

NIVELAMENTO DE ESTAÇÕES LINIMÉTRICAS DO RIO GUAPORÉ COM DADOS ALTIMÉTRICOS

Frank Menezes de Freitas^{1*}; *Joecila Santos da Silva*²; *Frédérique Seyler*³; *Stéphane Calmant*⁴

Resumo – A bacia amazônica possui diversas réguas linimétricas para os estudos de nivelamento do rio, porém essas réguas não são niveladas onde cada uma possui um referencial específico relativo a um zero local que não se relaciona aos valores medidos de outras réguas. Nesse estudo, apresentamos o nivelamento de 4 estações linimétricas ao longo do Rio Guaporé usando satélite altimétrico ENVISAT. Os dados do satélite, coletados entre 2002 e 2010, são gerados através dos seus traços que intercedem o rio formando uma Estação Virtual. O modelo utilizado assume uma inclinação linear ao longo de greve do rio entre as estações virtuais que suporte um determinado calibre, e uma variação anual sinusoidal desta inclinação.

Palavras-Chave – Altimetria, Estação Linimétrica, Rio Guaporé.

TOPPING RIVER STATION LINIMÉTRICAS GUAPORE WITH DATA ALTIMETRICO

Abstract – The Amazon basin has several rules for rules gauges leveling the river, but these rules are not leveled where each one has a specific benchmark on a zero location that is not related to the measured values of other rules. In this paper we present the leveling rules 4 stations along the Rio Guapore using ENVISAT satellite altimetry. Satellite data collected between 2002 and 2010, are generated through their traits that intercede the river forming a Virtual Station. The model assumes a linear slope along strike of the river between the virtual stations that support a certain caliber, and a sinusoidal annual variation of this slope.

Keywords – Altimetry, Station Linimétrica, River Guapore

1. INTRODUÇÃO

A bacia amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo, cobrindo cerca de 44% do território brasileiro e mais seis países sul-americanos. Devido a grande extensão territorial e difícil acesso, a carência e deficiência de dados hidrográficos fazem-se necessário o seu monitoramento e compreensão através de medidas de nível de água numa estação fluviométrica e também através da altimetria por satélite visto a importância da Bacia Amazônica para auxílio à navegação, alertas de cheias e afins. A altimetria espacial é uma técnica que permite o monitoramento dos cursos d'água via sensoriamento remoto. É uma tecnologia que, há mais de 25 anos, usa radares altímetros em plataformas orbitais que permitem o monitoramento dos oceanos e mais recentemente em águas continentais (CALMANT e SEYLER, 2006). Estas aplicações permitem construir longas séries temporais de níveis de água. Os produtos são um complemento importante, ou mesmo uma alternativa às medidas *in situ*, em especial nas regiões onde as redes de observações hidrológicas tradicionais são inexistentes ou os registros foram interrompidos. Segundo Melchior (2006) uma régua linimétrica é uma escala graduada esmaltada, que é fixada verticalmente na maioria das vezes

em colunas de madeira ou metálicas, ou mesmo pintada sobre uma superfície vertical, sendo utilizada para medir o nível d'água em lagos, rios e reservatórios. Grande parte das estações fluviométricas disponíveis apresentam referências arbitrárias, característica que limita a aplicação correta dos dados de níveis de água a estudos hidrológicos e hidrodinâmicos e, por conseguinte, a validação mais apropriada de dados oriundos da altimetria por satélites (Moreira, 2010). Segundo a NBR 13.133, o nivelamento de uma seção de réguas linimétricas objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. É importante fixar que o monitoramento dos rios através de dados linimétricos são fundamentais em casos de movimentos na crosta terrestre, pois a altimetria espacial não consegue detectar esses tipos de variações e as réguas linimétricas modificam-se de acordo com esses fenômenos. Neste contexto o objetivo deste trabalho é realizar o nivelamento de réguas linimétricas do rio Guaporé, para uma série temporal de 8 anos (2002-2010) empregando dados do satélite altimétrico ENVISAT (Ice-1), utilizando a metodologia de declividade nula.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1 Área de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o rio Guaporé que nasce na Chapada dos Parecis (MT), a 630 metros de altitude e desemboca no rio Mamoré (Bolívia). Na sua extensão de aproximadamente 1.400 km, sendo que 1.150 km são navegáveis a partir de Vila Bela da Santíssima Trindade. Possui uma vazão específica de aproximadamente 1.530 m³/s. Em todo seu percurso no estado de Rondônia, e uma pequena parte de Mato Grosso, forma fronteira do Brasil com a Bolívia. Atravessa uma região rica em biodiversidade e belezas naturais, constituindo uma zona de transição entre o Pantanal mato-grossense e a Amazônia. O rio Guaporé possui atualmente 6 réguas linimétricas fazendo seu monitoramento.

