

## **Estimativa da exportação da biomassa de macrófitas aquáticas com imagens videográficas no Rio Paraguai, Pantanal, Corumbá-MS**

Elaine França Vianna<sup>1</sup>  
Rafaela Caroline Silva de Souza<sup>1</sup>  
Wendy Judy Padilla Castro<sup>1</sup>  
Iria Hiromi Ishii<sup>1</sup>  
Suzana Maria Salis<sup>2</sup>  
Ivan Bergier Tavares de Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFMS - Campus Pantanal  
Avenida Rio Branco 1270– Bairro Universitário  
Caixa Postal 252 - CEP 79304-902 - Corumbá, MS, Brasil.  
elainevianna@live.com, {rafac.souza, wendy\_jcp\_7}@hotmail.com, iria@ceuc.ufms.br

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pantanal  
Rua 21 de Setembro nº 1880 – Bairro N.S. de Fátima  
Caixa Postal 109 - CEP 79320-900 - Corumbá, MS, Brasil.  
{ivan, smsalis}@cpap.embrapa.br

**Resumo:** Apresentamos nesse trabalho uma nova metodologia para estimar a exportação fluvial de fitomassa seca de macrófitas aquáticas livres e flutuantes (camalotes) produzida na planície de inundação do Pantanal. Tal processo é influenciado pela dinâmica dos ventos (escalas de tempo de curto alcance, horária/diária) e pelo ciclo hidrológico (escalas de tempo de longo alcance, sazonal/anual). Esta estimativa é importante tendo em vista o potencial de uso dessa biomassa para a produção de biocombustíveis e biomateriais. O método baseia-se na aquisição de dados de vídeo, na extração de cenas (frames) e na análise visual das cenas calibradas com informação de campo. Através da metodologia proposta é possível integrar no tempo a quantidade de fitomassa exportada pelo Rio Paraguai, em Corumbá-MS, muito embora seja necessária a automação da fase de interpretação visual, tendo em vista a grande massa de dados a ser processada para obter resultados satisfatórios, aja vista que o processo de exportação de biomassa aquática é intermitente e de elevada variabilidade temporal.

**Palavras-chave:** macrófitas aquáticas, camalote, bioenergia, biomassa, Pantanal.

**Abstract:** A new methodology is proposed to estimate the fluvial exportation of floating aquatic plant biomass (camalotes) produced in the Pantanal floodplain. The export process is influenced by wind (short-range timescales, hourly, daily) and hydrologic (long-range timescales, seasonal, annual). The methodology herein introduced is important because the biomass can be sustainably explored for biofuels or biomaterials. The method consists in acquiring videographic data, frame extraction, and visual interpretation of calibrated scenes with field information. Through this methodology it is possible to integrate in time the quantity of biomass exported through the Paraguay river in Corumbá, of Mato Grosso do Sul State, Brazil. However, it might be necessary the automation of the visual interpretation considering the need to process large masses of data to achieve satisfactory results. The exportation process is very intermittent and shows pronounced variability in several timescales.

**Key-words:** aquatic macrophytes, camalote, bioenergy, biomass, Pantanal.

## 1. Introdução

O Pantanal Sul Matogrossense é um ecossistema que apresenta grande diversidade natural, tanto de fauna como de flora. Suas características hidrológicas regem a dinâmica funcional desses organismos, e determinam suas distribuições e quantidades. É fundamental conhecer as potencialidades desse sistema para o desenvolvimento de uma política adequada de utilização dos recursos naturais existentes, com menor impacto possível, de forma sustentável e racional. As macrófitas aquáticas são importantes na cadeia trófica do ecossistema aquático pantaneiro (metabolismo heterotrófico), servem de abrigo e alimento a peixes, insetos aquáticos, moluscos, aves e mamíferos, e substrato ao perifiton. Elas fazem depuração da água, pela retenção de nutrientes e de sedimentos em suspensão (Hamilton, 1993). Os camalotes, *Eichhornia azurea* e *E. crassipes*, juntamente com *Paspalum repens*, *Panicum elephantipes* e *A. latissima*, têm papel na fixação de margens de rios (Pott e Pott, 2009).

