



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



FACULDADE DE OCEANOGRAFIA



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANA CAROLINA LEMOS NOBRE

CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E SEDIMENTAR DA SUB-BACIA DE MELGAÇO – PARÁ

BELÉM – PARÁ

2014

ANA CAROLINA LEMOS NOBRE

CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E SEDIMENTAR DA SUB-BACIA DE MELGAÇO –
PARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Oceanografia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará, em
cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Dr. Marcelo Rollnic.

BELÉM – PARÁ

2014

ANA CAROLINA LEMOS NOBRE

CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E SEDIMENTAR DA SUB-BACIA DE MELGAÇO –
PARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Pará, em
cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Dr. Marcelo Rollnic.

Data de Defesa: ___/___/___

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Rollnic - Orientador
Doutor em Oceanografia, UFPE
Universidade Federal do Pará

Msc. Renan Peixoto Rosário
Mestre em Oceanografia Física, Química e Geológica, IO-FURG
Universidade Federal do Pará

Prof. Msc. Sury de Moura Monteiro
Mestre em Geologia Marinha, UFPA
Universidade Federal do Pará

Primeiramente a Deus, que me proporcionou
tudo que tenho na vida e aos meus pais,
por todos os seus ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois tudo que tenho na vida foi Ele quem me proporcionou. Sempre esteve presente nos melhores e piores momentos da minha vida e sempre me ajudou quando eu mais precisava.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, ao instituto de Geociências e a Faculdade de Oceanografia por todas as oportunidades que tive durante minha graduação. Em especial ao meu orientador Rollnic, o qual sempre preocupou-se com seus alunos, e aos meus companheiros de laboratório: Arthur, Renan, Yuri, Inaê, Fabíola, Maurício (que sempre aguentou minhas milhões de perguntas e sempre me ajudou com muita boa vontade), Leandro, Aldo e, logicamente, minha eterna companheira de tudo (festas, trabalhos, depressões, desesperos, etc.) Lorena Goersch, alguém que fiquei muito feliz de conhecer e que sempre vou levar no coração onde quer que esteja.

Também aos meus outros amigos que me acompanharam esse tempo: Mayara, Johnata, Rogério e todos os outros.

Agradeço a todos os professores do curso, os quais foram fundamentais na minha formação: Alessandro, Rollnic, Maik, Sury, Casseb, Maamar, Susye a todos os outros que não mencionei, mas que também foram muito importantes.

A equipe participante do Amazon 5, pelas conversas, conselhos, aprendizados e trabalhos.

As duas amigas que conheço desde sempre, Anndressa e Joelma. Duas pessoas de extrema importância e que sempre estiveram presentes nos bons e maus momentos da minha vida.

Aos meus familiares: melhor avô do mundo (Hilmar) e a minha avó (Carmem), Mateus, Carmem Lúcia, Luiza, Andréa, até mesmo Artur (que nasceu outro dia) e todos os demais.

Agradeço também à FINEP CT-HIDRO, a qual foi a financiadora das pesquisas realizadas para este trabalho.

Ao Héctor, que mesmo com toda a distância ainda consegue me apoiar de todas as formas. Obrigada por toda o auxílio que me destes quando estava fora e por todas as vezes que me ajudastes quando eu mais precisava (ainda que eu não fosse a pessoa mais carinhosa do mundo), sobretudo no momento mais difícil que já passei até hoje.

E, finalmente, aos meus pais, os quais foram responsáveis por tudo que sou e que tenho na vida. Muito obrigada por todos os ensinamentos e apoio nos momentos mais difíceis, conselhos, brigas... Muito obrigada por tudo Terezinha Lemos e Manoel Jorge.

“Ver na vida algum motivo

Pra sonhar

Ter um sonho todo azul

Azul da cor do mar”