2.2 Dados

Os dados in situ analisados neste trabalho foram retirados do banco de dados com todas as informações coletadas pela rede hidrometeorológica HydroWeb da Agência Nacional de Águas – ANA para o período de 8 anos, 2002 até 2010.

Os dados altimétricos foram obtidos através do satélite ENVISAT (ENVIRONMENTAL SATellite), lançado em 2002 pela ESA, sendo o maior satélite de observação da Terra construído até o momento (Silva, 2010) e permite o estudo científico sobre questões ambientais como a variabilidade do nível dos rios. O ENVISAT estava posicionado sob a mesma órbita elíptica héliossíncrona do satélite ERS-2, com uma inclinação de 98,5°, a uma altitude média de 785 km, era constituído por 10 instrumentos, que permitia uma análise rigorosa da atmosfera, continentes e gelo do planeta (WEHR e ATTEMA, 2001 apud SOUSA, 2011). Os registros de dados geofísicos (Geophysical Data Records – GDRs) do satélite ENVISAT utilizando-se o algoritmo standard de tratamento de FO Ice-1 para uso no presente estudo, são processados e disponibilizados pelo Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère – CTOH do Laboratoire d'Études en Géophysique

et Océanographie Spatiales – LEGOS. Extraíram-se do CTOH 90 traços, entre as coordenadas geográficas 90°W a 40°W e 13°N a 21°S.

As estações virtuais constituem-se da interseção de traços de satélite altimétrico com a superfície reflexiva do plano de água, sendo potencialmente possível obter uma série temporal da altura do nível da água (Silva, 2010). Para aprimorar o processo de escolha dos dados que foram analisados, utilizou-se o software VALS – Virtual Altimetry Station (VALS, 2012 apud SOUSA, 2011) a fim de estimar o nível de água do referente rio. Assim, devem-se seguir alguns passos para o processamento destes dados como: definir uma área de estudo no Google Earth; eliminar as medidas indesejáveis selecionados aquelas que correspondem ao nível de água pelo VALS e; obter a série temporal de cotas proveniente das observações altimétricas (Sousa et al., 2011).

2.3 MÉTODO DE NIVELAMENTO DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS ATRAVÉS DO PROCEDIMENTO DE DECLIVIDADE NULA

Para o nivelamento das estações, foi utilizado o método de “nivelamento de declividade nula – null-slope”, onde foi realizada primeiramente a intercalação da série temporal da estação *in situ* entre as séries temporais altimétrica, a montante e a jusante, convertendo suas alturas em altitude. Após o nivelamento da estação *in situ*, nenhum ponto da série temporal altimétrica à montante, deverá ser mais baixo que um ponto da série temporal da estação *in situ*, na mesma data e da mesma forma, os pontos da série temporal à jusante não deverão apresentar cota superior àquelas da série temporal *in situ*, no mesmo dia (Silva, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1 – Estações *in situ*; coordenadas das estações virtuais (montante e jusante), longitude e latitude; distância em quilômetros; nível zero da régua em metros; e declividade em centímetros por quilometro.

Estação <i>in situ</i>	Estação Virtual Montante / Jusante (lon e lat)	Distância (km)	Nível zero da régua (m)	Declividade (cm/km)
Mato Grosso	-59,717 e -15,151	53,29	192.796 ± 0.015	21,6
	-59,965 e -15,003	3,11		
Pimenteiras	-60,438 e -13,936	145,36	161.792 ± 0.019	7,5
	-61,059 e -13,509	5,84		
Pedras Negras	-62,407 e -13,120	100,51	135.603 ± 0.058	6,5
	-63,043 e -12,754	28,49		
Príncipe da Beira	-64,410 e -12,449	2,92	120.806 ± 0.055	3,0
	-64,717 e -12,139	57,28		

Analisando a tabela 1, temos primeiramente a estação de Mato Grosso, com as estações à montante e à jusante a 53,29 e 3,11 km de distância, respectivamente. A figura 1 apresenta declividade média 21,6 cm/km entre as séries altimétricas e a interpolação do nível zero da régua de 192,796 m e erro de 0,015 m.

