

INFLUÊNCIA DA HIDRELÉTRICA DE JIRAU NAS CHEIAS DO RIO MADEIRA UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS

Jirau Dam Influence in Full Wood River Using Orbital Images

Johnatan Almeida de Sousa¹, Christiano Luna Arraes², Rodrigo BísCARO Nogueira^{2*} & Alan Lopes da Costa³

¹Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia

Rua Eduardo Ribeiro, 3890 – 69100-000 – Itacoatiara – AM, Brasil
eng.johnatanalmeida@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia

Endereço Postal, 69103-128 - Itacoatiara-AM, Brasil
christianoarraes@yahoo.com.br
*rodrigobiscaro@gmail.com

²Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia

Rua Acácio Leite, 2960 – 69101-251 – Itacoatiara-AM, Brasil
lopesalan.c@gmail.com

RESUMO

A hidrelétrica de Jirau entrou em operação no ano de 2013, no rio Madeira próximo ao município de Jirau, para ambientalistas, a represa é responsável por boa parte das inundações ocorridas nas comunidades próximas o que pode ter isso altera o ciclo hidrológico da região, na biodiversidade aquática, no ciclo hidrossocial e hidroecômico da região, com isso se faz necessário fazer uma análise para comprovar qual a influência da represa com o aumento das áreas inundadas. Este artigo propõe analisar a influência da barragem de Jirau nas cheias dos rios do Madeira utilizando técnicas de sensoriamento remoto, bem como, fazer um comparativo em taxas de áreas inundadas utilizando dados espectrais obtidos do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat-5 e sensor Operational Land Imager (OLI), a bordo do Landsat-8. As cenas 232/66 e 233/66 foram utilizadas, assim como para os anos de 1994 até julho de 2015. Em relação a taxa de inundação, o no de 2015 apresentou uma superfície inundada 165% maior do que o maior ano de cheia, 2005 antes da instalação das barragens.

Palavras chaves: Hidrelétrica de Jirau, Sensoriamento Remoto, Rio Madeira, Landsat-5, Landsat-8.

ABSTRACT

The hydroelectric Jirau started operations in 2013 in Rio wood near the city of loft to environmentalists, the dam is responsible for much of the flooding in nearby communities and this changes the hydrological cycle of the region, on biodiversity, in hydrosocial and hydroeconomic cycle in the region, it is necessary to do an analysis to prove the influence of the dam with the increase in flooded areas. This article aims to analyze the influence of the dam of Jirau on the river floods the wood using remote sensing techniques, as well as making a comparison in flooded areas rates using spectral data obtained from the sensor Thematic Mapper (TM) aboard the satellite Landsat- 5 and Operational Land Imager sensor (OLI) aboard the Landsat-8. The scenes 232/66 and 233/66 were

used, as well as for the years 1994 to July 2015. In relation to flood rate, in 2015 presented a flooded area 165% larger than the largest full year, 2005 prior to installation of the dams.

Keywords: Jirau hydroelectric, remote sensing, Rio Madeira, Landsat-5, Landsat-8.

1. INTRODUÇÃO

A represa de Jirau foi instalada no rio madeira e entrou em operação em 2013 (ANEEL, 2008), próximo ao município de Porto Velho, no norte de Rondônia cuja geração de energia tem uma potência instalada de 3.300MW, mas, por operar com reservatório muito reduzido, produz efetivamente cerca de 2.184 MW em média ao longo do ano tem sido fonte de discussão entre cientistas, ambientalistas e governo.

Segundo Silva et al (2013) o rio Madeira é o principal afluente do rio Amazonas, tem 1.238 km de extensão em território brasileiro e vazão média de 23.000 m³ por segundo. É formado pelos rios Guaporé, Mamoré e Beni, originários dos planaltos andinos, e apresenta dois trechos distintos em seu curso, denominado Alto e Baixo Madeira (ANEEL, 2008).

A construção da Usina Hidrelétrica Jirau, na cidade de Porto Velho, no estado de Rondônia, trouxe à tona algumas interessantes questões a ser repensada, como a proteção do ecossistema, o direito das populações afetadas, alterações nos parâmetros hidrológicos, entre tantas outras (OLIVEIRA, 2012).

Para ambientalistas a represa é responsável por boa parte das inundações ocorridas em comunidades próximas a Porto Velho, pois as maiores cheias da região ocorreram justamente após a construção, elevando em 19 metros o nível do rio Madeira inundando boa parte dos municípios alocados nas margens do rio.

Sabe-se que existem metodologias capazes de monitorar áreas inundadas, conforme estudos ((BALDASSARRE, 2009); (ASADZADEH, 2013)), onde grande parte destes estudos utiliza técnicas de sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite, cuja ferramenta tem auxiliado no mapeamento e principalmente na moldagem temporal de áreas inundadas.

As técnicas tradicionais de coleta de informação *in situ* são, na grande maioria das vezes, limitadas pelo difícil acesso, elevado custo e principalmente pela logística. Neste sentido a utilização de sensoriamento traz muita vantagem, as principais vantagens do uso dos sensores remotos como, por exemplo, a série Landsat (Land Remote Sensing Satellite) que tem como vantagem uma ampla fonte de informações para o monitoramento da Terra e de seus recursos, que teve seu início em 1972 com o lançamento do satélite ERTS-1. Tendo sequência com os Landsats 2, 3, 4 e, sobretudo com o Landsat 5 e 7 e mais recentemente com o Landsat 8.

A metodologia proposta e utilizada neste trabalho baseia-se em Deutsch e Ruggles Jr. (1978 citado por Florenzano et al. 1990) e que foi empregada por outros autores, como Novo (1983), Niero et al. (1984), Florenzano et al. (1988) e Florenzano et al. (1990). Esta metodologia consiste no tratamento de imagens digitais usando técnicas de processamento de composições coloridas. O tratamento contribui para que os dados contidos na imagem sejam mais facilmente identificáveis pelo intérprete. Este artigo propõe analisar a influência da barragem de Jirau nas cheias dos rios do Madeira utilizando técnicas de sensoriamento remoto, bem como, fazer um comparativo em taxas de áreas inundadas utilizando dados espectrais obtidos do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat-5 e sensor Operational Land Imager (OLI), a bordo do Landsat-8.

2. METODOLOGIA

Neste tópico será descrito o roteiro metodológico utilizado neste estudo.

2.1 Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) abrange parte do rio Madeira, contudo, a tomada de referência para análise da superfície inundada foi a Usina Hidrelétrica (UHE) de Jirau que se encontra localizada nas coordenadas: 9° 15' 52"S 64° 38' 31"O.

A UHE de Jirau está situada imediatamente a jusante da Cachoeira do Inferno, no local denominado Ilha do Padre, no rio Madeira, cerca de 130 km medidos ao longo do rio, a montante da cidade de Porto Velho (COSTA, 2013).

(Tagged Image File Format) foram adquiridas gratuitamente no site do INPE.

