

# USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE  
DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

RELATÓRIO TÉCNICO REFERENTE À PRIMEIRA  
CAMPANHA DE MONITORAMENTO –  
SETEMBRO DE 2009



Dezembro / 2009

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **Coordenadora do projeto**

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

### **Trabalhos de campo e laboratório**

Bióloga Kátia Bittar Haddad

Biólogo Wagner Batista Xavier

Biólogo Paulício Maconi Filho

Téc. Alline Caetano Luz

### **Análise da comunidade de macrófitas aquáticas**

Bióloga Dra. Priscilla de Carvalho

### **Consultor**

Prof. Dr. Luis Mauricio Bini (Universidade Federal de Goiás)

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	1
2. Objetivos.....	2
3. Metodologia.....	3
3.1. Área de Estudo .....	3
3.2. Caracterização da Comunidade de Macrófitas Aquáticas .....	5
4. Resultado .....	5
5. Considerações Finais .....	9
6. Referências .....	9
ANEXO I. Localização dos pontos de coleta.....	11

## 1. Introdução

A importância ecológica das comunidades de macrófitas aquáticas tem sido enfatizada por vários autores (THOMAZ e BINI, 1998). Dentre as funções desempenhadas, pode ser destacado o aumento da estruturação e da heterogeneidade dos habitats aquáticos, que apresenta como resultados diretos: i) fornecimento de substrato para a comunidade perifítica, ii) surgimento de locais de abrigo, alimentação e reprodução para vários invertebrados e vertebrados, iii) proteção das margens, e iv) filtração/retenção de nutrientes dissolvidos e de material particulado, em situações específicas.

A despeito da importância ecológica (WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998), as macrófitas aquáticas são consideradas “daninhas” ou “infestantes” quando as densidades populacionais excedem um determinado limite, interferindo nos usos múltiplos dos recursos hídricos. Dentre os principais problemas causados pelo crescimento excessivo das macrófitas aquáticas, podem ser destacados o impedimento do fluxo da água, a obstrução de áreas de lazer ou rotas de navegação, a desoxigenação da água, o aumento das concentrações de nutrientes (redução geral da qualidade da água), o entupimento de turbinas de empreendimentos hidrelétricos, diminuindo assim a produção de energia elétrica, a redução da biodiversidade, além de problemas de saúde pública, como a criação de áreas propícias para o desenvolvimento de vetores de doenças (PIETERSE e MURPHY, 1990).

Tais problemas têm aumentado muito na América do Sul (TUNDISI et al., 1993), principalmente devido ao crescimento excessivo de *Eichhornia crassipes* (espécie flutuante livre), *Eichhornia azurea* (espécie emergente enraizada) e algumas espécies submersas como *Egeria najas* e *Egeria densa*.

Um grande número de reservatórios tem sido construído no Brasil, especialmente após a década de 60. Grande parte desses reservatórios é colonizada por macrófitas aquáticas em diferentes graus e alguns já apresentam problemas operacionais e dos usos múltiplos em consequência do desenvolvimento excessivo da vegetação aquática (THOMAZ e BINI, 1998).

De maneira geral, o grau de desenvolvimento das macrófitas aquáticas em um dado reservatório pode ser associado a alguns fatores morfométricos, tais como a profundidade, o índice de desenvolvimento de margem, o grau de exposição ao vento, a declividade das margens, além do aporte de nutrientes e dos padrões de flutuação dos

níveis da água. Assim, espera-se um maior desenvolvimento da comunidade de macrófitas em um reservatório que apresente menor profundidade, níveis de água relativamente constantes, com maiores aportes de nutrientes e maiores valores do índice de desenvolvimento de margens (THOMAZ e BINI, 1998). De acordo com Carvalho et al. (2003), as plantas aquáticas são estudadas como um efeito do desequilíbrio causado pela poluição e/ou alagamento dos rios.

Assim, destaca-se a importância do monitoramento de macrófitas aquáticas nas áreas a serem afetadas pelo reservatório a ser formado do AHE Jirau. Este monitoramento visa acompanhar as alterações decorrentes da formação do novo ambiente (de um sistema lótico para um lêntico), o aparecimento de espécies de macrófitas aquáticas, o potencial das mesmas se tornarem daninhas, e o controle destas, quando necessário.

## **2. Objetivos**

O objetivo geral do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas é de mensurar as modificações na macroflora aquática na área de influência do AHE Jirau, advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de proliferação excessiva de espécies indesejáveis.

