

## **Avaliação de algoritmos de processamento em batelada de imagens videográficas para a estimativa de exportação fluvial de ilhas de biomassa flutuante pelo Pantanal**

Elaine França Vianna<sup>1</sup>  
Rafaela Caroline Silva de Souza<sup>1</sup>  
Luz Selene Buller<sup>2</sup>  
Suzana Maria Salis<sup>3</sup>  
Ivan Bergier<sup>3</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@hotmail.com

<sup>2</sup>Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada, FEA, UNICAMP  
Rua Dr. Josué de Castro, 40 - CEP 13083-862 - Campinas - SP, Brasil  
selene@fea.unicamp.br

<sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pantanal  
Rua 21 de Setembro n° 1880 - Bairro N.S. de Fátima  
Caixa Postal 109 - CEP 79320-900 - Corumbá - MS, Brasil  
{smsalis, ivan}@cpap.embrapa.br

**Abstract:** This paper presents an evaluation of the free software ImageJ aiming to establish an automatic routine to estimate fluvial export of dry biomass of free floating aquatic macrophyte in the floodplain of Pantanal that form clusters called “camalotes” and “baceiros” in the regional language. This process is particularly induced by wind dynamics (short-range time scales, hourly/daily) and by hydrological cycle (long-range time scales, seasonal/annual). Such an estimate is important considering the potential use of this biomass for bioenergy and biomaterials production as well as to improve the comprehension of carbon dynamics in Pantanal. The method is based on video data acquisition, scene extraction (frames) and spatial calibration with field information. Distinct scenes were arbitrarily selected to evaluate ImageJ tools and algorithms and to observe images processing results due to temporal fluctuations of light intensity, water turbulence and other processes that affect spectral and radiometric distribution of each scene. It was verified that the best time of day to evaluate exported biomass clusters through this method is nighttime. Applied algorithms adjusted as described in the method’s section disregard small biomass clusters and do not entirely disconsider water oscillations during the light phase of the day.

**Palavras-chave:** Pantanal, biomass, bioenergy, carbon, imageJ, Pantanal, biomassa, bioenergia, carbono, imageJ.

## 1. Introdução

O rio Paraguai é o principal dreno coletor das águas da Bacia do Alto Paraguai (BAP). A BAP compreende o Pantanal e os planaltos adjacentes, drenados pelo rio Paraguai, à montante da confluência com o rio Apa (Galdino e Resende, 2000). A vegetação aquática livre e flutuante é transportada de acordo com as características peculiares que regem o ciclo das águas, em especial o pulso anual de inundação. Segundo Kuerten (2010), o pico da onda de cheia leva cerca de quatro meses para atravessar o Pantanal por completo.

Essas ilhas de vegetação livre, também chamadas de camalotes e baceiros, são compostas em sua maioria por *Eichhornia crassipes* e *E. azurea*, juntamente com *Paspalum repens*, *Panicum elephantipes* e *Salvinia auriculata*. Quando em baías e lagoas ou fixas às margens têm papel de prevenção de desmoronamento de barrancos, e são importantes na cadeia trófica de ecossistemas aquáticos, pois servem de abrigo e alimento a peixes, insetos aquáticos, moluscos, aves e mamíferos, e substrato ao perifíton, Pott e Pott (2009). Sua função ecológica quando livre e exportada pelo rio ainda é incerta, embora se suponha que essas ilhas funcionem como dispersoras de espécies de diversos organismos, especialmente de insetos, que por sua vez podem compor cadeia alimentar de níveis superiores como aves e peixes. Estudos realizados sobre a composição florística e fauna associada das ilhas flutuantes livres no rio Paraguai por Castro (2010) mostra a ocorrência de 20 espécies de plantas de 17 gêneros e 12 famílias, onde *Pontederiaceae* e *Poaceae* as mais representativas. *E. crassipes* e *S. auriculata* foram as espécies mais frequentes e ocorreram em todas as ilhas estudadas. Do total registrado, as espécies mais abundantes foram *E. crassipes* com 44% de cobertura, *E. azurea*, com 33% e *Hymenachne amplexicaulis*, com 11%. Dos 54 animais associados foram identificadas 26 morfoespécies. Parte dessa biomassa exportada deve sofrer processos heterotróficos, propiciando a eventual produção e emissão de metano para a atmosfera. Portanto, o esclarecimento desses processos pode eventualmente pavimentar as bases para o uso sustentável dessa biomassa para a produção de bioenergia no Pantanal (Bergier et al., 2008).