2.3 Processamento digital das imagens

No procedimento de mosaicagem das imagens obtidos a partir do Sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 foi feito o georreferenciamento. Para Philips e Swain, citado por Weber (2006), o georreferenciamento ou registro de uma imagem consiste num conjunto de operações numéricas que modifica ou altera sua geometria de maneira a ajustá-la a um

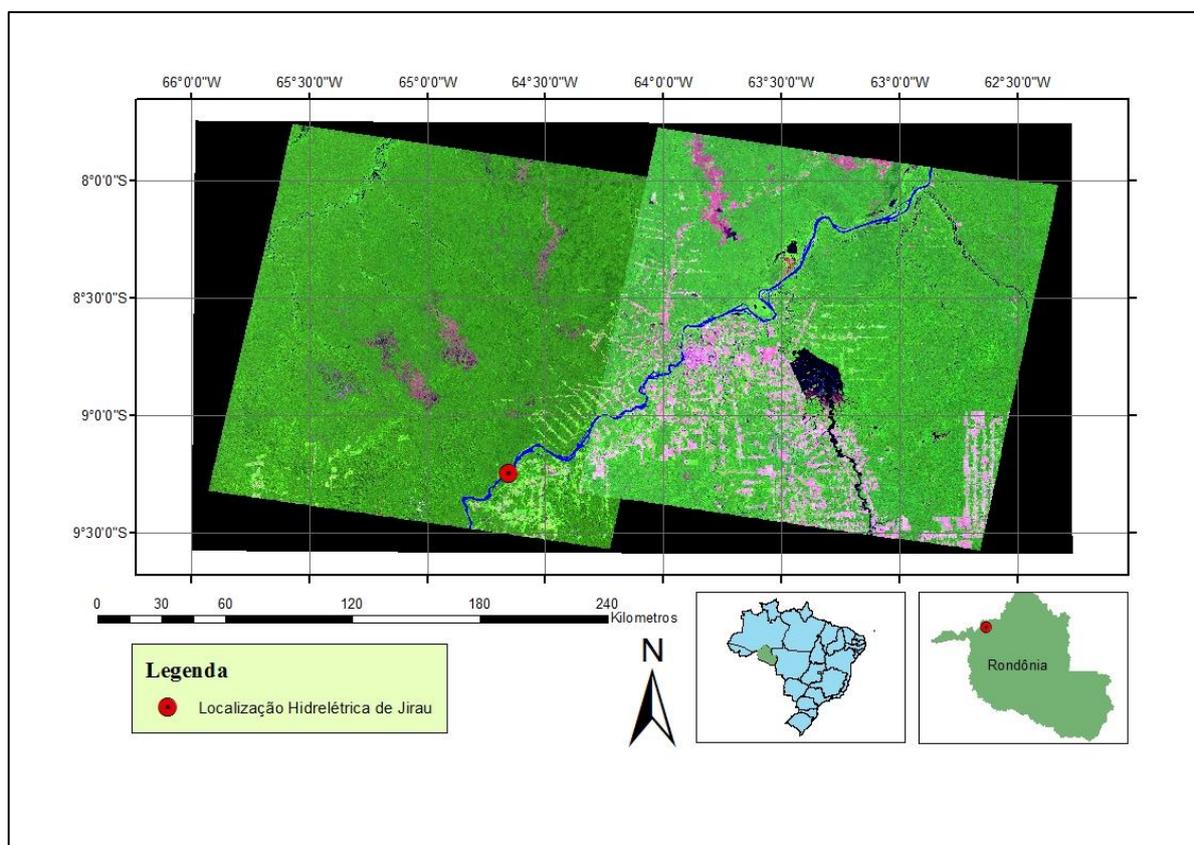


Fig. 1 – Localização da área de estudo. Fonte: Autoria.

2.2 Aquisição, extração e reprojeção das imagens Landsat/TM 5 e 8

Para a realização deste estudo, primeiro foi feito a aquisição dos dados espectrais do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat-5 como também do Operational Land Imager (OLI), a bordo do landsat-8. Estas imagens em formato TIFF

sistema de coordenadas considerado como referência. Este procedimento pode ser realizado por uma equação polinomial, cujos coeficientes são calculados a partir de pontos de controle. Esses pontos devem ser identificáveis tanto na imagem a ajustar quanto no sistema de referência desejado, devendo-se buscar uma distribuição espacial uniforme (Richards, 1995; Mather, 1999). A equação estabelece uma relação entre as coordenadas da imagem (linha,

coluna) e do sistema de referência cartográfico definido. A figura 2 mostra a alteração ocorrida na imagem após ser georreferenciada.

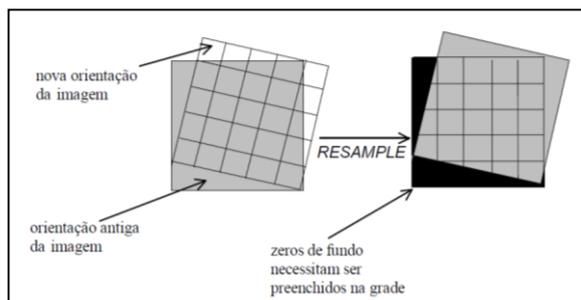


Fig. 2 – Georreferenciamento de imagens orbitais. Fonte: Adaptado de Weber, 2006.

Após aplicar a função polinomial para fazer a transformação da geometria de uma imagem para um sistema de coordenadas plana e/ou geográfica, podem ser gerados erros, expressados na equação (01):

$$EMQ = \sqrt{\frac{pt_1^2 + pt_2^2 + pt_{2n}^2}{n}} \quad (01)$$

onde, EMQ é o erro médio quadrado, conhecido como erro RMS (Root Mean Square Error); pt é a diferença entre as posições (x e y) do ponto de controle de referência do ponto na imagem após a transformação; e os subscritos 1, 2...n denotam os pontos de controle.

No programa ENVI (ENVI, 2005) o valor de RMS, após ser feito 60 pontos de controle, deve ter no máximo entre 0.8 a 0.9 (Weber, 2006), em unidades de pixels.

Após as imagens obterem correções geométricas com base em um produto georreferenciado, foram realizadas diferentes composições com três arranjos de bandas, conforme Rosa, Alves e Sanches (2011) afirmam, de forma a caracterizar a diferença dos alvos, nas seguintes sequências:

- a) Cor verdadeira R3G2B1.
- b) Falsa cor R4G3B2.
- c) Falsa cor natural R5G4B3.

Para as imagens do sensor TM foi escolhida a falsa cor natural R5G4B3 por fazer melhor distinção entre os alvos de interesse e para as imagens OLI foi escolhida a composição de cores R5G6B4, esta que faz a melhor distinção entre solo e água (BUTLER, 2013).

2.4 Cálculo do NDVI para delimitação das superfícies inundadas

O cálculo da reflectância, para as imagens TM foi utilizado o programa ENVI (ENVI, 2005), contudo antes de se chegar ao resultado da reflectância, conforme Campos (2013) explica, foi preciso ter o ângulo da latitude terrestre (Φ), onde os minutos de grau foram convertidos em frações decimais de grau, o ângulo horário (ω), o qual é um valor de desvio angular cujo valor é nulo quando o horário local é meio dia, tendo em vista que a cada hora a Terra gira 15° , então o ângulo horário é dado pela equação (02):

$$\omega = (12 - T) * 15 \quad (02)$$

onde T é o h horário solar no local considerado (T varia ente 0 e 24 hrs).