Os objetivos específicos do Programa são:

- i. caracterizar as comunidades de macrófitas aquáticas na área de influência do AHE Jirau, verificar as alterações espaciais e temporais da estrutura dessas comunidades;
- ii. avaliar quais são os principais fatores que estruturam essas comunidades;
- iii. detectar regiões com maior frequência de ocorrência de macrófitas na área de influência do empreendimento;
- iv. controle o crescimento excessivo das espécies de macrófitas aquáticas indesejáveis na área de influência do empreendimento, se este ocorrer;
- v. promover interface com os Programas de Monitoramento Limnológico, Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Conservação da Ictiofauna, Desmatamento do Reservatório e Saúde Pública.

### **3. Metodologia**

#### **3.1. Área de Estudo**

O Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau localiza-se em trecho do rio Madeira inteiramente situado no município de Porto Velho, estado de Rondônia. O AHE Jirau terá uma capacidade instalada de 3.450 MW e operará com nível d'água variável no reservatório. A área do reservatório, nas condições de cheia (cota 90m) será de aproximadamente 361,60 km<sup>2</sup>.

Nesta primeira fase de implementação do Programa, na qual o empreendimento encontra-se em construção, foram selecionadas 20 (vinte) estações de coleta, distribuídas ao longo da área de influência da AHE Jirau (**Tabela 1, ANEXO I**). A seleção das estações de coleta de dados limnológicos foi baseada no EIA e em vistoria em campo, estando distribuídas da seguinte forma, conforme descrito no Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas constante do Projeto Básico Ambiental (PBA) do empreendimento:

- i. 01 (uma) estação de monitoramento em um dos rios formadores do Madeira, sendo escolhido o rio Mamoré por estar em território nacional (P1);
- ii. 06 (seis) estações de monitoramento no rio Madeira, sendo 05 (cinco) localizadas a montante do eixo (P2, P6, P9, P14, P18) e 01 (uma) localizada a jusante (P19);
- iii. 12 (doze) estações de monitoramento nos afluentes do rio Madeira;
- iv. 01 (uma) estação de monitoramento na área alagada do rio Mutum-Paraná (P13).

Ressalta-se que o ponto 19 (MAD 6) não estava previsto no PBA, sendo inserido posteriormente tendo em vista a necessidade de monitorar um local a jusante da futura barragem do AHE Jirau. Além disso, durante a fase de implantação do reservatório, somente um ponto de coleta foi estabelecido na área alagada do rio Mutum (MUT 1). A segunda estação de coleta, prevista no PBA, nesta área (MUT 2) foi alterada para a foz do rio Mutum-Paraná (P20- MTP 2), tendo em vista que sua localização anteriormente estava autocorrelacionada com o MUT 1, ou seja, ambas estavam muito próximas.

**Tabela 1.** Estações de monitoramento de macrófitas aquáticas.

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas			
		Latitude (Graus)	Longitude (Graus)	Latitude (UTM)	Longitude (UTM) 20L
P1-MAM	Rio Mamoré	10°23'18.20"	65°24'03.80"	8850608	0237050
P2-MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	10°19'38.30"	65°21'54.30"	8857396	0240941
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	10°13'58.20"	65°16'57.30"	8867914	0249906
P4-ARA	Igarapé Araras	10°00'51.20"	65°18'53.50"	8892078	0246196
P5-ABU	Rio Abunã	09°40'38.30"	65°26'27.70"	8929260	0232086
P6-MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	09°37'51.10"	65°26'09.70"	8934406	0232598
P7-SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	09°36'36.30"	65°24'04.80"	8936732	0236392
P8-SIM 1	Igarapé São Simão 1	09°30'35.90"	65°17'54.40"	8947886	0247617
P9-MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	09°36'11.20"	65°07'24.10"	8937702	0266912
P10-CAS 1	Igarapé Castanho 1	09°36'10.70"	65°07'46.60"	8937716	0266224
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	09°40'45.70"	64°58'42.00"	8929364	0282882
P12-COT 1	Rio Cotia 1	09°40'47.10"	64°58'54.00"	8929318	0282517
P13-MUT 1	Área alagada de Mutum 1	09°37'00.90"	64°56'25.40"	8936294	0287008
P14-MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	09°35'25.50"	64°54'04.30"	8939250	0291294
P15-LOU 1	Igarapé São Lourenço 1	09°21'50.70"	64°50'48.50"	8964318	0297131
P16-CAI 1	Igarapé Caiçara 1	09°24'04.20"	64°49'35.30"	8960228	0299388
P17-JIR 1	Igarapé Jirau 1	09°22'35.90"	64°44'50.00"	8962986	0308080
P18-MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	09°21'17.00"	64°43'55.10"	8965418	0309744
P19-MAD 6	Rio Madeira (bóia)	09°11'53.80"	64°36'49.90"	8982784	0322731
P20-MTP 2	Foz do rio Mutum-Paraná	09°36'16.30"	64°55'03.20"	8937680	0289508