Não é sabido ao certo a quantidade de plantas aquáticas livres e flutuantes produzidas e exportadas pelo Pantanal (Ramires, 1993) e este estudo tem por finalidade avaliar técnicas de processamento de imagens em batelada para se chegar a uma estimativa confiável da exportação anual de biomassa pelo rio Paraguai na altura de Corumbá, onde uma câmera de vídeo vem obtendo centenas de milhares de cenas (pilhas) no formato JPG, continuamente. O aperfeiçoamento de uma ferramenta, no caso o software ImageJ, pode auxiliar no aprimoramento das análises, sendo possível criar rotinas das análises em batelada das centenas de milhares de imagens, buscando a automação do processo e o efetivo uso da base de dados.

## 2. Metodologia de Trabalho

Uma imagem refere-se a uma função bi-dimensional de intensidade de luz (Dias, 2008). As imagens vêm sendo geradas a partir de uma câmera CCD com filtro polarizador em Circuito Fechado de TV (CFTV), 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 cenas por dia (Figura 1).

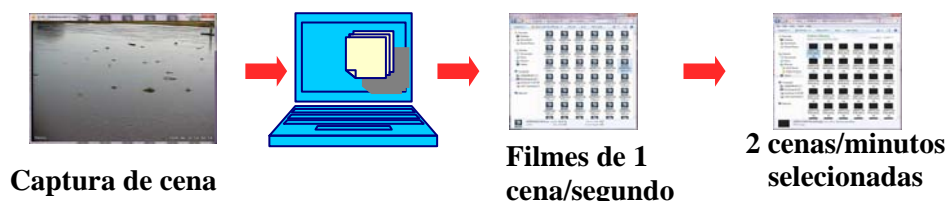


Figura 1. Etapas de processamento e obtenção de dados.

O que se pretende é verificar se existe um padrão homogêneo para a análise de pilhas de imagens no formato JPG, com dimensão de 1280 x 960 pixels RGB, através do uso do Software ImageJ, e, criar uma rotina de processamento automático das imagens produzidas para quantificar biomassa exportada, posteriormente calibrada por dados de campo. A escolha do ImageJ se justifica pela capacidade de se criar rotinas de processamento em batelada na forma de “macros”, *plugins* e *scripts* e por ser um software de livre acesso. No entanto, sabe-se que este software não possui ferramentas de análise orientada a objeto, apenas processamento de base espectral ou radiométrica, o que confere limitação aos resultados aqui obtidos.

Usando uma ferramenta do software para importar imagens em sequência, estabeleceu-se que o número de imagens a analisar seria uma pilha de 200 imagens em série analítica; este número corresponde ao máximo que, até o momento, foi possível processar em uma batelada com o uso de macro programada para o software dada a configuração de hardware disponível. A análise das imagens é realizada com o uso de filtros que, em geral, servem para reduzir os ruídos das imagens e realçar feições de interesse. Os filtros utilizados foram Bandpass (passabanda), *plugin* Kuwahara e filtros rápidos (*Fast Filters*). O filtro Kuwahara preserva bordas de objetos e o Bandpass filtra grandes estruturas (correção de sombreamento) e pequenas estruturas (nivelamento). Logo em seguida fez-se uso da ferramenta de binarização que realça as características morfológicas dos objetos restantes, propiciando a análise do tamanho e das formas (Figura 2) pelo ImageJ.

As medidas analisadas, usando a ferramenta de mensuração de conjuntos (Set measurements), foram: área, valor médio de cinza, centróide, máxima e mínima do valor de cinza, delineador de retângulo, fração de área, mediana, posição das pilhas, rótulo de exibição. Estas medidas são os dados que serão usados para estimar a quantidade de biomassa de vegetação aquática flutuante.

```

Recorder
Record: Macro Name: Macro.ijm Create ?
run("Image Sequence...", "open=[C:\\Documents and Settings\\rotina\\Meus documentos\\Minhas imagens\\20090619004805_0000.jpg] number=200 starting=1 increment=1 scale=100 file=[] or=[]");
run("Bandpass Filter...", "filter_large=40 filter_small=3 suppress=Horizontal tolerance=5");
run("Kuwahara Filter", "sampling=19 filter stack");
run("Fast Filters", "link filter=maximum x=5 y=5 preprocessing=median subtract offset=265 stack");
run("Make Binary", "");
makeRectangle(28, 21, 1212, 888);
run("Analyze Particles...", "size=0-Infinity circularity=0.00-0.75 show=Outlines display clear include summarize record add stack");
  
```

Figura 2. Macro, com rotinas das análises utilizadas nas imagens JPG.