Campos (2013) afirma que há uma variação estacional de inclinação do eixo terrestre de $23^\circ 27'$ em relação à normal ao plano da eclíptica, a declinação solar “percebida” por um observador no equador terrestre, em um dado dia do ano (J), é dada pela equação (03):

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \text{sen} \left[360 * \frac{J - 80}{365} \right] \quad (03)$$

onde, δ é o valor da declinação solar em graus, e J indica o número de ordem dos dias (dias Julianos).

Após obter os valores da declinação, foi calculada a altitude solar que é o ângulo entre a direção do feixe de radiação e a projeção desta mesma direção no plano horizontal. Para isso foi utilizada a equação (04) (MESSENGER, 2010):

$$\alpha = \text{sen}^{-1}(\text{sen}\delta \cdot \text{sen}\Phi + \text{cos}\delta \cdot \text{cos}\Phi \cdot \text{cos}\omega) \quad (04)$$

onde α (alfa) é o valor do ângulo da altitude solar, dado em graus e Φ é o ângulo da latitude terrestre.

Com o auxílio da tabela 1 e tabela 2 obteve-se os dados necessários para transformar os valores brutos das imagens

(números digitais) em valores físicos reais (valores de refletância).

TABELA 1 – PARÂMETROS DO SENSOR TM

Parâmetros	Sensor TM
Data da imagem	08/06/2000
Dia do ano	159
Ângulo de elevação solar (graus)	4,68E+01
Ângulo zenital (radianos)	0,754003592
Cosseno do ângulo zenital	0,728954009
Pi	3,141592654
Dmax	255
Distância Terra-Sol	1,014885
PI * d ²	3,235811086

Fonte: Chavez, 1988.

$DN_{m\acute{a}x}$ → Valor Maximo que o ND pode alcançar;

DN → Número digital de cada pixel (Imagem);

$L_{m\acute{a}x}$ e $L_{m\acute{i}n}$ → São constantes de calibração de um determinado sensor.

Com os valores da reflectância das duas bandas, foi possível calcular o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), inserindo em *Band Math* ainda no software ENVI a equação (06):

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \right) \quad (06)$$

onde:

ρ_{IVP} → Valor da refletância na faixa do

TABELA 2 – PARÂMETROS DO SENSOR, IRRADIÂNCIA (E) E ESPALHAMENTO CALCULADO NA PLANILHA "CORREÇÃO ATMOSFÉRICA"

Banda	Espalhamento + offset	L_{min}	L_{max}	E (watts/m ² *mm)
1	44	-6,2	191,6	1969
2	35	-6,4	196,5	1840
3	33	-5	152,9	1551
4	15	-5,1	241,1	1044
5	27	-1	31,06	225,7
7	39	-0,35	10,8	82,07

Fonte: Chavez, 1998.

infravermelho próximo;

No programa ENVI foi carregado as bandas 4 e 3, e em *Band Math* foi adicionado a equação (05):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot \left[\left(\frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{DN_{m\acute{a}x}} \right) \cdot (DN) + L_{m\acute{i}n} \right]}{E_{\lambda} \cdot \cos(Z) \cdot d_r} \quad (05)$$

onde:

ρ_{λ} → Reflectância monocromática;

d_r → Inverso do quadrado da distancia relativa terra-sol em unidades astronômicas;

Z → Ângulo zenital (graus) no momento da aquisição;

E_{λ} → Irradiância solar média no topo da atmosfera (mW/cm².Ω.µm);

ρ_V → Valor da refletância na faixa do vermelho do visível.

Segundo o Processamento Digital (2013), o satélite Landsat-8 entrou em operação em 2013, logo só existem imagens em acervo a partir do segundo semestre deste ano e a metodologia descrita por Messenger (2010), para obtenção do NDVI, só é válida para imagens do sensor TM, logo foi estudado uma metodologia diferente para se fazer o cálculo de NDVI para as imagens do satélite Landsat-8, de forma a utilizar o arquivo MTL de cada data em uma nova versão do programa ENVI, o ENVI 5.1 (2013).

Com os valores de NDVI, pode-se fazer a delimitação das superfícies

inundadas, pois segundo Neto et al. (2008) os operação conforme visto na tabelas 3,

TABELA 3 – DADOS ESPECTRAIS DO SENSOR THEMATIC MAPPER (TM) E OPERATIONAL LAND IMAGER (OLI)

<i>Thematic Mapper (TM)</i>		<i>Operational Land Imager (OLI)</i>
232/66	<i>DATA</i>	<i>DATA</i>
	07-08-1994	08-06-2013
	01-07-1998	
	06-07-2000	11-06-2014
	02-06-2005	13-07-2014
	28-07-2007	14-06-2015
	04-06-2009	16-07-2015
	13-08-2011	
233/66	<i>DATA</i>	<i>DATA</i>
	27-06-1994	01-07-2013
	08-07-1998	
	11-06-2000	02-06-2014
	11-07-2005	14-07-2014
	28-07-2007	
	04-06-2009	05-06-2015
	13-08-2011	07-07-2015

valores variam entre -1 a 1. A partir da composição dos índices de NDVI, já descrito, foi possível fazer comparação desses índices para identificar e separar as diversas classes do solo e por fim geração de imagens e delimitação dos corpos d'água.

3. RESULTADOS E DISCURSSÕES

3.1 Cenas e Datas a Serem Trabalhadas

A avaliação da área foi localizada sobre as cenas 232/66 e 233/66, pelo fato da hidrelétrica ter entrado em operação no ano de 2013 (ANEEL, 2008), foi necessário fazer análise dos dados espectrais em época de cheia, bem como análise dos anos antes do início de sua operação e dos anos após sua

contudo não se tem cenas disponíveis do ano de 2012.

3.2 Classificação

Nas imagens do sensor TM foi escolhida a falsa cor natural R5G4B3 que se fez uma melhor distinção entre os alvos de interesse, para os anos estudados, possibilitando distinguir a água, principal alvo de interesse, dos demais alvos. A figura 4 mostra as classificações feitas nas imagens, bem como a distinção das cores e os alvos, obedecendo a um sistema de cores, com base na tabela de cores da UFJF (2014), seguindo seus valores de hexadecimal para melhor caracterização, a classificação a) de cor azul, segue um hexadecimal #0000F caracterizando a água livre, a classificação b) de cor verde grama,

com hexadecimal #CFC00, caracteriza uma vegetação arbórea que se diz respeito às árvores a partir de 1,5 m de altura, ou seja, um conjunto de árvores em um certo habitat, ainda nesta composição se caracteriza a vegetação herbácea, esta que possui um crescimento curto de árvores, não apresenta caule lenhoso e geralmente possui um ciclo de vida curto. A classificação c), de cor grama e floresta, com hexadecimal #228B22, apresenta um solo com vegetação, uma vegetação arbórea, a classificação c) de cor rosa forte de hexadecimal #FF69B4, apresenta um solo exposto desmatado e/ou ocupado, também configura-se como paisagem nas cidades.