### 3.2. Caracterização da Comunidade de Macrófitas Aquáticas

O levantamento taxonômico das macrófitas aquáticas foi realizado entre os dias 28 de setembro e 7 de outubro de 2009, tendo sido analisados os mesmos pontos de coleta utilizados no Programa de Monitoramento Limnológico (**Tabela 1**). No entanto, estes locais foram utilizados como referências iniciais para a realização do levantamento das macrófitas aquáticas, tendo em vista a possibilidade de se encontrar bancos de macrófitas em locais que não foram monitorados pelo Programa de Monitoramento Limnológico.

As macrófitas aquáticas encontradas foram coletadas manualmente. Foi utilizado um rastelo para verificar a existência de macrófitas aquáticas submersas. Todos os espécimes coletados, quando necessário, foram lavados em água corrente para remover o excesso do material aderido. A herborização foi feita dispendo o material botânico entre folhas de jornais, papelão, folhas de alumínio canelado e prensa botânica. Posteriormente, as prensas foram acondicionadas em estufa para completa desidratação. As seguintes informações foram anotadas na ficha de herborização: número do exemplar, data e local de coleta, latitude e longitude (dado obtido no campo com um aparelho de GPS), nome do coletor, tipo ecológico (segundo Esteves, 1998) e identificação preliminar. A identificação foi feita através de consulta a especialistas e de acordo com a seguinte literatura: Cook (1990), Kissmann (1997), Pott e Pott (2000) e Lorenzi (2000).

Posteriormente, de acordo com a literatura especializada, algumas informações específicas (para cada gênero ou espécie identificada) foram utilizadas para avaliar o potencial de infestação dos táxons registrados. Em nenhum local monitorado, as áreas ocupadas pelas populações de macrófitas aquáticas eram suficientemente grandes para a determinação da biomassa.

## 4. Resultado

Em setembro de 2009, foram registrados 02 (dois) táxons de macrófitas aquáticas: (i) *Eichhornia crassipes*, pertencente à família Pontederiaceae, no ponto 1 (P1-MAM), no rio Mamoré (**Figura 1**) e (ii) um táxon pertencente à família Cyperaceae no ponto 20 (P20-MTP 2), na foz do rio Mutum-Paraná (**Figura 2**). Somente a espécie *Eichhornia crassipes* pode ser considerada uma euhidrófita (verdadeiramente aquática).



É importante destacar que em alguns trechos (P1-MAM) foi observada a presença de Poaceae anfíbias (**Figura 1**). No entanto, considerando a ausência de estruturas reprodutivas, não foi possível realizar uma análise com maior resolução taxonômica.

O aguapé (*E. crassipes*) é uma espécie flutuante livre nativa na América do Sul, provavelmente originária da Região Amazônica. De maneira geral, essa espécie tem o potencial de afetar negativamente os usos múltiplos de um reservatório, tais como navegação e impedimento do fluxo da água. No trecho monitorado do AHE Jirau, a área atual ocupada por essa espécie é pequena (P1-MAM; **Figura 1**), no entanto, dependendo das condições limnológicas do futuro reservatório, como aumento nas concentrações de nutrientes, pode ocorrer um crescimento acentuado dessas populações.

As macrófitas aquáticas flutuantes frequentemente ocorrem em ambientes eutrofizados, cobrindo extensas áreas. Podem-se citar, como exemplos, os extensos bancos de *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* na represa Billings, situada na região metropolitana de São Paulo (CAMARGO et al., 2003), além de outros reservatórios brasileiros (MARCONDES et al., 2003; THOMAZ et al., 2003; BINI et al., 2004; MARTINS et al., 2008). Em setembro de 2009, o ponto 1 (P1-MAM; rio Mamoré) foi classificado como mesotrófico, de acordo com as concentrações de fósforo total e clorofila-*a* (**Tabela 2**). De maneira geral, as concentrações de orto-fosfato e fósforo total não foram elevadas neste local (0,034 mg/L e 0,043 mg/L, respectivamente), indicando que, a curto prazo, provavelmente não ocorrerá o crescimento acentuado da espécie flutuante *E. crassipes*. A presença dessa espécie no ponto 1, provavelmente, deve-se a maior proteção do local contra a ação dos ventos. Além disso, ressalta-se que ao longo do trecho monitorado do AHE Jirau, todos os locais de coleta apresentaram vegetação marginal bem preservada, sem a ocorrência de fontes pontuais de poluição. Somente o monitoramento em longo prazo indicará quais os fatores responsáveis pelo crescimento dessa espécie.

