

## **Estudo da morfologia areal da bacia do Rio Araguaia utilizando MDE ASTER**

### **Morphology study of area in Araguaia River basin using DEM ASTER**

**Murilo R. D. Cardoso**

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais/GO  
[muriloshinobi@gmail.com](mailto:muriloshinobi@gmail.com)

**Francisco F. N. Marcuzzo**

SGB / CPRM – Ministério de Minas e Energia - Goiânia/GO  
[fmarcuzzo@go.cprm.gov.br](mailto:fmarcuzzo@go.cprm.gov.br)

#### **RESUMO**

Devido às proporções continentais do país e de suas extensas redes hidrográficas, se torna uma tarefa complexa o monitoramento e manejo dos recursos hídricos de uma forma eficiente e ágil, pois o avanço de usos como a pastagem e a agricultura são cada vez mais rápidos sobre as vegetações pioneiras, principalmente do bioma Cerrado. Esse trabalho propõe-se através do sensoriamento remoto, utilizando imagens de radar ASTER com resolução espacial de 30 metros, delimitar as sub-bacias do rio Araguaia. Como método de definir os cursos d'água com maior prioridade de conservação de suas matas ciliares e APP (Áreas de Preservação Permanente), bem como para implementação das leis ambientais vigentes para esse tema, adotou-se a hierarquização dos cursos d'água proposta por Strahler. Utilizando programas de SIG foi gerada a drenagem na escala de 1:100000 e por meio delas foram determinadas sua hierarquização e em seguida delimitadas suas respectivas bacias. Os resultados apresentaram para o rio Araguaia 6 ordens de drenagem, sendo que o rio nasce na quinta ordem e chega ao sua foz na sexta ordem. Outro critério analisado para a determinação das sub-bacias foram delimitá-las do curso d'água de primeira ordem até sexta ordem por estes corresponderem aos que deságuam no rio Araguaia. Como último passo foram calculadas a área e o perímetro de cada sub-bacia.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos, geoprocessamento, sensoriamento remoto, bacia hidrográfica.

#### **ABSTRACT**

Due to the extraordinary size of the country and its extensive river networks, becomes a complex task monitoring and management of water resources in an efficient and agile as the advancement of uses such as grazing and agriculture are growing faster on the vegetation pioneers, mainly from the Cerrado. This study aims through remote sensing using radar imagery with spatial resolution of ASTER 30 meters, defining the sub-basin of the Araguaia River. As a method of defining the waterways with the highest priority for conservation of its riparian and APP (Permanent Preservation Areas) as well as for implementation of environmental laws to force this issue, we adopted the ranking of the proposed watercourse by Strahler. Using GIS software was generated in the drainage scale 1:100000 and through them their hierarchy were determined and then defined their respective basins. The results presented for the six orders Araguaia River drainage, where the river begins in the fifth order and reaches its mouth in the sixth order. Another criterion considered for the determination of sub-basins were to enclose them from the stream of the first order to sixth order for these to match the flow into the Araguaia River. As a last step we calculated the area and perimeter of each sub-basin.

**Keywords:** Water resources, GIS, remote sensing, watershed.

## INTRODUÇÃO

O rio Araguaia é o décimo terceiro de maior extensão do Brasil, totalizando 2.114 km de extensão, e, junto com o rio Tocantins, faz parte de uma das principais bacias hidrográficas do país, a bacia Tocantins-Araguaia. A conservação e manejo sustentável dessa bacia, e de outras, faz-se necessária por sua hidrografia abundante. Dentro desse contexto, é muito importante o desenvolvimento de novas metodologias de classificação dessas bacias, tal como o uso das novas tecnologias para o estudo das redes hidrográficas.

A busca por formas sustentáveis de desenvolvimento econômico implica na implantação de novos métodos de manejo e uso do solo, principalmente no que diz respeito à conservação dos recursos hídricos. Segundo Maalouf (2000), baseado na definição da WCED, o Conselho de Alimentos e Organização Agrícola das Nações Unidas, o desenvolvimento agrícola sustentado é o gerenciamento e conservação das bases dos recursos naturais e a orientação da mudança tecnológica e institucional, assegurando a realização e satisfação continuada das necessidades humanas para gerações presentes e futuras. Esse desenvolvimento sustentado conserva os recursos genéticos da terra, água, vegetação e animal, não degradam o meio ambiente, é apropriado tecnicamente, viável economicamente e aceitável socialmente.