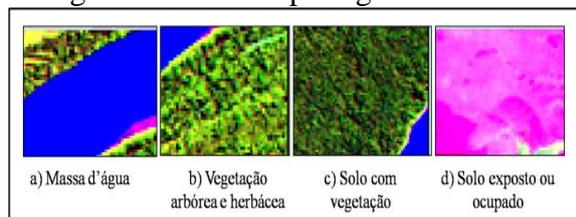


Fig. 4 – Classificação dos principais alvos obtidos do sensor TM

Para avaliação das imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) foi escolhida a composição de cores R5G6B4, pois foi a melhor composição para se fazer a distinção dos alvos após o ano de 2013, tendo em vista que o interesse foi se fazer a distinção entre solo e água, segundo Butler (2013) a aplicação de combinações comuns aplicados ao Landsat 8 leva a uma par de novas composições, contudo, utilizando a composição R5G6B4 a distinção de *Land/Water* se mostra mais eficaz conforme visto na figura 5 e utilizando o mesmo sistema de cores da tabela da UFJF (2014).

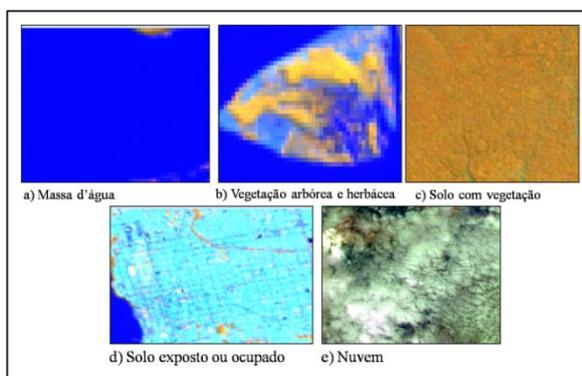


Fig. 5 – Classificação dos principais alvos obtidos do sensor OLI

A classificação a) de cor azul e hexadecimal #0000FF foi classificada como água livre, a classificação b) de cor ouro e hexadecimal #FFD700 se deu pela vegetação arbórea e herbácea, a classificação c) de cor dourado escuro e de hexadecimal #B8860B foi composto por vegetação arbórea, na classificação d) de cor água, com hexadecimal #00FFFF, solo exposto desmatado e configura-se como paisagem nas cidades e na classificação e) se deu pela cor branca variando para azul cadete com hexadecimal #5F9EA0 se caracterizando como nuvem.

3.3 Mosaicagem e georreferenciamento

No processo de mosaicagem das imagens do Sensor TM foi preciso modificar a geometria de algumas imagens de maneira a ajustá-la a um sistema de coordenadas, geodésicas (latitudes e longitudes) no Datum WGS 84, considerado como referência, caso contrário, uma diferença entre os pontos x e y seria perceptível, conforme visto na figura 6.

A cena 232/66 foi ajustada a cena 233/66, conforme visto na figura 7, procurando sempre se manter com um RMS entre 0,8 e 0,9 para assim salvar os pontos de controle tendo o intuito de ajustar as imagens em NDVI para consequentemente ter maior precisão no cálculo da superfície inundada.

Fig. 6 – Mosaicagem sem



georreferenciamento de dos tiles 232/66 e 233/66 do sensor TM



Fig. 7 – Mosaicagem depois de feito o georreferenciamento entre os tiles 232/66 e 233/66 do sensor TM

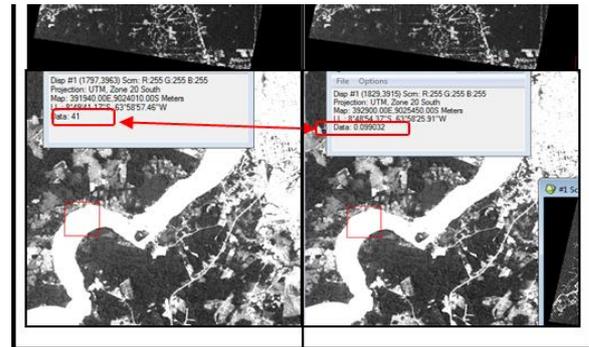
3.4 Obtenção da Refletância

A tabela 4 mostra os resultados do ângulo de elevação solar (graus) para o cálculo da reflectância das imagens do Sensor TM. Com os valores de α (ângulo de altitude solar), data de aquisição da imagem e o dia juliano foi calculado a reflectância das bandas 3 e 4, pois essas bandas definem melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas pouco profundas, e mostrando as diferenças na vegetação, para assim ser calculado os valores de NDVI, conforme mostrado na figura 8, reflectância para banda 3 como exemplo, para as cenas 232/66 e 233/66 do ano 2000, se fazendo a conversão de valores brutos das imagens (números digitais) em valores físicos reais (reflectância monocromática).

Ao analisar as imagens em forma bruta (Número Digital) em comparação com as imagens convertidas em reflectância não se consegue, de forma visual, identificar nenhuma diferença entre elas, contudo, após avaliar os *data* (dados) com os valores correspondentes aos valores brutos das imagens e os valores físicos reais é possível perceber que os valores reais são menores do que os valores brutos, isso porque os dados armazenados (ND) tem um menor número de casas decimais de valores, enquanto que o valor da reflectância tem um número bem maior de casas decimais e esse simples fato de se ter várias decimais acaba ocupando muito espaço na armazenagem no banco de dados.

3.5 Cálculo do NDVI e Delimitação das Superfícies Inundadas

Fig. 8 - Conversão de valores brutos das imagens (números digitais) em valores físicos reais (reflectância monocromática) para banda 3 do sensor TM



Os valores de NDVI foram calculados para todos os anos em estudo, conforme mostrado nas figuras de 9 a 15 para o sensor TM e para o sensor OLI mostrado nas figuras 16 a 20, contudo, no ano de 2013, ano este em que o sensor OLI entrou em operação e posteriormente data em que a UHE de jirau também entrou em operação, se teve uma quantidade muito grande de nuvens, como visto no valor de NDVI, e isso acabou interferindo na precisão do cálculo da superfície inundada deste ano, logo, não foi utilizado. Para fazer um bom comparativo, e compensação do ano perdido, da taxa de superfície inundada, foi feito levantamento do mês de junho e julho dos anos de 2014 e 2015.

TABELA 4 – VALORES DO PARÂMETRO (α), ÂNGULO DE ELEVACÃO SOLAR DE ACORDO COM CADA CENA E DATA, DO SENSOR TM

DATA		PARÂMETRO (α)
Ponto/Orbita 232/66	07-08-1994	56,720°
	01-07-1998	51,315°
	06-07-2000	51,765°
	02-06-2005	51,908°
	28-07-2007	54,715°
	02-07-2009	51,786°
	05-07-2011	51,592°
DATA		PARÂMETRO (α)
	27-06-1994	51,111°
	08-07-1998	51,859°
	11-06-2000	51,178°

Ponto/Orbita 233/66	11-07-2005	52,176°
	28-07-2007	54,715°
	04-06-2009	51,719°
	13-08-2011	58,042°