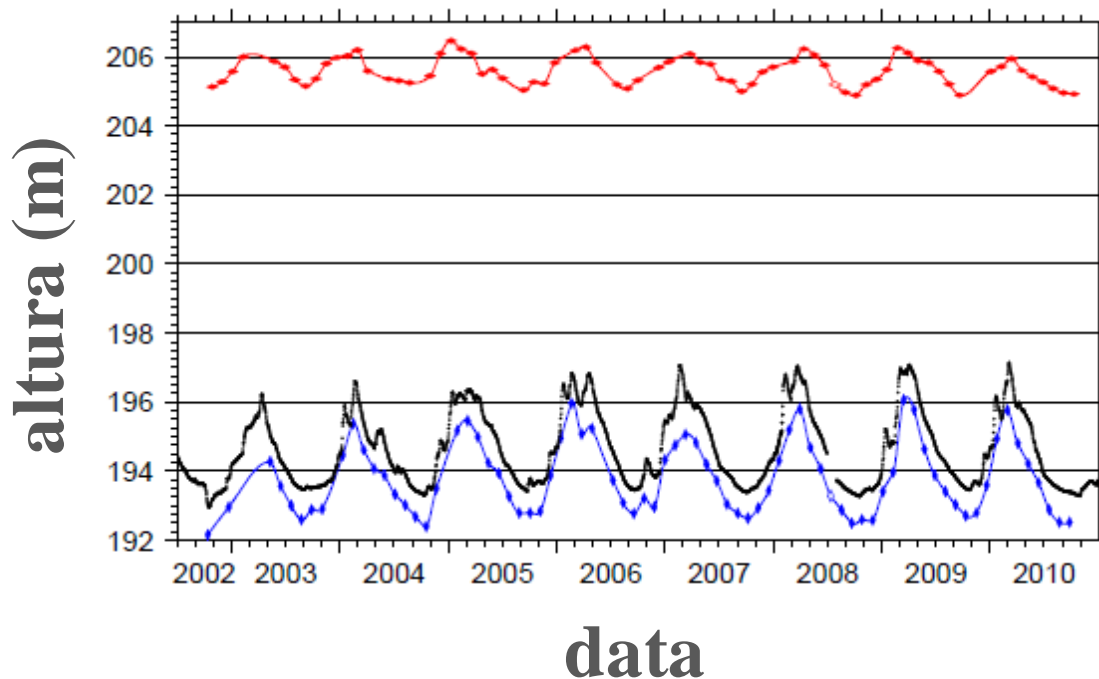


Figura 1. Nivelamento das estações de Mato Grosso com declividade nula para um período de oito anos (2002-2010). A linha vermelha, azul e preta corresponde respectivamente, a estação à montante, a estação à jusante e a estação *in situ*.

Avaliando a estação de Pimenteiras na tabela 1, possuias estações à montante e à jusante encontram-se a 145,36 e 5,84 km de distância, respectivamente. A figura 2 expõe uma declividade média de 7,5 cm/km entre as séries altimétricas e o nível zero da régua de 161,792 m e erro de 0,019 m.