### 3. Resultados e Discussão

As cenas escolhidos para análise pelo software ImageJ são distintas em relação às características locais da superfície da água do rio (cisalhamento pelo vento) e à presença de embarcações e outros organismos vivos que eventualmente promovem o movimento ondulatório na superfície da água do rio. A sequência de imagens (Figura 3) revela uma pequena parte da diversidade de imagens capturadas pelo CFTV. Além do cisalhamento e ondulação da superfície da água, observa-se, ainda, a interferência da intensidade luminosa no decorrer do dia.

A Figura 3A revela que a “macro” de algoritmos utilizada não permite a separação/exclusão de pixels relativos ao elevado cisalhamento da superfície da água do rio. Observa-se, entretanto, que os ruídos das imagens são menores à noite, quando a câmera opera na faixa do infravermelho (Figura 3 (D)).

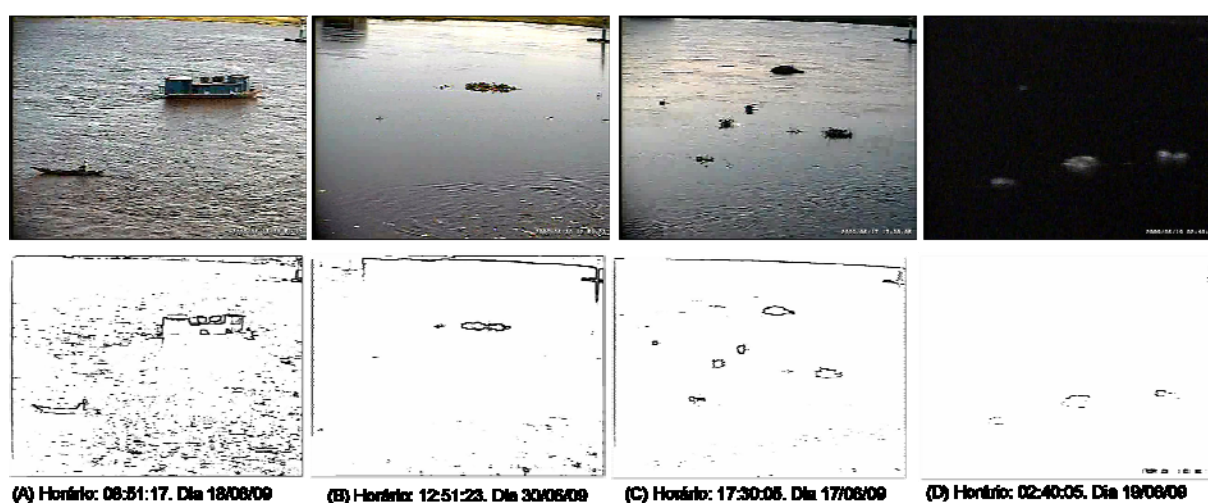


Figura 3 – Diferenças nos resultados das análises das cenas JPG que contêm informações sobre a exportação de ilhas de vegetação flutuante no Pantanal, em horas e dias distintos no mês de junho de 2009.

As Figuras 4B, 4C e 4D ilustram que o algoritmo criado fornece resultados bastante satisfatórios quando há menor cisalhamento e quando a câmera opera no infravermelho no período noturno. Assim sendo, é possível que o melhor período do dia para avaliar a exportação de ilhas de biomassa por esta metodologia seja no período noturno. Contudo, observa-se que os algoritmos aplicados com os ajustes previamente descritos na metodologia, eliminam ilhas de vegetação aquática de pequena dimensão e não abstraem em sua totalidade as ondulações do ambiente aquático durante a fase clara do dia. Além disso, as embarcações que passam pela visada da câmera e outros objetos são alvo das análises feitas pelo software e podem ser erroneamente interpretados e quantificados como biomassa aquática.

