelo aguapé e salvinia. O valor mediano deste elemento foi maior na alface d'água (aproximadamente 25 g/kg), seguido do aguapé (15 g/kg) e da salvinia (10 g/kg). A alface d'água, no entanto, apresenta maior amplitude dos dados e dois outliers, o que contrasta com o reduzido intervalo inter-quartilho observado na salvinia. O mesmo comportamento pode se observado para a concentração de **magnésio** nas plantas, sendo a alface d'água a maior acumuladora, seguida do aguapé e salvinia. A amplitude de distribuição dos dados nas três plantas é baixa, principalmente no caso da salvinia (que apresenta o menor valor de mediana).

Não foram observadas diferenças com relação à concentração de **enxofre** entre as espécies e entre as épocas amostradas. As plantas apresentaram concentrações com baixa amplitude de dados, sendo a salvinia a planta com menor valor de mediana.

A alface d'água apresentou valores superiores de **boro** em relação ao aguapé em todas as épocas de amostragem. A salvinia apresentou valores semelhantes ao aguapé em 2023 e início de 2024, mas mostrou valores superiores ao aguapé no final de 2024 e início de 2025. Nesta época as concentrações em salvinia eram semelhantes aos observados na alface d'água. A mediana e a amplitude dos dados de alface d'água e salvinia foram semelhantes. O aguapé apresentou o menor valor de mediana, mas sua amplitude foi semelhante as demais plantas.

Com relação ao **cobre** apenas nas coletas de outubro de 2022 e fevereiro de 2025 os valores em salvinia foram superiores as demais plantas. Nas demais épocas, os valores das espécies foram semelhantes. As três espécies apresentaram medianas com valores muito próximos, mas o aguapé apresentou menor valor interquartilho (dados mais próximos da mediana).

As plantas não diferiram quanto a concentração de **ferro** em todas as épocas de amostragem devido ao elevado desvio padrão dos dados. O maior valor de mediana foi observado para salvinia, seguida pela alface d'água e aguapé. A salvinia também apresentou maior amplitude dos valores, enquanto o aguapé apresentou a menor (dados mais próximos da mediana).

Os valores das concentrações de **níquel** e **cádmio** não diferiram entre as espécies em todas as épocas de amostragem.

Não há diferença entre as concentrações de **chromo**, **manganês** e **chumbo** nas três espécies de macrófitas flutuantes. A mediana dos valores destes três elementos em aguapé é inferior às outras espécies.

A forma de apresentação dos dados em “box-plot” trouxe novas interpretações para os resultados obtidos, fornecendo uma visão mais ampla da distribuição destes dados. A interpretação conjunta com os dados de média e desvio padrão em cada época proporcionou o entendimento mais amplo do cenário de capacidade de acúmulo de nutrientes e metais pelas macrófitas de hábito flutuante do reservatório da UHE Tibagi Montante.

5. Considerações finais

O reservatório da UHE Tibagi Montante, nesta avaliação realizada em fevereiro de 2025, apresenta uma comunidade de plantas aquáticas dominada por quatro espécies, as quais são as mais frequentemente observadas: *Pistia stratiotes* (alface d’água), *Oxycarium cubense*, *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Hydrocotyle ranunculoides*. Este fato proporcionou um índice de equitabilidade inferior a 1, quando poucas plantas dominam a comunidade. No entanto, a comunidade de plantas aquáticas ocupa uma área de espelho d’água inferior a 2% da área total.

Atualmente a braquiária aquática foi observada em 22% dos pontos amostrados, apesar de sua importância ainda ser baixa no corpo hídrico. A epífita *Oxycarium cubense* cresce à medida que a população de flutuantes aumenta, correspondendo à segunda mais importante população da comunidade de macrófitas aquáticas do reservatório, sendo observada em 77% dos pontos amostrados. Somente a alface d’água supera esta epífita (sendo também a base para seu crescimento) com 96% de frequência de ocorrência, sendo a espécie dominante da comunidade.

A flutuante fixa *Hydrocotyle ranunculoides* (popularmente conhecida como chapéu-de-sapo) vem apresentando aumento de sua população, principalmente na parte mediana do corpo hídrico. Atualmente é a quarta mais importante espécie do corpo hídrico. Esta planta também é importante no reservatório da LIGHT (Rio de Janeiro), onde ocupa a borda das infestações de plantas flutuantes ou emersas. No entanto, não há relatos desta planta causando problemas para o uso múltiplo de corpos hídricos.

As populações não ocupam grandes áreas de superfície de lâmina d’água (**menos de 2% da área de espelho d’água**) no reservatório da UHE Tibagi Montante, não sendo observadas recentemente explosões populacionais importantes. Este fato deve-se, em parte, à estabilidade das propriedades físico-químicas da água, principalmente da condutividade elétrica. A composição química das três espécies flutuantes, as quais absorvem os nutrientes diretamente da coluna d’água, demonstra uma certa estabilidade ao longo do tempo em praticamente todos os elementos. As plantas não apresentaram concentrações de nutrientes e/ou metais pesados superiores aos limites estabelecidos pela CONAMA.



Em resumo, o reservatório da UHE Tibagi Montante apresenta uma comunidade de macrófitas aquáticas praticamente estável e de baixas dimensões, o que não afeta diretamente os usos múltiplos do corpo hídrico. Apesar da comunidade apresentar algumas espécies com características invasoras, estas ainda apresentam crescimento controlado, sem a constatação de explosões populacionais.

Nesse sentido, é essencial monitorar essas populações e a qualidade da água, além de manter as práticas de manejo já implementadas, como o vertimento controlado e em pequenas quantidades, para identificar precocemente possíveis explosões populacionais e adotar medidas de controle adequadas.