O processo de reprodução e desenvolvimento das plantas aquáticas depende fortemente do pulso anual de inundação e das características físicas e químicas dos corpos hídricos, bem como de sua profundidade e grau de conservação. O Pantanal como um todo é um bioma bem preservado, o que favorece o estabelecimento permanente dessa vegetação aquática livre e flutuante em abundância. O rio Paraguai tem suas nascentes situadas na Chapada dos Parecis (MT) e após percorrer os terrenos rebaixados da depressão do Alto Paraguai, adentra na vasta planície onde se desenvolvem os Pantanais Mato-grossenses, um dos maiores conjuntos de ambientes aquáticos do mundo (Pereira, *et al.*, 2004). As fitomassas existentes no Pantanal ocupam uma vasta variedade de ambientes aquáticos, como rios, corixos, braços abandonados, vazantes, lagoas, campos inundáveis e outros (Pott e Pott, 2009). Essas características e o ciclo anual de seca e cheia, que tem início entre os meses de abril a setembro influenciam diretamente na distribuição e no transporte dos vegetais aquáticos por todo o sistema de drenagem pantaneiro. Parte da biomassa vegetal livre e flutuante é exportada pelo rio Paraguai na fase de enchente/cheia (Ramires, 1993), e o eventual acúmulo e decomposição anaeróbia desses vegetais a jusante pode acarretar em emissões de gases de efeito estufa, especialmente metano. Dessa forma, o uso de parte da produção ecossistêmica desses vegetais é uma alternativa para impulsionar o desenvolvimento socioeconômico sustentável na região fronteira Brasil-Bolívia, buscando criar uma economia com base na biomassa, intrinsecamente ligada à conservação das áreas de produção, sem prejuízo à integridade do ecossistema pantaneiro como um todo (Bergier *et al.*, 2008).

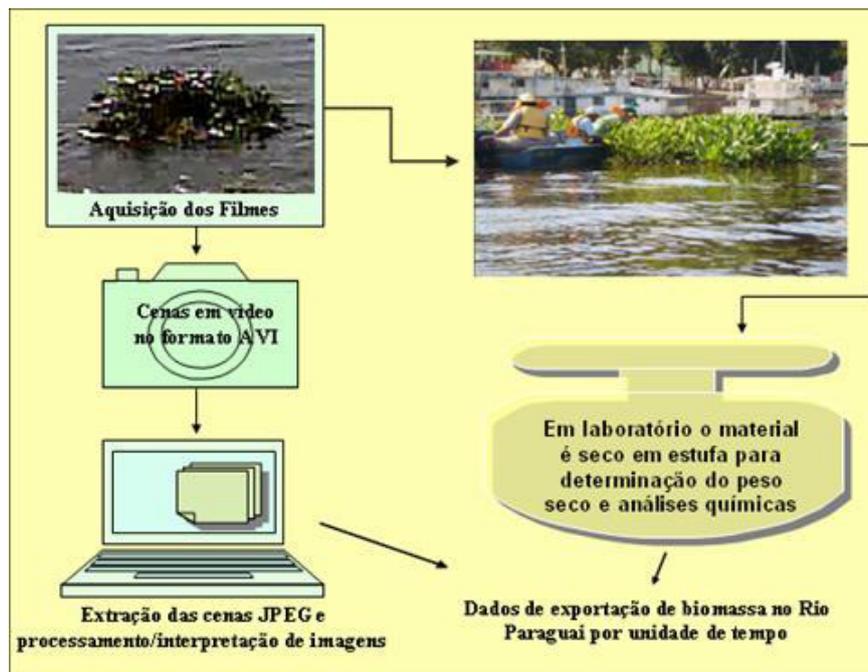
## 2. Objetivo

Propor uma metodologia científica para estimar a quantidade de biomassa exportada de macrófitas aquáticas flutuantes livres que venha contribuir para o manejo sustentável desse recurso natural para produção de biocombustíveis e outros produtos derivados de biomassa.