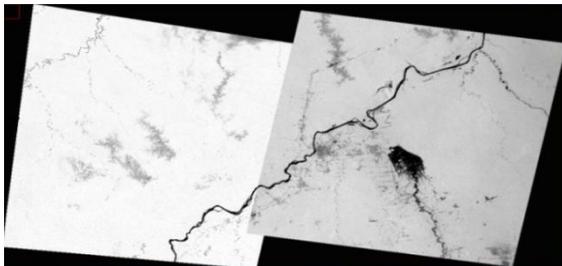


Fig. 9 – NDVI de 1994 do sensor TM

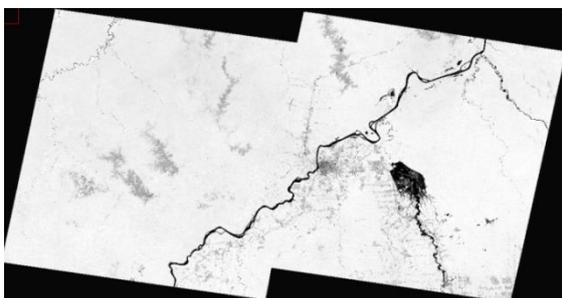


Fig. 10 – NDVI de 1998 do sensor TM

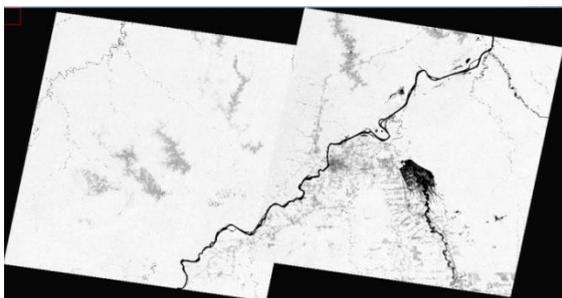


Fig. 11 – NDVI de 2000 do sensor TM

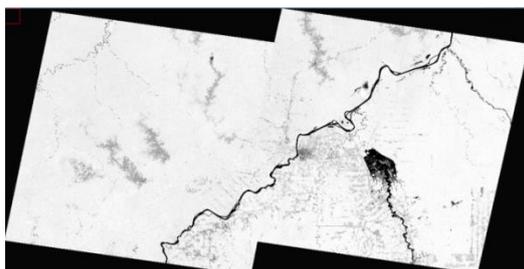


Fig. 12 – NDVI de 2005 do sensor TM

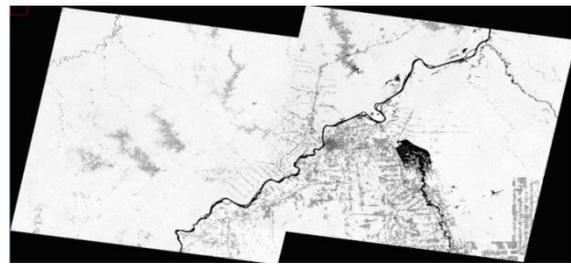


Fig. 13 – NDVI de 2007 do sensor TM

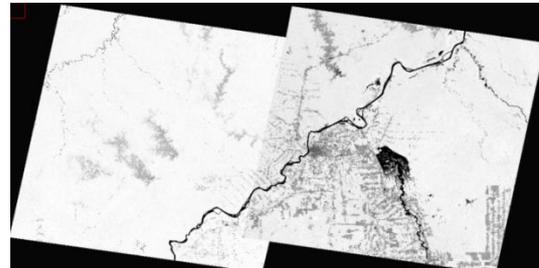


Fig. 14 – NDVI de 2009 do sensor TM



Fig. 15 – NDVI de 2011 do sensor TM

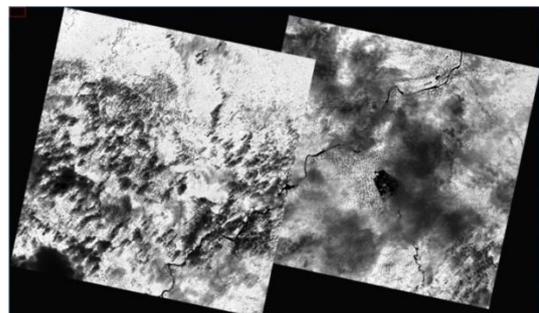


Fig. 16 – NDVI de 2013 do sensor OLI

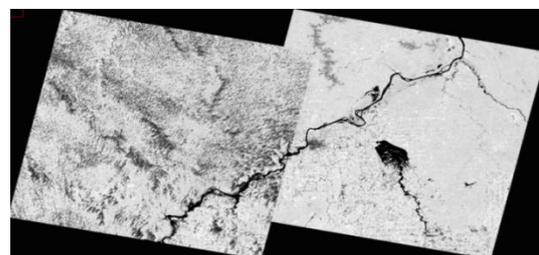


Fig. 17 – NDVI 2014/JUN do sensor OLI

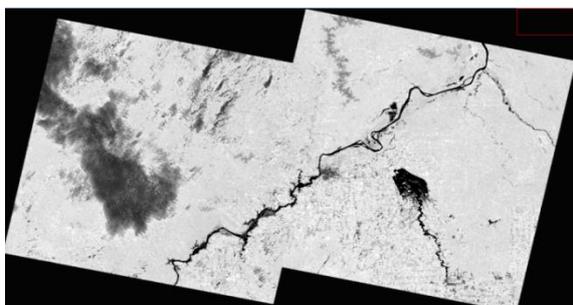


Fig. 18 – NDVI 2014/JUL do sensor OLI

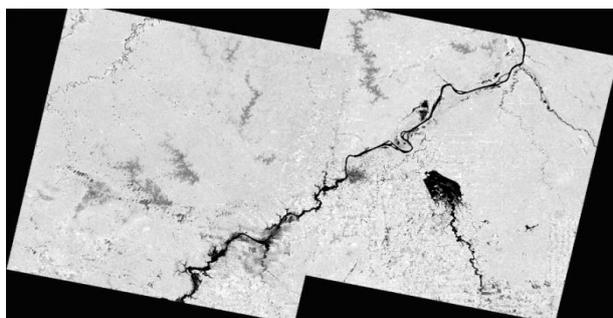


Fig. 19 – NDVI 2015/JUN do sensor OLI

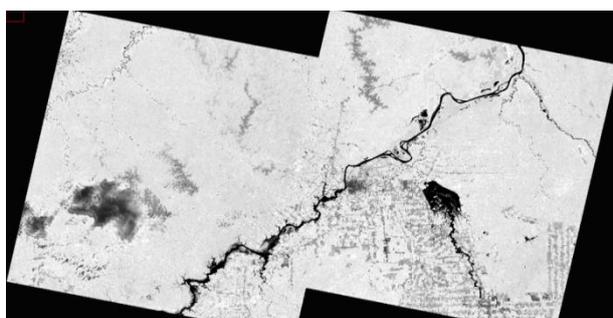


Fig. 20 – NDVI 2015/JUL do sensor OLI

Em relação à UHE de Jirau, Costa (2013) afirma todo o processo de licitação para a construção começou em julho de 2007, quando o Ibama concedeu a Licença Prévia para o aproveitamento dos recursos do Rio Madeira em uma usina que teria uma potência instalada de 3.300 MW, gerada por 44 turbinas do tipo bulbo. O consórcio responsável pela obra recebeu do Ibama a Licença de Instalação em junho de 2009 e no dia 6 de setembro de 2013 a Agência Nacional de Energia Elétrica autorizou a Usina Hidrelétrica de Jirau, em Rondônia, a entrar em operação.

Quando acompanhado todo o cronograma de instalação e operação da UHE de Jirau, é possível observar a evolução das superfícies inundadas a montante e a jusante da barragem, conforme visto nas figuras de 21 a 25, assim como o local se comportou antes de todo esse processo.