Com o avanço dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o desenvolvimento de novas técnicas de processamento e tratamento de imagens de satélite, tal como da disponibilidade desses produtos de forma gratuita e cada vez mais abundante, esse tipo de recurso de torna muito viável para o estudo de bacias hidrográficas. Segundo Ferreira et al. (2005), os programas de aplicação em SIG têm a capacidade de manipular, armazenar e analisar dados geográficos. É diferente dos demais (aplicáveis em cartografia digital) por possuir estruturas que permitem definir as relações espaciais e estatísticas entre todos os elementos dos dados (geo-objetos). Esta convenção, conhecida como topologia dos dados, vai além da mera descrição da localização e geometria cartográfica, por permitirem fazer cruzamentos de dados e desenvolver cenários, daí sua importância na utilização do planejamento territorial e gestão do meio ambiente, particularmente gestão de bacias hidrográficas.

O processamento de imagens de radar e seu alto potencial no desenvolvimento de modelos digitais de elevação (MDE) viabiliza a delimitação e estudo das bacias hidrográficas. Porém, um dos principais empecilhos ao uso dos MDE na grande maioria dos estudos hidrológicos é a discordância entre o traçado da hidrografia mapeada e o trajeto de escoamento superficial derivado numericamente. Adicionalmente, encontram-se, com frequência, depressões espúrias ao longo da drenagem numérica, que impedem o escoamento

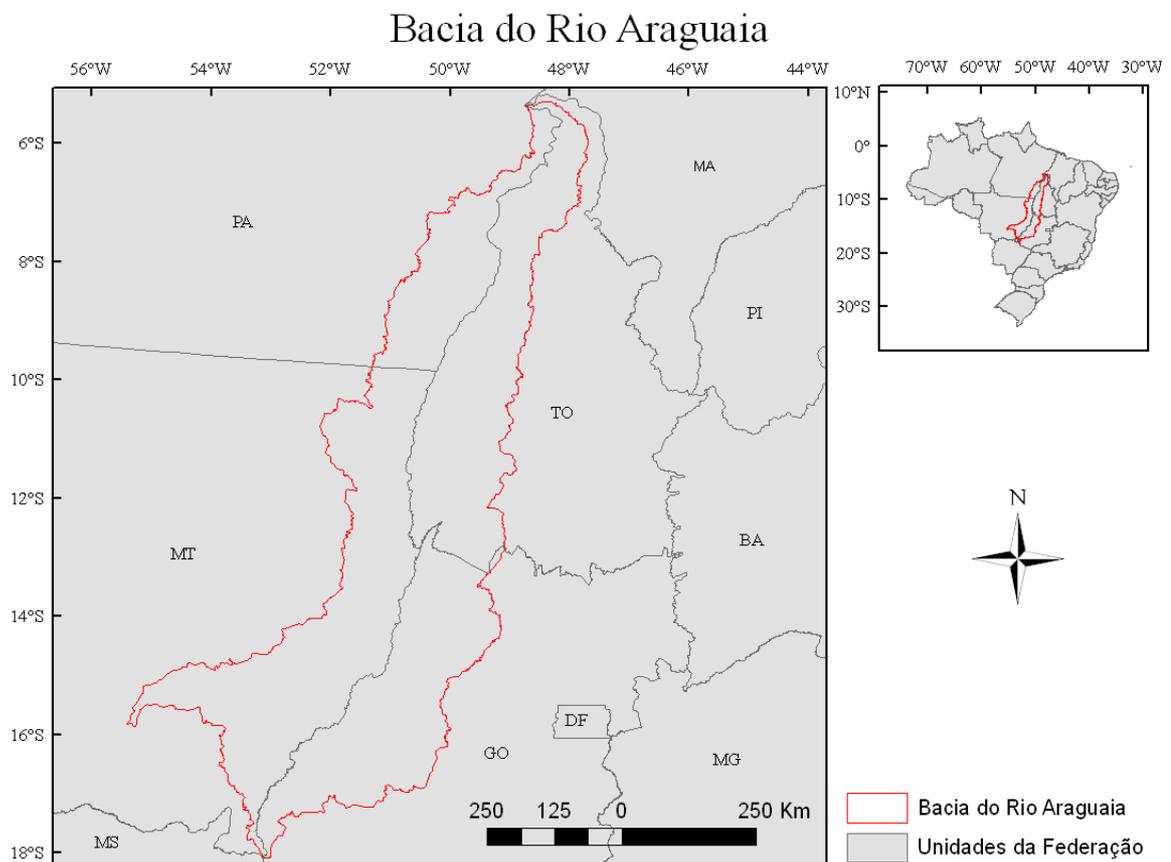
contínuo até o ponto de deságüe da bacia analisada. Tais fatos inviabilizam a correta delimitação da área de contribuição à montante do ponto de interesse, comprometendo todas as demais etapas do estudo.