O táxon pertencente à família Cyperaceae, por sua vez, foi registrado no ponto 20 (foz do rio Mutum-Paraná) (**Figuras 2 e 3**). De maneira geral, as espécies pertencentes à família Cyperaceae são plantas emergentes, amplamente dispersas por todo o Brasil e frequentes em solos úmidos (Lorenzi, 2000). Além disso, não podem ser consideradas “euhidrófitas”, ou seja, não são espécies verdadeiramente aquáticas. A dominância de plantas emergentes e a incidência de espécies que toleram amplas variações da umidade dos solos, mas que não são aquáticas no sentido estrito, são

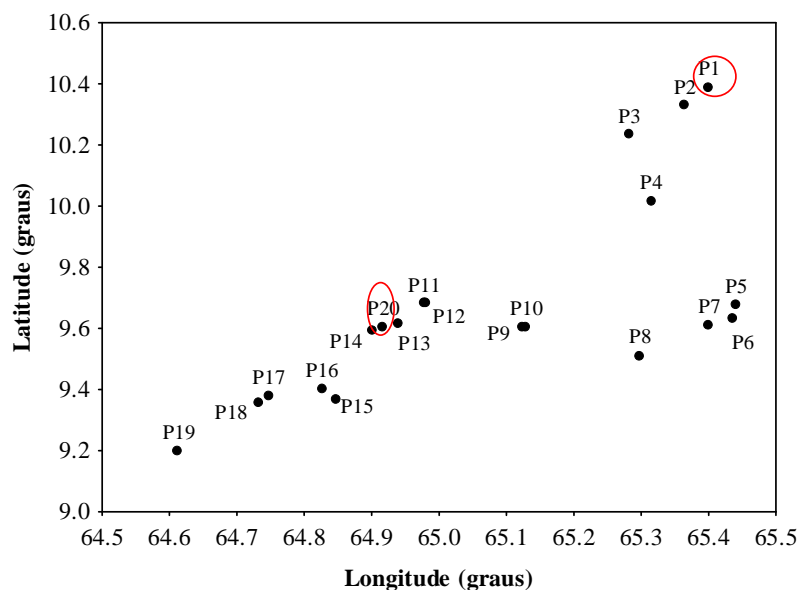
características das assembléias de plantas de ecossistemas lóticos. De fato, vários fatores limitam o desenvolvimento de euhidrófitas em ambientes lóticos, tais como rios, dentre os quais podem ser citados: o sombreamento provocado pela mata ciliar em alguns pontos, a elevada velocidade da água e a elevada turbidez (BINI e THOMAZ, 1998). Além disso, essas espécies não são consideradas potencialmente daninhas aos usos múltiplos dos reservatórios.



**Figura 1.** Presença da espécie *Eichhornia crassipes*, no ponto 1 (rio Mamoré).



**Figura 2.** Presença de Cyperaceae no ponto 20 (foz do rio Mutum-Paraná).



**Figura 3.** Localização dos pontos de coleta. Os pontos destacados com círculo vermelho representam os locais onde foram registrados táxons de macrófitas aquáticas.