Fig. 21 – Localização da barragem em 2000



Fig. 22 – Localização da barragem em 2007

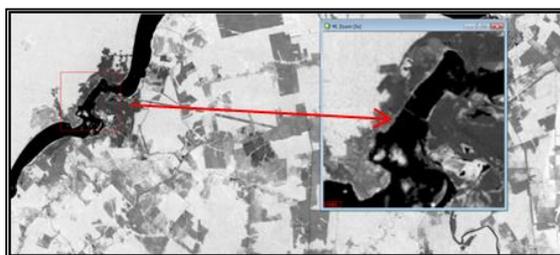


Fig. 23 – Localização da barragem em 2011

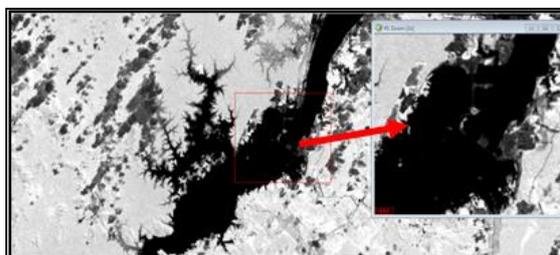


Fig. 24 – Localização da barragem em 2014-JUN

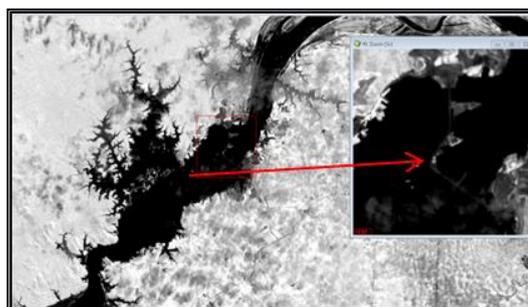


Fig. 25 – Localização da barragem em 2015/JUN

Antes do início da instalação da UHE de jirau, para os anos estudados, as áreas inundadas variavam entre 729,6669 Km² e 831,0465 Km², essa era a variação entre o menor ano de superfície inundada e o maior respectivamente, contudo, no ano do início das instalações das barragens (2011), a área inundada ultrapassou o limite, até então estabelecida pelo ano de 2005, conforme visto na tabela 5, alcançando 867,3948 Km², neste período começou a preocupação com o nível do rio, pois caminhava para uma cota acima do nível de transbordamento.

TABELA 5 – SUPERFÍCIES INUNDADAS AO DECORRER DOS ANOS DE ESTUDO

ANOS	ÁREA INUNDADA
1994	747,6147 Km ²
1998	729,6669 Km ²
2000	778,3920 Km ²
2005	831,0465 Km ²
2007	763,6455 Km ²
2009	771,4989 Km ²
2011	867,3948 Km ²
2014 – JUN	1.335,2877 Km ²
2014 – JUL	1.319,4351 Km ²
2015 – JUN	1.376,8002 Km ²
2015 – JUL	1.370,3085 Km ²

De acordo com o relatório de fiscalização (2014) da secretaria federal de controle interno, Porto Velho - RO foi afetado em suas estruturas físicas, ambientais e econômicas, tendo sido atingido tanto na parte do Município localizado à margem do Rio Madeira, como em seus distritos. A tragédia foi resultado da elevação do Rio Madeira até a cota histórica de 19,74 m no dia 30 de março de 2014, medida que corresponde a 3,06 m acima do valor já considerado como cota de transbordamento. Cabe ressaltar que as cotas registradas nas piores enchentes atingiram

17,44 m e 17,50 m (anos de 1984 e 1997, respectivamente).

Após a operação da UHE de jirau o nível mais crítico de área inundada foi no ano de 2015, conforme mostrado na figura 26, alcançando 1.376,8 Km², ou seja, elevando mais de 165% a taxa de área inundada quando comparado com o ano de 2005, antes da construção da barragem.

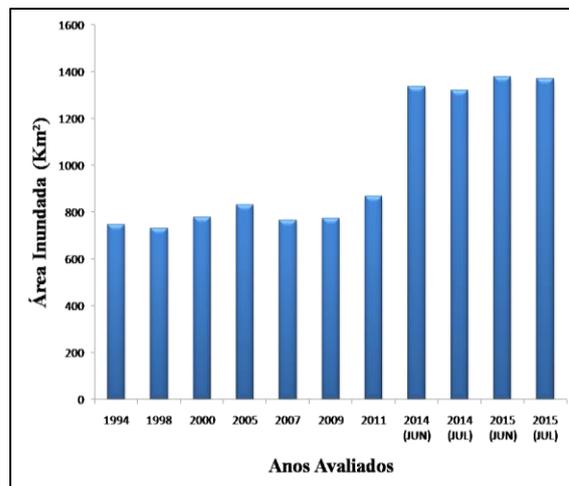


Fig. 26 – Evolução da superfície inundada a partir da construção das barragens de jirau

Pode-se afirmar que a influência da barragem de jirau, quanto a áreas inundadas, aumentou de forma significativa e talvez seja o principal responsável pelos impactos socioambientais como a perda de fauna, flora e comunidades, principalmente à montante da barragem, pois conforme o relatório de fiscalização (2014) durante o período de três meses o nível do rio esteve acima da cota de transbordamento que gerou a decretação e o reconhecimento de estado de calamidade pública. Além disso, houve depósito de grande quantidade de sedimento nas áreas que foram cobertas pela enchente, dificultando e até impossibilitando a reconstrução das áreas afetadas e o retorno das famílias as suas residências.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as técnicas de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para análises temporais em determinado fim de interesse de estudo bem como obter

informações *in situ*. As cenas 232/66 e 233/66 foram utilizadas neste trabalho obtendo-se informação de imagens orbitais dos anos de interesse.

Os principais alvos encontrados na região da UHE de jirau foram: massa d'água, vegetação arbórea e herbácea, solo sem vegetação e solo exposto ou ocupado, contudo, no sensor OLI foi encontrado um alvo a mais, as nuvens que posteriormente dificultaram o cálculo de superfície inundada em 2013.

Nos anos de 1994 a 2009 não se teve alteração nas superfícies inundadas de forma tão ampla quando comparada com os anos 2011, 2014 e 2015.

A média de superfície inundada do ano de 1994 a 2009 era de 770 km², contudo, após instalação de parte da barragem em 2011, esta área aumentou para mais de 867 km², contribuindo para maior cheia quando relacionado com os anos anteriores a 2011.

No período de junho de 2014 e julho de 2014 esta superfície inundada aumentou para mais de 1318 km² e para o mesmo período do ano de 2015, esta área inundada foi para mais de 1370 km² excedendo uma taxa de 165% a mais quando comparado com a maior área inundada antes da instalação das barragens.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam CAPES pelo seu apoio financeiro, que favoreceu o desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Leilão UHE Jirau. **Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira**. 2008. 4 p.

ASADZADEH, A. et al. Evaluation of multiple satellite altimetry data for studying inland water bodies and river floods. **Journal of Hydrology**, v. 505, p. 78–90, 2013.

BALDASSARRE, G. DI; SCHUMANN, G.; BATES, P. D. A technique for the calibration of hydraulic models using uncertain satellite observations of flood extent. **Journal of Hydrology**, v. 367, n. 3-4, p. 276–282, 2009.