A Tabela 1 contém os valores gerados pela análise de uma pilha de 200 imagens noturnas, que apresentaram as melhores respostas aos algoritmos usados. Os valores tabelados são dados de área, média, mínimo, máximo, posição, largura, altura e mediana entre outros. Esses dados apontam para a viabilidade do uso software ImageJ para estimar a quantidade de biomassa exportada, porém muitos ajustes precisam ser feitos, no sentido, principalmente, de minimizar os erros em função da seleção muito nítida feita pelos filtros.

Tabela 1. Resultados das análises noturnas, usando seleções retangulares de área nas imagens.

Label	Area	Mean	Min	Max	X	Y	BX	BY	Width	Height	Median	%Area	Slice	XStart	YStart	
1	Minhas imagens:20090619004805_0000	179	255	255	255	203.740	297.074	187	295	33	0	255	100	1	107	295
2	Minhas imagens:20090619004805_0001	135	255	255	255	614.470	260.456	599	258	33	7	255	100	2	607	258
3	Minhas imagens:20090619004805_0001	98	255	255	255	614.439	280.286	602	276	29	8	255	100	2	604	276
4	Minhas imagens:20090619004805_0001	133	253.083	0	255	982.726	301.523	969	299	27	6	255	99.248	2	969	299
5	Minhas imagens:20090619004805_0001	39	255	255	255	976.628	317.654	970	315	14	5	255	100	2	978	315
6	Minhas imagens:20090619004805_0001	180	255	255	255	666.961	729.500	552	726	35	10	255	100	2	556	726
7	Minhas imagens:20090619004805_0001	11	255	255	255	559.136	750.318	557	748	5	5	255	100	2	558	748
8	Minhas imagens:20090619004805_0002	410	255	255	255	1205.349	409.629	1100	403	60	10	255	100	3	1211	403
9	Minhas imagens:20090619004805_0002	211	255	255	255	1227.225	423.922	1209	411	31	19	255	100	3	1239	411
10	Minhas imagens:20090619004805_0002	144	255	255	255	1197.424	443.896	1184	434	32	17	255	100	3	1184	434
11	Minhas imagens:20090619004805_0003	23	255	255	255	1237.761	139.543	1235	135	5	8	255	100	4	1239	135
12	Minhas imagens:20090619004805_0003	478	253.993	0	255	1232.538	179.986	1224	151	16	61	255	99.582	4	1231	151
13	Minhas imagens:20090619004805_0003	12	255	255	255	1239.083	162.083	1238	159	2	7	255	100	4	1238	159
14	Minhas imagens:20090619004805_0003	48	255	255	255	1223.750	219.917	1222	213	4	14	255	100	4	1222	213
15	Minhas imagens:20090619004805_0003	1494	249.000	0	255	1231.969	303.901	1215	217	25	157	255	97.992	4	1229	217
16	Minhas imagens:20090619004805_0003	14	255	255	255	1210.357	367.357	1207	366	7	3	255	100	4	1207	366
17	Minhas imagens:20090619004805_0003	369	255	255	255	1227.630	399.877	1210	380	30	46	255	100	4	1211	380
18	Minhas imagens:20090619004805_0003	34	255	255	255	1218.803	397.471	1211	390	13	0	255	100	4	1210	390
19	Minhas imagens:20090619004805_0003	124	255	255	255	1217.145	430.419	1210	424	17	14	255	100	4	1215	424
20	Minhas imagens:20090619004805_0003	5	255	255	255	1213.500	439.500	1211	439	5	1	255	100	4	1211	439
21	Minhas imagens:20090619004805_0003	311	255	255	255	1226.288	455.603	1210	442	30	28	255	100	4	1210	442
22	Minhas imagens:20090619004805_0003	371	253.625	0	255	417.681	752.214	379	748	75	12	255	99.461	4	410	748
23	Minhas imagens:20090619004805_0003	264	255	255	255	518.742	753.341	490	750	61	7	255	100	4	504	750
24	Minhas imagens:20090619004805_0003	70	255	255	255	465.214	754.400	455	752	20	6	255	100	4	455	752
25	Minhas imagens:20090619004805_0003	28	255	255	255	384.429	766.786	382	762	6	9	255	100	4	383	762
26	Minhas imagens:20090619004805_0003	5	255	255	255	413.500	766.500	411	766	5	1	255	100	4	411	766
27	Minhas imagens:20090619004805_0003	4	255	255	255	419	766.500	417	766	4	1	255	100	4	417	766
28	Minhas imagens:20090619004805_0003	61	255	255	255	486.156	769.107	477	767	18	5	255	100	4	484	767
29	Minhas imagens:20090619004805_0003	10	255	255	255	395.944	777.770	394	774	4	0	255	100	4	397	774
30	Minhas imagens:20090619004805_0003	489	255	255	255	425.150	796.056	390	791	84	20	255	100	4	390	791
31	Minhas imagens:20090619004805_0003	127	255	255	255	485.902	786.768	469	784	32	5	255	100	4	477	784
32	Minhas imagens:20090619004805_0004	106	255	255	255	51.198	325.472	39	323	24	5	255	100	5	41	323
33	Minhas imagens:20090619004805_0004	167	255	255	255	1190.476	329.183	1172	323	36	12	255	100	5	1199	323
34	Minhas imagens:20090619004805_0004	293	255	255	255	118.838	396.517	93	390	47	15	255	100	5	115	390
35	Minhas imagens:20090619004805_0004	656	255	255	255	245.968	397.175	183	391	126	16	255	100	5	189	391
36	Minhas imagens:20090619004805_0004	43	255	255	255	53.244	400.779	47	399	14	5	255	100	5	48	399
37	Minhas imagens:20090619004805_0004	5	255	255	255	170.500	403.500	160	403	5	1	255	100	5	160	403