**Tabela 2.** Índice do Estado Trófico (IET) nos ponto de coleta.

Pontos	Locais	Fósforo total (mg/L)	Clorofila- <i>a</i> (µg/L)	IET	Classificação do Estado Trófico
1	Rio Mamoré	0,043	1,638	53,923	Mesotrófico
2	Rio Madeira- Mad 1	0,289	2,730	61,082	Eutrófico
3	Igarapé Ribeirão	0,02	1,638	51,936	Oligotrófico
4	Igarapé Araras	0,021	0,683	48,273	Oligotrófico
5	Rio Abunã	0,032	1,986	53,989	Mesotrófico
6	Rio Madeira- Mad 2	0,23	<0,01	46,176	Ultraoligotrófico
7	Igarapé Simãozinho 1	0,075	3,413	58,545	Mesotrófico
8	Igarapé São Simão 1	0,024	1,365	51,620	Oligotrófico
9	Rio Madeira- Mad 3	0,446	<0,01	47,896	Oligotrófico
10	Igarapé Castanho 1	0,026	<0,01	40,515	Ultraoligotrófico
11	Rio Mutum-Paraná 1	0,015	<0,01	39,086	Ultraoligotrófico
12	Rio Cotia 1	0,002	<0,01	33,854	Ultraoligotrófico
13	Área alagada do Mutum 1	0,004	1,560	47,545	Oligotrófico
14	Rio Madeira- Mad 4	0,147	4,096	61,081	Eutrófico
15	Igarapé São Lourenço 1	0,039	<0,01	41,568	Ultraoligotrófico
16	Igarapé Caiçara 1	0,043	<0,01	41,821	Ultraoligotrófico
17	Igarapé Jirau 1	0,023	4,901	57,041	Mesotrófico
18	Rio Madeira- Mad 5	0,26	1,437	58,029	Mesotrófico
19	Rio Madeira- Mad 6	0,149	<0,01	45,048	Ultraoligotrófico
20	Foz Mutum	0,017	1,638	51,514	Oligotrófico

## 5. Considerações Finais

O monitoramento de macrófitas aquáticas realizado antes do enchimento do reservatório do AHE Jirau é necessário para avaliar a presença de espécies de macrófitas aquáticas.

De maneira geral, os resultados obtidos na primeira campanha de campo do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, indicam:

- i. a ocorrência da espécie *Eichhornia crassipes* no rio Mamoré (P1-MAM);
- ii. ocorrência de Cyperaceae na foz do rio Mutum-Paraná (P20-MPT 2).

De maneira geral, o ponto 1 não foi classificado como eutrófico, segundo o “Índice de Estado Trófico” (**Tabela 2**), apresentando baixas concentrações de fósforo. Assim, a concentração de nutrientes na água não explica totalmente a presença da espécie flutuante livre *E. crassipes* neste local. Provavelmente, essas plantas se encontram em um local com maior proteção da ação dos ventos, o que favorece seu crescimento.

As pequenas áreas de cobertura dessas plantas eram esperadas em função das características predominantemente lóticadas destes pontos. No entanto, em função da rápida taxa de crescimento desses vegetais e da elevada capacidade de dispersão (populações de outros locais que potencialmente forneceriam indivíduos para a colonização de áreas propícias a serem formadas com a construção do reservatório), sugere-se a continuidade do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.

Além disso, a presença de *E. crassipes* em trechos que serão afetados pelo futuro reservatório merece especial atenção tendo em vista o rápido crescimento populacional dessa espécie e a sua capacidade de causar impactos negativos nos usos múltiplos do reservatório.