## 3. Material e Métodos

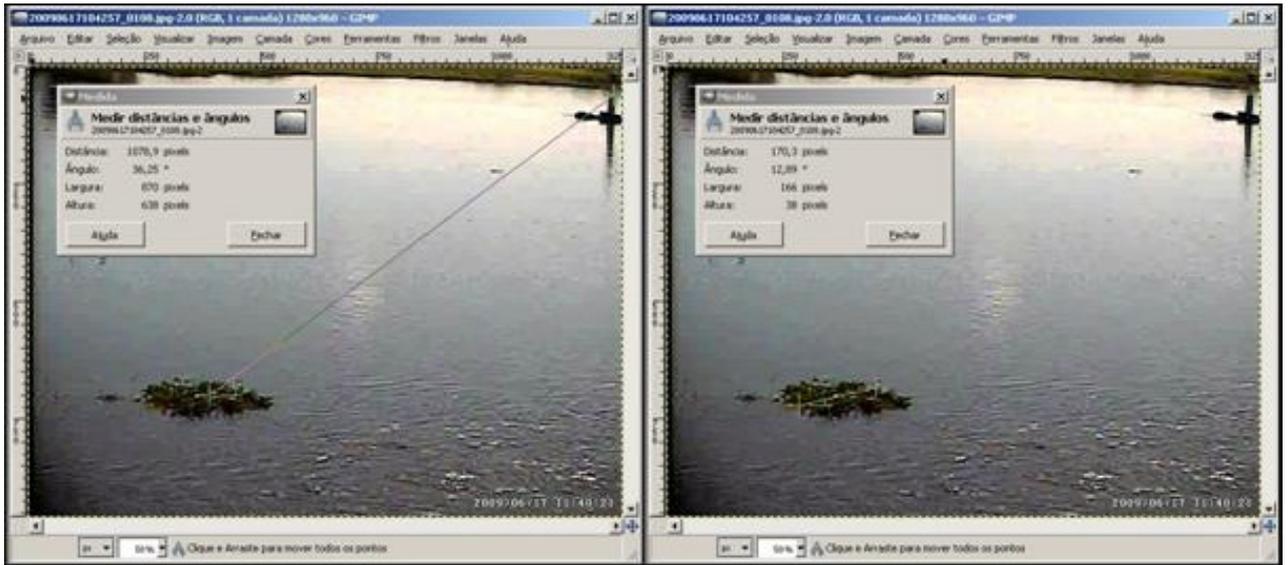
A estimativa da exportação das ilhas flutuantes de biomassa (camalotes) pelo rio Paraguai, na cidade de Corumbá-MS é realizada a partir de um sistema de Circuito Fechado de TV (CFTV) que esta em funcionamento desde meados de 2009 no Porto Geral de Corumbá. Os dados videográficos em formato AVI (1 cena por segundo) são processados de modo que cenas são extraídas a cada 30 segundos no formato JPEG, sendo que diariamente são produzidas em média 2880 imagens e por mês 89.280 imagens.

Amostragens em campo para se determinar a densidade de biomassa nas ilhas flutuantes foram feita através da coleta de biomassa com quadrats de 0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>. A biomassa fresca amostrada foi pesada, acondicionada em sacos e levada para o Laboratório, para análises do peso seco em estufa de ventilação forçada a 60°C e posterior análise de teor de lignina, carbono e de macro e micronutrientes (**Figura 1**).



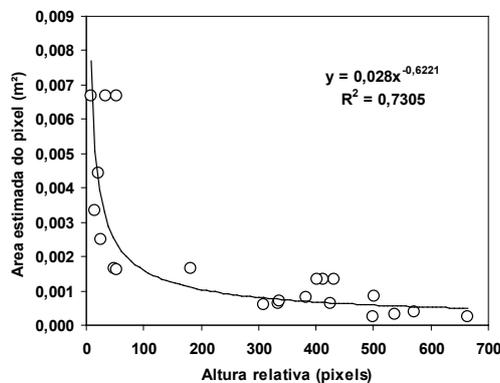
**Figura 1.** Etapas de processamento e obtenção de dados e resultados.

Estimou-se a distância relativa no eixo latitudinal/vertical da ilha de camalote em função de um ponto fixo (farol), bem como determinadas as dimensões da ilha (altura x largura = área) a partir da interpretação visual e software GIMP. (**Figura 02**).



**Figura 2.** Medidas relativas em pixels dos vegetais a esquerda e distância em relação ao farol à direita.

A calibração em termos biofísicos dos pixels (gramas de biomassa/pixels e metros quadrados/pixel) é obtida a partir de relações espaciais em função do campo de visada (altura e inclinação) da câmera instalada na margem do rio e dados de densidade de biomassa obtidos em campo. Para verificar o efeito do posicionamento da câmera sobre a dimensão real do pixel ao longo do eixo latitudinal/vertical da imagem foi empregado um método indireto a partir da identificação visual e quantificação do número de pixels necessários para compor um objeto de dimensão conhecida. Nesse caso, o objeto escolhido foi a cabeça de pescadores que circulavam com frequência em diferentes partes do campo de visada da câmera. Dado que uma cabeça possui em média 20 x 20 cm, é possível, grosso modo, estimar a densidade espacial (pixels/m<sup>2</sup>) no eixo latitudinal das imagens (**Figura 3**).