BUTLER, K. **Band Combinations for Landsat 8**. Disponível em: <<https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>>. Acesso: 20 julho 2016.

CAMPOS, M. S. Programa Para o Cálculo da Variação da Direção de Incidência dos Raios Solares do Longo Do Ano. **COBENGE**. 2013.

CHAVEZ Jr., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.24, p.459-479, 1988.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. Secretaria Federal de Controle Interno. Relatório de Fiscalização nº 201408699. Diagnóstico Situacional dos Efeitos da Cheia do Rio Madeira em Porto Velho, Rondônia. **Relatório**. 2014.

COSTA, Patrícia. UHE jirau entra em operação comercial. **Newsletter CBDB**. 2013.

ENVI (2005). Envi user's guide, The Environment for Visualizing Images. Version 4.2. Colorado, U.S.A. CD-ROM.

FLORENZANO, T.G.; PINTO, S.A.F.; VALÉRIO, M.; NOVO, E.M.L.M.; Kux, H.J. Utilização de dados TM-Landsat para o mapeamento de áreas submetidas à inundação na Bacia do Rio Parnaíba. **INPE**. 1988

FLORENZANO, T.G.; Valério Filho, M.; Rodrigues, R.L.V. Identificação de áreas submetidas à inundação através de imagens TM/LANDSAT nas Bacias dos Rios Pindaré, Mearim, Jaguaribe, Apodi, Piranhas e São Francisco. **INPE**. 1990.

MATHER, P. M. Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. 2 ed. p.292 1999.

MESSENGER, R. A.; VENTRE, J. Photovoltaic systems engineering. **CRC Press LLC**, 3.ed, cap. 2, p 21-46, 2010.

- NETO, L. F.; BERTONI, J. **Conservação do solo**. 6ed. p.355. 2008.
- NIERO, M. et al. Aplicação de dados multitemporais do LANDSAT no acompanhamento da variação da lâmina d'água na área programa do Careiro/PDRI-AM. **INPE**. 1984.
- NOVO, E.M.L.M. Aplicaciones de los sensores remotos a problemas hidrológicos e inundaciones. **INPE**. 1983.
- OLIVEIRA, Klondy. Porto Velho e as Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau: Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2. v.2, n.5, p. 565-572, 2012.
- Processamento Digital. **Geotecnologias e Software Livre**. LANDSAT-8: Download de imagens através dos sites Earth Explores e Glovis. 2013.
- RICHARDS, J. A. Remote Sensing Digital Image Analysis. **Springer-Verlag**. 1995.
- ROSA, Lucas; ALVES, M. C; SANCHES, Luciana. Uso de Composição de Bandas do Satélite Landsat 5 TM para Caracterizar a Dinâmica da Variação de Áreas Alagadas no Pantanal Mato-Grossense. **INPE**. p. 5992-5999. 2011.
- UFJF. Tabela de Cores. **Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2014.
- WEBER, Eliseu. Tarefas e Produtos Desenvolvidos. **UFRGS**. 2006.

CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

Nº	Descrição	Ago 2015	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2016	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Pesquisa Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Coleta de dados	X	X										
3	Elaboração de dados		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
4	Análise e interpretação de dados			X	X	X	X	X	X	X	X		
5	Relatório parcial						X						
6	Elaboração do resumo e relatório final											X	X
7	Preparação da apresentação final para o congresso											X	X

Normas da revista para a qual se pretende submeter o artigo - Revista Brasileira de Cartografia Nº XX/YY, 2005. (ISSN 0560-4612)

INSTRUÇÕES AOS AUTORES PARA A PUBLICAÇÃO NA

REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA – FORMA FINAL

*Instructions to the authors to publish in
the Brazilian Journal of Cartography –*

Final form

Nome do Primeiro Autor¹

Nome do Segundo Autor²

¹Instituição A

Subdivisões da Instituição

Endereço para correspondência-País
e-mail

²Instituição B

Subdivisões da Instituição

Endereço para correspondência-País e-mail

RESUMO

O propósito das presentes instruções é orientar os autores de trabalhos a serem publicados na Revista Brasileira de Cartografia. Observe que o formato destas instruções pode ser tomado como modelo para a datilografia dos artigos.

Palavras chaves: Revista Brasileira de Cartografia, artigo.

ABSTRACT

The purpose of these instructions is to assist the papers author's in preparing camera-ready copy for publication in Brazilian Journal of Cartography. Please, notice that the present instructions may be used as a model for your manuscript.

Keywords: Brazilian Journal of Cartography, paper.

1. INSTRUÇÕES GERAIS

Serão aceitos para publicação na Revista Brasileira de Cartografia (RBC) artigos originais de

Cartografia, Geodésia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e áreas correlatas, não publicados anteriormente. Contudo, artigos de reconhecido valor científico, que já tenha sido publicado em anais de congresso ou outros veículos, poderão ser submetidos para publicação, devendo estar evidente que se trata de uma versão melhorada do artigo original. Cada artigo deve ter no máximo 20 (vinte) páginas, e no mínimo 4 (quatro).

Os artigos deverão ser escritos em português, inglês, ou espanhol. Em qualquer caso deverá ser anexado um Resumo ou Resúmen e obrigatoriamente o Abstract.

Os artigos deverão ser submetidos a partir do site: <http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/login>. O texto deverá ser escrito com caracteres Times New Roman.

Solicita-se aos autores que não enviem artigos em formato PDF. **Artigos enviados nesse formato não serão considerados.**

Sugere-se aos autores utilizarem-se deste modelo, como padrão para a formatação do artigo.

Os artigos deverão ser preparados de modo a conter na primeira folha, as informações centralizadas na seguinte ordem de apresentação: 1° - Título do trabalho (caixa alta, corpo 14, em negrito) em português, seguido do mesmo em inglês, (caixa alta e baixa em itálico; corpo 14), 2° - Nome(s) do(s) Autor(es) (corpo 14, em negrito); 3° - Entidade(s) que representa (corpo 12, em negrito); 4° - Subdivisões da Entidade, se for o caso (corpo 10, em negrito); 5° - Endereço completo para correspondência, bem como email e país (corpo 10). Deve-se introduzir espaçamento de uma linha entre cada um dos conjuntos apresentados acima.

As palavras RESUMO ou RESUMEN e ABSTRACT deverão ser centradas (corpo 14, em negrito) e o texto do resumo deverá ser impresso em corpo 10 (caracter comum).

As folhas em que o artigo é apresentado deverão ser de formato A4, com o texto alinhado em duas colunas e espaçamento simples entre as linhas.

Não deverão ser utilizadas notas de rodapé no texto.

Cada parágrafo deve ter em sua primeira linha, um recuo especial de 1,3 cm em relação às demais.

2. ANÁLISE DOS ARTIGOS

A análise dos artigos obedecerá ao sistema de avaliação pelos pares. Nesse sistema, cada solicitação é examinada por pelo menos dois pesquisadores, que emitem pareceres de mérito. Tais pareceres constituem as bases necessárias das decisões do Conselho Consultivo da RBC. Nos casos em que o parecer recomenda rejeitar a contribuição, é garantido ao solicitante o direito de recorrer da decisão negativa, por meio de um pedido de reconsideração fundamentado na discussão das objeções levantadas pela assessoria.