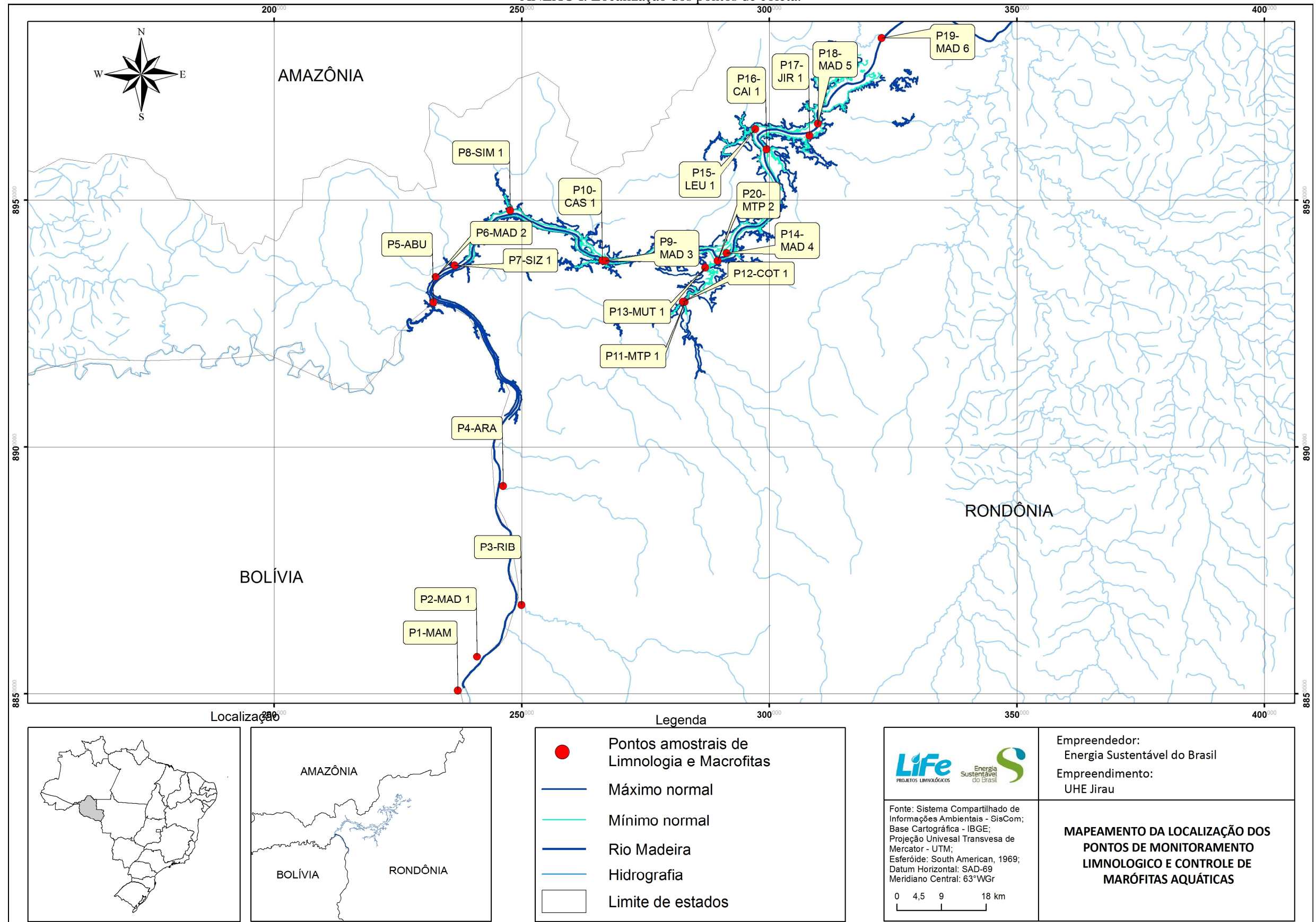
## 6. Referências

COOK, C.D.K. Origin, autoecology, and spread of some of the world's most troublesome aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Org.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford Science Publications, 1990. p. 31-38.

- BINI, L.M.; OLIVEIRA, L.G.; SOUZA, D.C.; CARVALHO, P.; PINTO, M.P. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada reservoir (GO-MG). **Braz. J. Biol.**, v.64, p. 767-770, 2004.
- CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M.; HENRY-SILVA, G.G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Org.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 59-83.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência – FINEP, 1998. 575 p.
- KISSMAN, K.G. **Plantas infestantes e Nocivas**. 2ª Ed. São Paulo: Editora BASF, 1997. Tomo I.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3 ed. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2000. 608 p.
- MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L.; TANAKA, R.H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Org.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 299-317.
- MARTINS, D.; COSTA, N.V.; TERRA, M.A.; MARCHI, S.R. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 26, p. 17-32, 2008.
- PIETERSE, A.H.; MURPHY, K.J. **Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford Science Publication, 1990. 593 p.
- POTT, V.J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404p.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 10, p. 103-116, 1998.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M.; PAGIORO, T.A. Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Org.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 319-341.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMARA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C. Limnology an management of reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (Org.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 25-55.
- WETZEL, R.G. **Limnology**. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1983. 850 p.



ANEXO I. Localização dos pontos de coleta.



Localização

Legenda

- Pontos amostrais de Limnologia e Macrofitas
- Máximo normal
- Mínimo normal
- Rio Madeira
- Hidrografia
- Limite de estados

**Life** PROJETOS LIMNOLÓGICOS **S** Energia Sustentável do Brasil

Fonte: Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - SisCom;  
 Base Cartográfica - IBGE;  
 Projeção Univesal Transversa de Mercator - UTM;  
 Esferóide: South American, 1969;  
 Datum Horizontal: SAD-69  
 Meridiano Central: 63°WGr

0 4,5 9 18 km

Empreendedor:  
Energia Sustentável do Brasil

Empreendimento:  
UHE Jirau

**MAPEAMENTO DA LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E CONTROLE DE MARÓFITAS AQUÁTICAS**

*Juliana Machado do Couto Curti*  
Biól. MSc. **Juliana Machado do Couto Curti**  
**Diretora Técnica**  
**CRBio n°. 30921/D**