**Figura 3.** Determinação da dimensão real aproximada do pixel no eixo latitudinal/vertical (altura relativa) em função de alvos de dimensão conhecida. Quanto mais próximo da câmera menor é a densidade do pixel a partir de um modelo de decaimento exponencial.

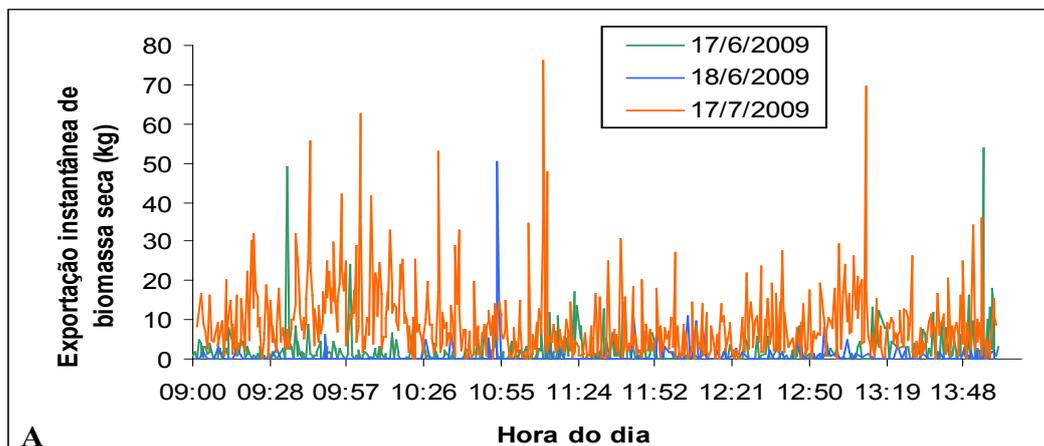
Os dados de campo mostraram que em média a densidade de biomassa é de aproximadamente 2 kg/m<sup>2</sup>. Este valor foi empregado para se estimar a biomassa exportada conforme planilha na **Figura 4**.

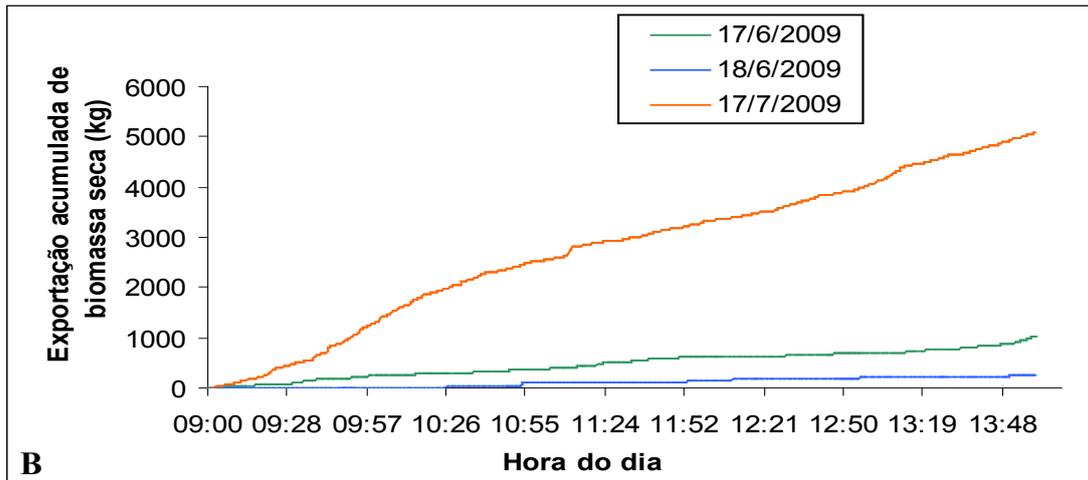
FILENAME	data	hora	data-hora	data-hora	kg acum. final	kg acum. kg	m <sup>2</sup>	Pixel dim m <sup>2</sup>	altura vertical relativa farol	largura do objeto	altura do objeto	area do objeto pixels	
20090617084253_0000	17-06-09	#####	17-6-09 8:42	#####	0.35	0.35	0.35	0.18	0.0006	426	34	8	272
20090617084253_0001	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.06	0.06	0.02	0.0008	288	7	4	28
20090617084253_0001	17-06-09	#####	#####	#####	#####	1.00	0.96	0.48	0.0018	79	37	7	259
20090617084253_0001	17-06-09	#####	17-6-09 8:43	#####	1.34	1.34	0.34	0.17	0.0043	20	13	3	39
20090617084253_0002	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.20	0.20	0.10	0.0006	608	25	7	175
20090617084253_0002	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.52	0.32	0.16	0.0015	113	36	3	108
20090617084253_0002	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.62	0.09	0.05	0.0013	141	9	4	36
20090617084253_0002	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.70	0.08	0.04	0.0009	238	9	6	45
20090617084253_0002	17-06-09	#####	17-6-09 8:44	#####	0.97	0.97	0.27	0.13	0.0026	46	13	4	52
20090617084253_0003	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.38	0.38	0.19	0.0017	91	14	8	112
20090617084253_0003	17-06-09	#####	#####	#####	#####	0.99	0.61	0.31	0.0005	568	62	9	568
20090617084253_0003	17-06-09	#####	#####	#####	#####	1.33	0.34	0.17	0.0011	195	18	9	162