Devido à importância eminente do estudo de bacias hidrográficas, a fim de se desenvolver ações conservacionistas e o incentivo ao uso sustentável, esse estudo propõe-se a delimitar as sub-bacias do rio Araguaia através de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento utilizando imagens de radar ASTER.

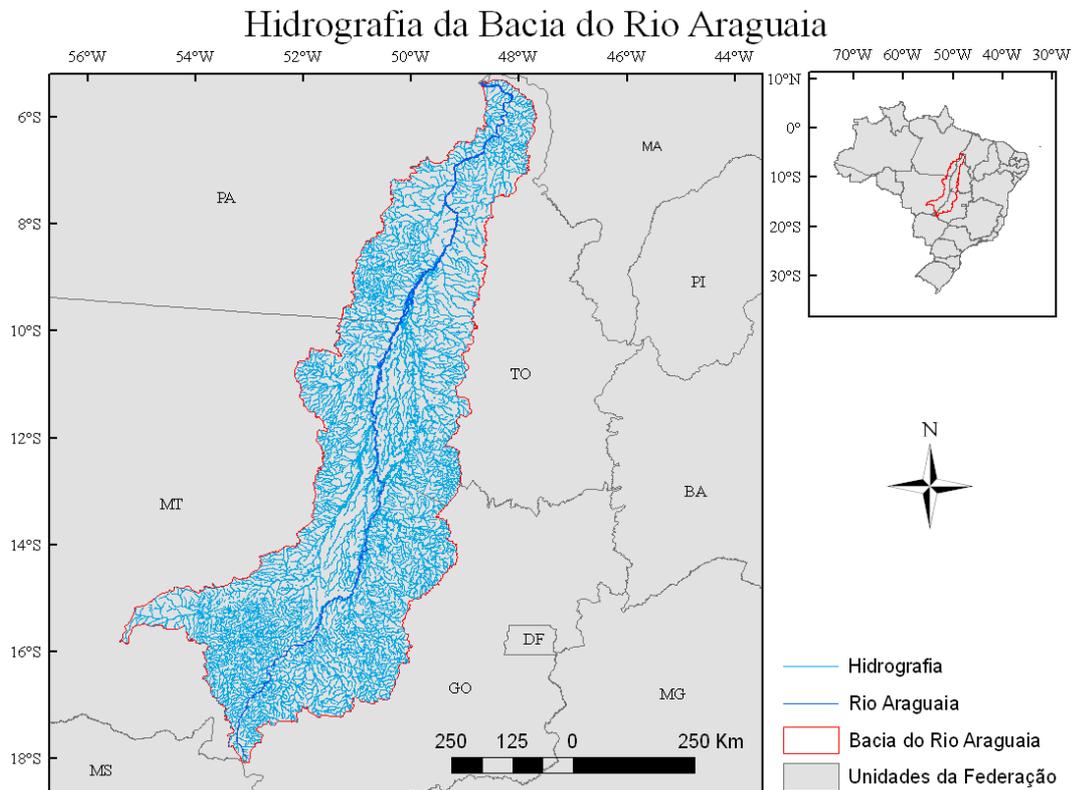
## Material e Metodologia

### Caracterização Geral da Área de Estudo

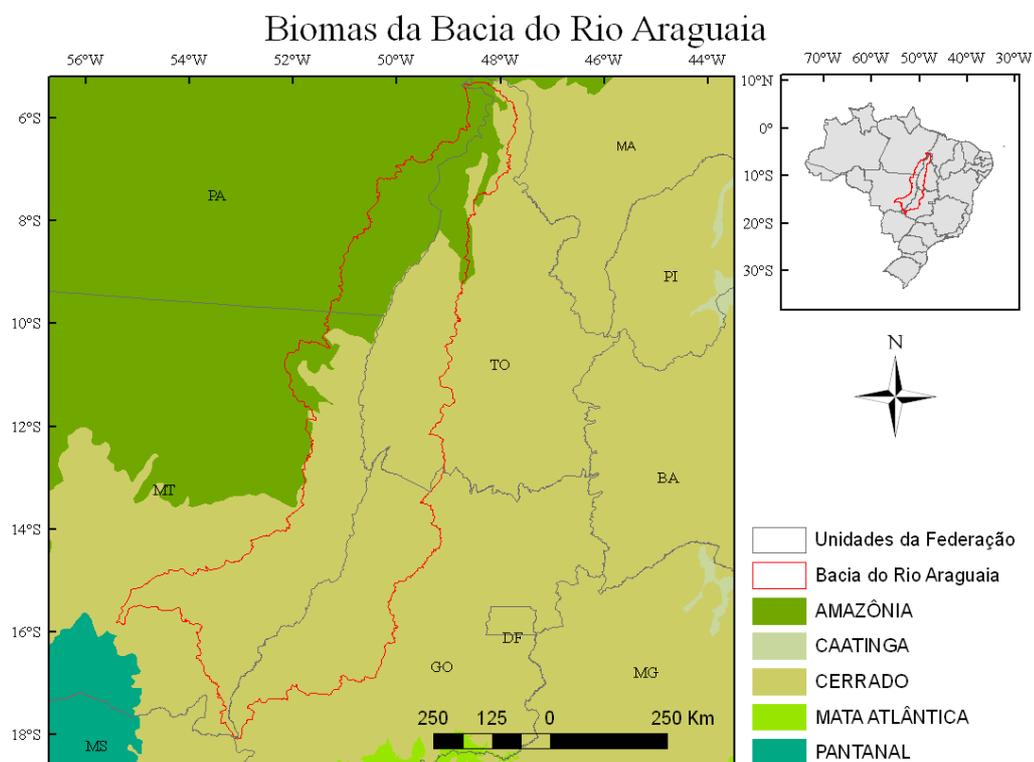
A bacia do rio Araguaia está localizada entre cinco estados dentro do território brasileiro, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará e Tocantins (Figura 1). Sendo que, 24,2% em Goiás, 35,2% no Mato Grosso, 0,005% no Mato grosso do Sul, 13,2% no Pará e 27,3% no Tocantins. Sua altitude varia de 17m a 2211m. O comprimento total de todos os seus cursos d'água é de aproximadamente 68243,7 km (Figura 2). Sua área total é de 385044,13 km<sup>2</sup> com