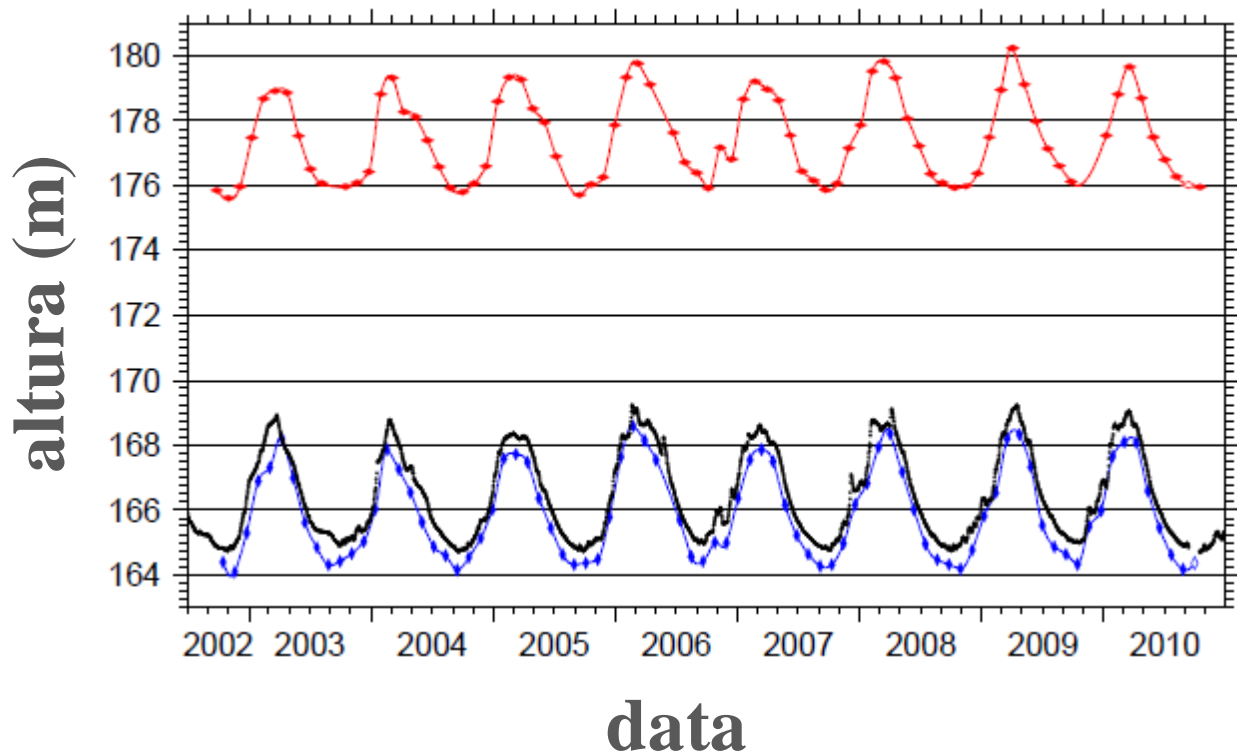


Figura 2. Nivelamento das estações de Pimenteiras com declividade nula para um período de oito anos (2002-2010). A linha vermelha, azul e preta corresponde respectivamente, a estação à montante, a estação à jusante e a estação *in situ*.

Considerando a estação de Pedras Negras na tabela 1, tendo 100,51 e 28,49 km de distância as estações à montante e à jusante, simultaneamente. A figura 3 apresenta declividade média 6,5 cm/km entre as séries altimétricas e o nível zero da régua de 135,603 m e erro de 0,058 m.