**Figura 4.** Planilha de processamento de dados para estimar a exportação de biomassa de camalotes em Corumbá-MS.

#### 4. Resultados e Discussão

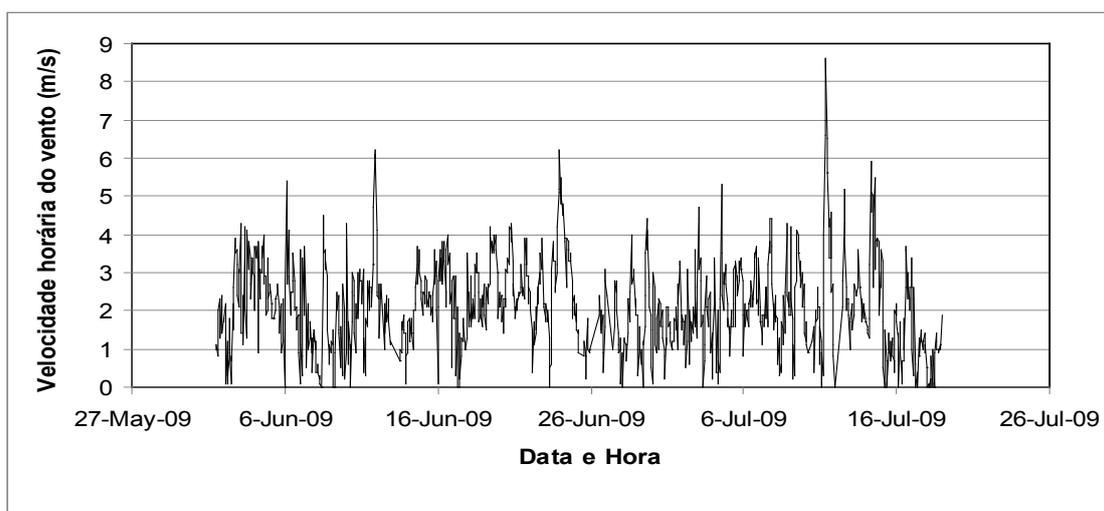
Resultados de exportação instantânea e acumulada ao longo de aproximadamente 5 horas são apresentados na **Figura 5** para três dias diferentes. É evidente a grande variabilidade temporal de exportação instantânea da escala de minutos a horas (**Figura 5**, esquerda). Ocorrem eventos de elevada exportação e eventos de exportação praticamente nula, denotando tratar-se de um processo de elevada intermitência. Uma razão para essa intermitência pode estar ligada a ação dos ventos. Como as ilhas flutuam livremente, alterações na intensidade e direção dos ventos devem influenciar diretamente na quantidade de biomassa produzida em lagoas, baías, margens de corixos levadas para a calha principal do rio Paraguai. A **Figura 6** apresenta a velocidade do vento na cidade de Corumbá em metros por segundo. Os ventos apresentam também intermitência, similar ao escoamento de biomassa na calha do rio Paraguai. Note que os efeitos do vento sobre a exportação de biomassa são de elevado grau de complexidade, tendo em vista a dimensão do Pantanal e a variação dos ventos em cada ponto da planície inundável. Por exemplo, os efeitos de um forte vento ocorrido num dado dia na baía Uberaba, na divisa entre os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, deverão ser percebidos na vazão de biomassa aquática em Corumbá muito tempo depois.