perímetro de 5184,15 km. A bacia do Araguaia possui 297625,3 km<sup>2</sup> (77%) de sua área no bioma do Cerrado e 87418,7 km<sup>2</sup> (23%) no bioma amazônico (Figura 3).



**Figura 1.** Localização geográfica da bacia do rio Araguaia (Fonte das informações para confecção do mapa: IBGE e ANA).



**Figura 2.** Mapa hidrográfico da bacia do rio Araguaia (Fonte das informações para confecção do mapa: IBGE).

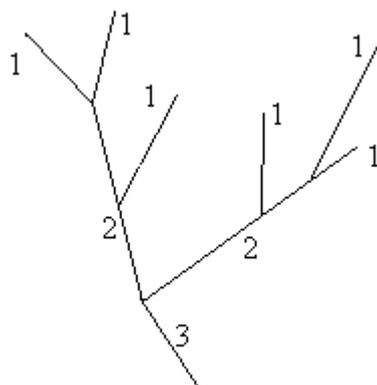


**Figura 3.** Mapa dos biomas da bacia do rio Araguaia (Fonte das informações para confecção do mapa: IBGE).

### Processamento das Imagens e Delimitação das Sub-bacias

Nesse trabalho foram utilizadas 60 imagens de radar ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) com resolução de 30 metros baixados gratuitamente do site da NASA. Essas imagens foram mosaicadas e depois recortadas com o limite da bacia do rio Araguaia utilizando o software ArcGIS 9.2.