A experiência ensina que o bom funcionamento desse sistema de avaliação depende essencialmente da preservação do anonimato dos assessores. Com efeito, é inquestionável que o grau de independência e objetividade das avaliações entre pares é proporcional ao grau de fidedignidade da garantia de sigilo oferecida quanto à identidade desses assessores. Assim, toda solicitação de um parecer a um assessor é acompanhada pelo compromisso implícito de preservação de seu

anonimato. Por outro lado, os assessores comprometem-se a manter sigilo quanto ao conteúdo de seus pareceres. Estabelece-se, portanto, entre a RBC e seus assessores, um vínculo de confiança que não pode ser rompido.

3. DIGITAÇÃO DOS ORIGINAIS

Essas instruções foram digitadas de acordo com as normas aqui descritas, portanto os trabalhos terão o aspecto apresentado pelas presentes Instruções.

O texto deverá ter as colunas separadas entre si de 0,5 cm, 2,0 cm dos limites superior e inferior, 2,5 cm do limite esquerdo e 2,0 do lado direito da folha de papel. O cabeçalho e rodapé deverão estar afastados das margens respectivas de 1,5 cm.

O título do artigo deve ser escrito em caracteres maiúsculos com tamanho 14 (Times New Roman), em negrito. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser digitado(s) em caracteres maiúsculos e minúsculos, 2 (dois) espaços abaixo do título do artigo, centralizados, tamanho 14, em negrito. A(s) instituição(ões) a que pertence(m) o(s) autor(res), inclusive o endereço postal, deve(m) aparecer abaixo dos nomes dos autores, separados por um (1) espaço, com corpo 12 e em negrito. Incluir preferencialmente o e-mail dos autores junto ao endereço da instituição e País, com tamanho 10.

O resumo e sua tradução devem ser digitados em uma só coluna. As palavras RESUMO ou RESUMEN e ABSTRACT devem ser centralizadas nesta coluna, dois (2) espaços abaixo do nome e endereço da instituição a que pertence(m) o(s) autor(es), e 2 espaços acima do texto.

Abaixo do texto do Resumo, separado por uma (1) linha, deve ser digitada a frase “Palavras chaves:” (corpo 10, em negrito) seguidas de até seis (6) palavras chaves do artigo (tamanho 10). Em seguida, abaixo do texto do Abstract, separado por uma (1) linha, deve ser digitada a frase “Keywords:” (corpo 10, em negrito) seguidas de até seis (6) palavras chaves, em inglês, do artigo (corpo 10).

4. NUMERAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS SEÇÕES

Cada título de seção principal do artigo deverá estar em caracteres maiúsculo, tamanho 12, em negrito, sendo devidamente numerado em algarismos arábicos, conforme é exemplificado neste artigo. Observe que as únicas seções que não precisam ser numeradas são as seções “REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS” e “AGRADECIMENTOS”.

4.1 Subseções

As subseções serão numeradas iniciando-se pelo número da seção principal, acrescido de um ponto e o número correspondente da mesma. Elas deverão ser escritas com caracteres maiúsculos e minúsculos, em negrito.

4.1.1 Sub subseções

Para o caso em que ocorrer mais divisões das subseções, a numeração segue a da subseção, acrescida de um ponto e o número correspondente. Elas deverão ser escritas com caracteres maiúsculos e minúsculos, em negrito.

5. TABELAS, FIGURAS, FÓRMULAS, ETC

Tabelas, fórmulas e símbolos matemáticos devem ser digitados respeitando o espaçamento superior e inferior de forma adequada.

A numeração das expressões matemáticas deve ser feita com algarismos arábicos entre parênteses, à direita da coluna. Dentro do texto a equação deve ser referida pelo seu número correspondente. Exemplo:

$$K=(\square j+ Lf)^{-1/2} (1)$$

Todos os símbolos devem ser definidos quando aparecem pela primeira vez ou serem referidos a tabelas explicativas.

Índices e expoentes devem ser claramente reconhecíveis como tais. Para isso os tipos utilizados devem ser cuidadosamente escolhidos para evitar ambigüidades.

A numeração das figuras, tabelas e equações devem ser feitas em ordem e seguir sequência única do começo ao fim do trabalho (e não por seções).

As Figuras devem, por razões de estética, espalhar-se ao longo do texto, evitando-se o seu acúmulo no final.

5.1 Inserção de Figuras

As figuras devem ser numeradas e ter legendas centralizadas logo abaixo delas. A legenda deve ficar mais próxima da figura que do texto abaixo. Não é necessário escrever “Figura 1”, basta abreviar “Fig. 1”.

Fig. 1 - Imagem mostrando o módulo lunar da Apollo 11, a Lua e o planeta Terra. Fonte: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov>. **É imprescindível que as figuras inseridas no texto, também sejam enviadas individualmente com resolução de 300 dpi a partir do item “documentos suplementares”.**

5.2 Inserção de Tabelas

Os títulos das tabelas devem aparecer centralizados acima delas.

6. SOBRE OS DIREITOS AUTORAIS
A responsabilidade do artigo é exclusivamente do autor. Se for o caso, ele deverá tomar as providências necessárias, no sentido de obter permissão para a publicação ou uso de qualquer material, eventualmente protegido por direitos autorais.

AGRADECIMENTOS

Esta seção não é obrigatória e deve ser incluída antes das referências bibliográfica quando ocorrer a necessidade de fazer agradecimentos a entidades financiadoras, pessoas, etc. Não é necessário fazer a numeração desta seção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A seção referências bibliográficas não precisa ser numerada e deve conter, em ordem alfabética de sobrenome dos autores, as referências feitas ao longo do artigo. Suas citações no texto deverão ser com caracteres maiúsculo (FULANO *et al.*, 2003). Deverão ser seguidas as normas da ABNT para a apresentação destas referências. Exemplos: ALVES, M. B.; ARRUDA, S. **Como Fazer Referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos.** Disponível em <<http://bu.ufsc.br/framerefer.html>>. Acesso: 15 abril 2002.

CINTRA, J. P. GPS & GIS: Integração geométrica. In: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 1997. **Anais.** p. 88-98, 1997.

FIALOVSY, L. **Surveying Instruments and their operational principles.** New York, Elsevier, 1991. 550p.

LANGE, A. Accuracy Specifications Affect Application Success. **GIS World**, v.10, n. 10, p. 32, Oct. 1997a.

LANGE, A. Which GPS Processing Technique is Right for You? **GIS World**, v.10, n. 8, p. 58, Aug. 1997b.

Para maiores informações contatar o Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais da Universidade Brasília a partir do e-mail rbcedicao@gmail.com.

Endereço para correspondência:

Revista Brasileira de Cartografia
Sociedade Brasileira de Cartografia
Av Pres Wilson 210 – 7º andar
Centro - Rio de Janeiro – RJ
CEP 20030-021

Editores:

Paulo Márcio Leal de Menezes – UFRJ (Editor Chefe)

Renato Fontes Guimarães – UnB (Editor)

Osmar Abílio de Carvalho Júnior (Editor)

Júlia Célia Mercedes Strauch - ENCE

José Carlos Penna de Vasconcellos - UERJ

Leonardo Castro de Oliveira - IME

Carla Bernadete Madureira Cruz – UFRJ

Manoel do Couto Fernandes - UFRJ