**Figura 5.** Exportação instantânea (A) e acumulada de biomassa (B) em três dias distintos de junho e julho de 2009.

Por outro lado, a exportação acumulada de biomassa (**Figura 5**, direita) é também bastante variável em dias diferentes ao longo do mesmo horário (9-14h). No dia 17 de julho foi exportada em torno de 1 tonelada por hora de biomassa seca, enquanto que nos dias 17 e 18 de junho a exportação foi de até aproximadamente 200 quilos de biomassa seca por hora, evidenciando ainda mais a pronunciada variabilidade temporal do processo de exportação. A princípio, a biomassa seca de camalotes exportada pelo Pantanal em anos de cheia normal foi estimada em 1,66 milhões de toneladas por ano ou o equivalente a aproximadamente 190 toneladas por dia (Ramires, 1993). Os valores aqui reportados são muito inferiores a esse valor, evidenciando que a metodologia aqui apresentada requer ajuste ou as estimativas feitas por Ramires (1993) estão superestimadas. Mais importante é verificar a exportação ao longo de um ano hidrológico completo para se ter uma idéia mais completa do processo de exportação de camalotes pelo rio Paraguai e verificar se há eventos extremos de exportação, conferindo altas exportações de biomassa seca em curto espaço de tempo.



**Figura 6.** Intermitência da velocidade do vento pode ser fator determinante da exportação de biomassa aquática flutuante pelo rio Paraguai.

## 5. Conclusões

A metodologia de processamento de dados videográficos permitiu verificar que a exportação de biomassa de ilhas flutuantes é um processo de elevada intermitência e complexidade, sendo que tais características deverão ser levadas em consideração caso se utilize desse recurso como matéria-prima de cadeias produtivas de biomassa em Corumbá. É possível que a viabilidade técnica, ambiental e econômica da captura e processamento de camalotes exportados pelo rio Paraguai seja amplamente determinada pela capacidade de processar grandes quantidades de biomassa em intervalos de tempo relativamente pequenos, possivelmente em função da dinâmica dos ventos (escalas curtas de tempo) e das cheias (escalas longas de tempo). No futuro espera-se ter uma visão mais detalhada do processo ao longo de um período anual. Todavia, se faz necessário a automação das análises das cenas para que este estudo seja possível.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos ao Grupo de Combustíveis Alternativos e ao Laboratório de Ecologia e Informática Aplicada, ambos da Unicamp, Bioware, Labex-USA e Embrapa Agroenergia pela parceria nas pesquisas através do Projeto “Produção de biocombustíveis a partir de ilhas flutuantes de biomassa em planícies de inundação do Brasil: estudo de caso no Pantanal (MCT/CNPq/CT-ENERG52/578084/2008-2 e Macroprograma-2 02.09.00.015.00.00).

## 7. Referência

- Bergier, I.; Ishii, I. H.; Salis, S. M. S.; Pellegrin, L. A.; Resende, E. K.; Tomas, W. M.; Soares, M. T. S. S. **Cenários de Desenvolvimento Sustentável no Pantanal em Função de Tendências Hidroclimáticas**. Documentos - Embrapa Pantanal, Corumbá, 2008. 21p.
- Hamilton, S. K. 1993. Características limnológicas de importância para as plantas aquáticas no Pantanal. Resumos: II Encontro de Botânicos do Centro Oeste - CEUC/UFMS. **Anais...**, Brasília: SBB. 1993. 14 p.
- Pereira, E. S.; Silva, C. J.; Pinho, C. R. S.; Pereira, C. S. **Macrófitas aquáticas na ilha da mini praia, Pantanal norte, Cáceres (MT), Brasil**. IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal Corumbá/MS 23 a 26 de novembro de 2004. [http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/628RB\\_MA\\_PEREIRA\\_1\\_OKVisto.pdf](http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/628RB_MA_PEREIRA_1_OKVisto.pdf). Acesso em: 31/05/2010.
- Pott, V. J.; Pott, A. **Macrófitas aquáticas do pantanal e áreas úmidas em Mato Grosso do Sul**. III CLAE e IXCEB, 10 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG. 5p.
- Ramires, J. R. S. **Transporte de bancos de macrófitas flutuantes em função do nível hidrométrico no rio Paraguai, Pantanal-MS**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Corumbá, 1993. 31p.