A seleção retangular consegue suprimir alguns objetos impressos nas imagens que não devem ser analisados, tais como, o farol (usado como referência para o posicionamento da câmera) e hora e data, o que assegura melhor qualidade do resultado obtido; porém, não elimina outros ruídos e pode suprimir algumas ilhas de vegetação que estão nas áreas não analisadas das imagens, principalmente em suas bordas. Embora o exposto, constitui uma ferramenta muito útil para seleção de pontos de interesse na cena (Figura 4). Além disto, o ImageJ dispõe de ferramentas para a geração de dados estatísticos, histogramas e gráficos de perfil e de superfície dos dados obtidos para futuros desdobramentos das análises.



Figura 4. Seleção retangular da área analisada e das ilhas de vegetação medidas.

#### 4. Conclusões

O software ImageJ é uma ferramenta poderosa para o tratamento de imagens digitais em batelada e mostrou-se adequado para o processamento de imagens do rio Paraguai para estimar a exportação de ilhas de biomassa aquática flutuante. Contudo alguns cuidados são necessários tendo em vista o cisalhamento promovido pelos ventos e a ocorrência de diversos

alvos no campo de visada, sendo que ambos podem ser erroneamente quantificados como alvos de biomassa aquática. Recomenda-se o uso de imagens noturnas quando a câmera CCD opera no infravermelho, conferindo menor interferência do efeito de cisalhamento e eventualmente menor fluxo de embarcações. Pesquisas futuras com algoritmos de classificação orientada a objeto podem conferir melhores resultados dos que aqui apresentados e devem ser incentivados.

## 5. Agradecimentos

A Embrapa Pantanal e ao CNPq pelo auxílio através da Bolsa PIBIC de iniciação científica. 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).

## 6. Referências Bibliográficas

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.

Castro, Wendy Judy Padilla.; Vianna, Elaine França.; Salis, Suzana Maria de, Galvani, Fábio.; Lima, Ivan Bergier Tavares de. **Composição florística e fauna associada das ilhas flutuantes livres, rio Paraguai, Corumbá, MS.** Anais do 5º Simpósio de sobre recursos naturais e socioeconômico do Pantanal 9 a 12 de novembro de 2010 – Corumbá – MS.

Dias, Felipe da Cruz. **Uso do software Image J para análise quantitativa de imagens de microestruturas de materiais.** 145p. ; (INPE-15330-TDI/1370). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

Kuerten, Sidney. **Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense.** 96 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro : [s.n.], 2010.

Pereira, Gabriel.; Silva, Maria Elisa Siqueira.; Moraes, Elisabete Caria.; Shimabukuro, Yosio Edemir.; Cardozo, Francielle da Silva.; Silva, Fabrício Brito.; Egídio, Arai. **Impactos climáticos das áreas alagadas no Bioma Pantanal.** Anais 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, 16-20 de outubro 2010. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 190 -199.

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.

Resende, Emiko Kawakami de.; Galdino, Sérgio. **PREVISÃO DE CHEIAS E SECAS DA EMBRAPA AUXILIA PANTANEIROS.** ADM – Artigo de Divulgação na Mídia, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, n. 04, p.1-5. mai. 2000.