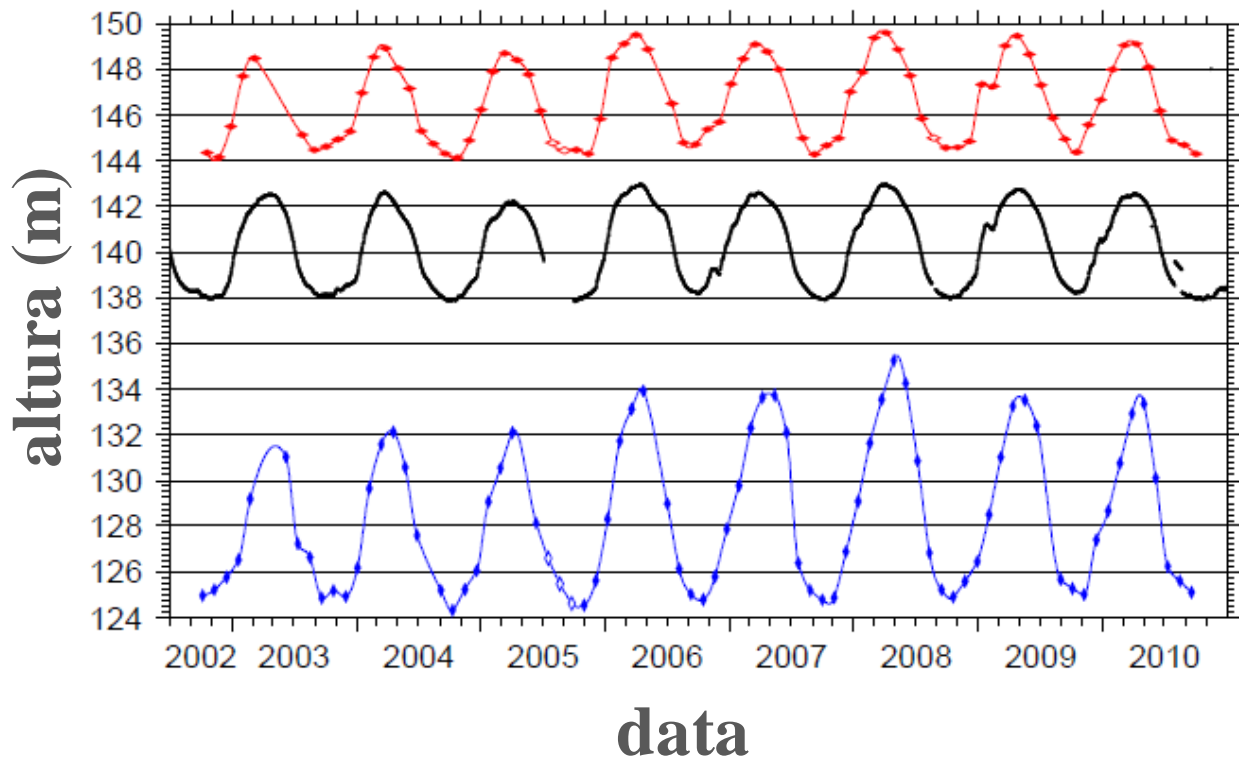


Figura 3. Nivelamento da estação de Pedras Negras com declividade nula para um período de oito anos (2002-2010). A linha azul, vermelha e preta corresponde respectivamente, a estação à montante, a estação à jusante e a estação *in situ*.

Na tabela 1, a estação de Príncipe da Beira, com as estações à montante e à jusante apresenta 2,92 e 57,28 km de distância, simultaneamente. A figura 4 exhibe declividade média 3,0 cm/km entre as séries altimétricas e o nível zero da régua de 120,806 m e erro de 0,055 m.