Com o MDE delimitado pela bacia do rio Araguaia deu-se início a delimitação das suas sub-bacias através de um SIG. O primeiro passo foi extrair a drenagem. Em seguida, foi aplicado ao MDE valores maior que 100000 para se obter um número de feições de drenagem compatíveis com a escala do trabalho, quanto maior o valor escolhido menor o número de feições e vice-versa. Logo depois, as sub-bacias do Rio Araguaia foram definidas pela sua ordem hierárquica com base na classificação proposta por Strahler (1952). O sistema proposto por Strahler consiste em classificar como de primeira ordem os cursos d'água em que não há rios que deságüem nele, ou seja, os que se originam diretamente de sua nascente e deságuam em outro curso d'água. O ArcGIS toma como base as vértices dos rios para fazer a classificação. Esse outro curso d'água subsequente será denominado de segunda ordem. Os cursos d'água onde os rios de segunda ordem deságuam serão chamados de terceira ordem e assim sucessivamente (Figura 4).



Ordenamento de Strahler

**Figura 4.** Ordenamento dos cursos d'água proposto por Strahler.

### Resultados e Discussão

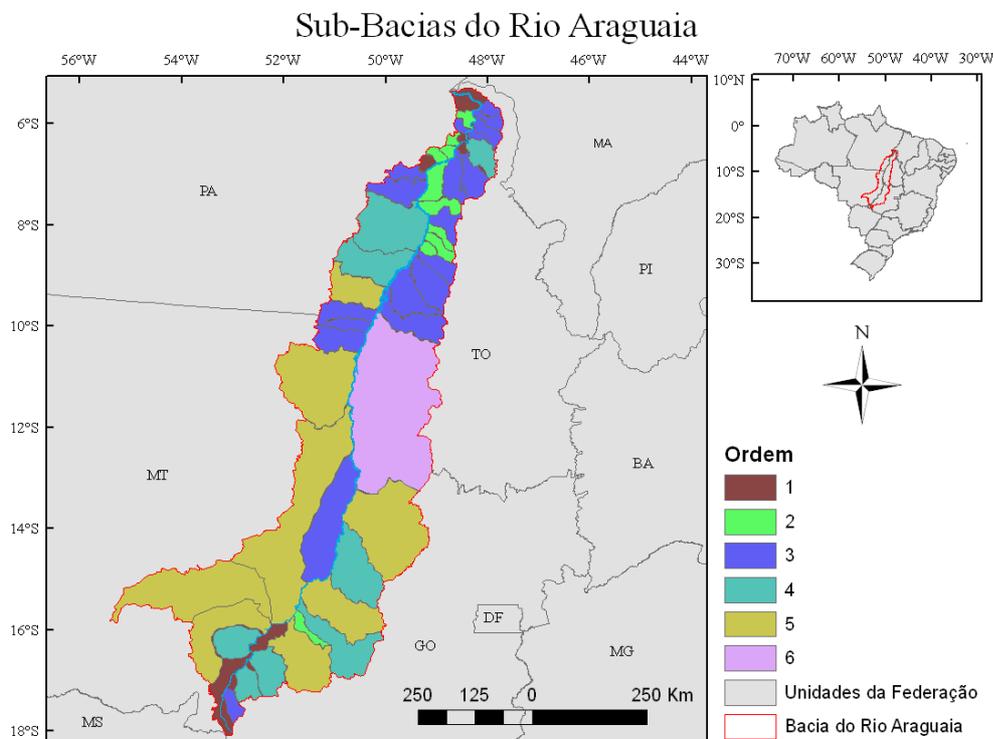
A divisão em sub-bacias proposta ANA (Agência Nacional das Águas) subdivide as grandes bacias hidrográficas do Brasil em sub-bacias com dimensões ainda muito grandes. Isso inviabiliza um modelo sistemático de monitoramento das sub-bacias de uma forma freqüente quanto ao seu uso e manejo. Segundo a classificação da ANA a bacia do rio

Araguaia é composta por seis sub-bacias.

Na classificação automática feita em um programa de SIG da rede de drenagem da bacia do rio Araguaia, que foi extraída do MDE, determinou-se que o ordenamento dos cursos d'água que deságuam no rio Araguaia, segundo o ordenamento proposto por Strahler, ocorre entre 1ª e 6ª ordem (Figura 5).

Das sub-bacias que deságuam diretamente no rio Araguaia 4 são de 1ª ordem, 11 são de 2ª ordem, 19 são de 3ª ordem, 8 são de 4ª ordem, 7 são de 5ª ordem e 1 de 6ª ordem, totalizando 50 sub-bacias mapeadas na escala de 1:100000.

Observando a Figura 3, pode-se perceber que todas as sub-bacias do rio Araguaia de 1ª ordem, se encontram na região do Alto Araguaia, onde se encontram o berço das águas do rio, ou na região do Baixo Araguaia onde ele deságua.