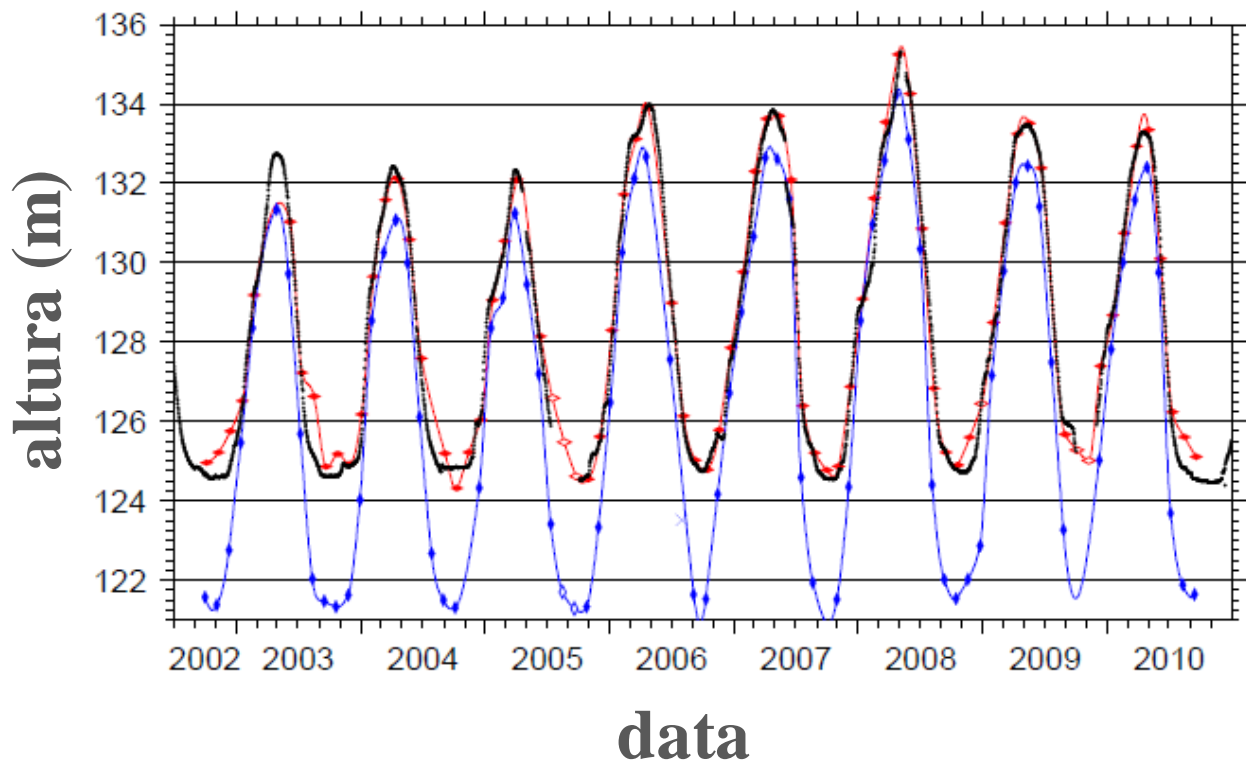


Figura 4. Nivelamento da estação de Príncipe da Beira com declividade nula para um período de oito anos (2002-2010). A linha vermelha, azul e preta corresponde respectivamente, a estação à montante, a estação à jusante e a estação *in situ*.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como seu principal objetivo o estabelecimento de nivelamento de declividade nula de estações limimétricas do rio Guaporé, utilizando 8 anos (2002-2010) dos dados do satélite altimétrico ENVISAT (Ice-1), para uma série temporal. Analisando os resultados alcançados e o nível mínimo do zero da régua dado verificado na tabela 1, pode se observar que nenhum dos pontos das estações está desobedecendo aos critérios da declividade nula. Este procedimento de nivelamento das estações *in situ* à uma referência global é de suma importância, pois ainda não há muito registros de estações *in situ* niveladas, sendo um forte método para adequar-se as estações fluviométricas da Rede Nacional de Hidrometeorologia.

5. AGRADECIMENTOS

Este estudo se insere nos projetos de pesquisa CASAM e HIDRAS (CNPq), DS BIODIVA e CLIVAR (FAPEAM), Dinâmica Fluvial do Sistema Solimões-Amazonas (CPRM) e FOAM (CNES/TOSCA). Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica cedida ao primeiro autor. A Agência Nacional de Águas - ANA, pelos dados das réguas. Ao Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère - CTOH do Laboratoire d'Études en Geophysique et Océanographie Spatiales - LEGOS, pelos Geophysical Data Records - GDRs e as correções troposféricas correspondentes e à European Space Agency- ESA pela garantia do uso dos dados da missão ENVISAT disponibilizados para o estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. A cheia de 2009 na região Amazônica monitorada pelo satélite altimétrico ENVISAT. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/RHAmazonica.pdf>>. Acesso em: 17 de novembro 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.133: Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

CALMANT, S.; SEYLER, F. Continental surface water from satellite altimetry. *Comptes Rendus Geosciences*. Paris, v. 338, n. 14-15, p. 1113-1122, 2006.

FREITAS, E. Bacia Amazônica. [S. l.]: Mundo Educação, 2012. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com.br/geografia/bacia-amazonica.htm>. Acesso em: 17 nov. 2012.

MELCHIOR, C. Comparativo de resultados de medição de vazão pelos métodos: convencional e acústico. Foz de Iguaçu (PR): UDC, 2006. Disponível em: <<http://www.udc.edu.br/monografia/Mono13.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2012

MOREIRA, D. M. Rede de referência altimétrica para avaliação da altimetria por satélites e estudos hidrológicos na região amazônica. 2010. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2010.

RÉGUA limnimétrica de alumínio. Rio de Janeiro: HIDROMEC, 2012. Disponível em: <http://www.hidromecc.com.br/hidrometria/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=120>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SILVA, J.S. Altimetria Espacial em Zonas Úmidas da Bacia Amazônica: Aplicações Hidrológicas. Saarbrücken (GE): Édition Universitaires Européennes, 2010. 350 p.

SOUSA, A. C. et al. Aplicações da altimetria espacial para monitoramento hidrológico da bacia do rio Javari. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011. Maceió. Anais... Porto Alegre (RS): ABRH, 2011. Disponível em:<

http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/9b1ca09d9a8d710aa356007Fad21abc5_f411e44c26f1fc17c8d557643a534309.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SOUSA JUNIOR, W. C. et al. A bacia do rio Purus: geografia, ocupação e socioeconomia. São Paulo: Índice Editorial, 2011.