**Figura 5.** Sub-bacias do rio Araguaia classificadas segundo o ordenamento de Strahler.

Na Tabela 1 verifica-se a área e o perímetro total a qual ocupam as sub-bacias de cada ordem segundo Strahler (1952). Nota-se que as bacias de 3ª ordem ocupam uma área de 138900,19 km<sup>2</sup>, correspondendo a 39% da área total da bacia do rio Araguaia. As bacias de 2ª ordem ocupam uma área de 103685,74 km<sup>2</sup>, correspondendo a 31% da área total da bacia do rio Araguaia. As bacias de 4ª ordem ocupam uma área de 80222,77 km<sup>2</sup> correspondendo a 24% da área total da bacia do rio Araguaia. As bacias de 5ª ordem ocupam uma área de 17145,14 km<sup>2</sup> correspondendo a 5% do total da bacia do rio Araguaia. As bacias de 1ª ordem ocupam uma área total de 3040,78 km<sup>2</sup> e a bacia de 6ª ordem ocupa uma área de 32,93 km<sup>2</sup> correspondentes a aproximadamente 1% da área total da bacia do rio Araguaia.

**Tabela 1.** Perímetro e área das seis ordens das sub-bacias do rio Araguaia.

Ordem	Perímetro (km)	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (%)	Área (%)
1	510,16	3040,78	2,5	0,9
2	5045,65	103685,74	24,3	31
3	7776,30	138900,19	37,5	39
4	3275,76	80222,77	15,7	24
5	1788,93	17145,14	8,6	5
6	68,21	32,93	0,4	0,017
Total	20760,97	325899,55		

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação das áreas das sub-bacias da região hidrográfica do rio Araguaia utilizando dados de satélite ASTER com resolução de 30 metros foram os seguintes:

- Na escala utilizada, 1:100000, foi possível mapear 50 sub-bacias que deságuam diretamente no rio Araguaia;

- Todas as sub-bacias foram ordenadas segundo a classificação de Strahler sendo 4 são de 1ª ordem, 11 são de 2ª ordem, 19 são de 3ª ordem, 8 são de 4ª ordem, 7 são de 5ª ordem e 1 de 6ª ordem.

- As bacias que ocupam maior área dentro da bacia do rio Araguaia são em ordem decrescente: de 3ª ordem ocupam uma área de 138900,19 km<sup>2</sup> (39%), as bacias de 2ª ordem ocupam uma área de 103685,74 km<sup>2</sup> (31%), as bacias de 4ª ordem ocupam uma área de 80222,77 km<sup>2</sup> (24%), as bacias de 5ª ordem ocupam uma área de 17145,14 km<sup>2</sup> (5%), as bacias de 1ª ordem ocupam uma área total de 3040,78 km<sup>2</sup> (0,9%) e a bacia de 6ª ordem ocupa uma área de 32,93 km<sup>2</sup> (0,017%).

## REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional das Águas). Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2008.

ARAÚJO, F. M. de.; FERREIRA jr., L. G.; SANO, E. E.; **Proporção de cobertura vegetal antrópica no bioma Cerrado conforme diferentes níveis de Ottobacia.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, INPE, p. 2277-2283. 2009.

FERREIRA, M. M.; ALVES, E. de O.; MENEZES, J. M. de, MACIEIRA, M. B.; SILVA, H. A. da. **Aplicação de SIG como instrumento de apoio para a tomada de decisões no processo de gestão compartilhada de bacias hidrográficas urbanas- O Caso do Igarapé**  
Revista Eletrônica Georaguaia. Barra do Garças-MT. v1, n.2, p 69 - 76. agosto/dezembro. 2011.

**Belmont - Porto Velho-RO.** Trabalho de PIBIC. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2004.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 de junho de 2009.

MAALOUF, W. D.; **Recursos humanos e desenvolvimento agrícola sustentando.** São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf. 2000. p. 47.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). Estados Unidos, 2010. Disponível em: <<http://www.asterweb.jpl.nasa.gov>>. Acesso em: 4 de julho de 2010.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology**, vol. 19, n. 3, 2005, p. 707-713.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna.** *Pasturas Tropicales*, 22 (3), 2002. p. 2-15.

Recebido para publicação em setembro de 2011

Aceito para publicação em outubro de 2011