- Tim Maia

RESUMO

A região amazônica é composta por uma série de densas e complexas redes de drenagem que são responsáveis pelo transporte de uma grande quantidade de água e sedimentos para o oceano Atlântico. Dentre estas redes de drenagem podemos citar a bacia de Portel/Melgaço, localizada no intermédio entre as bacias do rio Amazonas e Tocantins/Araguaia. Poucos estudos foram realizados nesta região, sobretudo aqueles relacionados à hidrodinâmica local. Desta forma, objetivo do presente trabalho é analisar a contribuição hídrica e sedimentar da bacia de Portel/Melgaço para a Baía do Marajó. Para tal, foram realizadas coletas na região de Melgaço (bacia Portel/Melgaço) em duas campanhas distintas: junho de 2013 e março de 2014, onde foram realizadas campanhas durante um ciclo de maré (13 horas) para medição de maré, turbidez, material particulado em suspensão (MPS), batimetria e balanço hídrico. A maré foi aferida através do auxílio de um sensor de pressão (*Datalogger*) fundeado no local de coleta. A turbidez foi aferida com um sensor OBS (*Optical Backscatter Sensor*) e o MPS foi medido através da filtragem de água (coletada com uma garrafa Van Dorn) pelo método gravimétrico; ambos através da realização de perfis verticais nas duas margens e meio do rio. O balanço hídrico foi medido através da realização de seções transversais com um perfilador de correntes (*ADCP*). O levantamento batimétrico foi feito com o auxílio de um ecobatímetro, perfazendo uma malha previamente estabelecida com espessamento de 200 metros entre cada perfil batimétrico. Na primeira campanha a altura de maré foi 0,66 metros e na segunda, 0,56 metros, o que representa uma variação de 0,10 metros entre as campanhas. O perfil batimétrico mostrou grande variação entre a margem esquerda (cidade de Melgaço-PARÁ), com média de 1 metro e a margem direita e meio do rio (onde localiza-se o canal principal), onde a máxima obtida foi de 27 metros. Na primeira campanha os valores de turbidez da margem direita e meio do rio foram maiores que os da margem esquerda. Neste período a média de turbidez foi de 24 FTU e 27 FTU, respectivamente para superfície e fundo; a média de vazante foi de 12 FTU e a de enchente, 10 FTU. O MPS nesta campanha apresentou maiores valores para o fundo e menores para a superfície, com média de 3 mg.L⁻¹ e 9 mg.L⁻¹ para superfície e fundo, respectivamente; as médias de vazante e enchente foram de 4 mg.L⁻¹ e 7 mg.L⁻¹, respectivamente. A análise do balanço hídrico mostrou que neste período de coleta houve a entrada de água para a bacia de Portel/Melgaço, com média para o ciclo de maré de -822 m³.s⁻¹. A velocidade longitudinal (\bar{u}) foi maior nesta campanha, com máximo valor de 0,4 m.s⁻¹. Na segunda campanha os valores de turbidez foram menores que na primeira, sendo a margem direita a que apresentou maiores valores. As médias de superfície e fundo foram, respectivamente, 5 FTU e 9 FTU, sendo as médias de vazante e enchente semelhantes (5 FTU). Os valores de MPS neste período foram maiores que na primeira campanha, sendo as médias para superfície e fundo de, respectivamente, de 5 mg.L⁻¹ e 12 mg.L⁻¹; para vazante e enchente as médias foram de 10 mg.L⁻¹ e 7 mg.L⁻¹. O balanço hídrico mostrou que nesta campanha houve a saída de água da baía, com média de 622 m³.s⁻¹. A velocidade longitudinal (\bar{u}) teve valor máximo de 0,3 m.s⁻¹, sendo menor se comparada à primeira campanha. Desta forma, a variação dos parâmetros analisados é influenciada, sobretudo, pela entrada e saída de água da baía, as quais podem ser provenientes tanto da bacia Portel/Melgaço, quanto da bacia do rio Amazonas.

Palavras chave: BALANÇO HÍDRICO. MELGAÇO. TURBIDEZ.

ABSTRACT

The Amazon region is composed of a series of dense and complex drainage networks that are responsible for transporting a large amount of water and sediment to the Atlantic Ocean. Among these drainage networks can cite the Portel / Melgaço basin, located in the intermediate between the Amazon and Tocantins/Araguaia basins. A few studies have been conducted in this region, especially those related to local hydrodynamics. Thus, the objective of this work is to analyze the water and sedimentary contribution of the Portel/Melgaço basin to the Marajó Bay. With this proposal, collections were made in the region of Melgaço (Portel/Melgaço basin) in two separate campaigns: June 2013 and March 2014, where campaigns were conducted over a tidal cycle (13 hours) for measuring tide, turbidity, suspended particulate matter (SPM), bathymetry profile and water balance. The tide was measured with a pressure sensor (*Datalogger*) anchored in the collection site. Turbidity was measured with an OBS (*Optical Backscatter Sensor*) and the MPS sensor was measured by filtering water (collected with a Van Dorn bottle) by gravimetric method; both by performing vertical profiles through the two margins and the middle of the river. The water balance was measured by the realization of cross-sections from one margin to other with a current profiler (ADCP). The bathymetric profiles were done with the aid of an echo sounder, making a mesh previously established with 200 meters of distance between each bathymetric profile. In the first campaign the tide height was 0.66 meters and in the second, 0.56 meters, which is a variation of 0.10 meters between the campaigns. The bathymetric profile showed great variation between the left margin (city Melgaço-PARA), with an average of 1 meter, and the right margin and middle of the river (where is located the main channel), where the maximum obtained was 27 meters. In the first campaign the turbidity values of the right margin and middle of the river were higher than those of the left margin. In this period the average turbidity was 24 FTU and 27 FTU, respectively for surface and bottom; the average of ebb tide was 12 FTU and 10 FTU for the flood. The MPS in this campaign were higher in the bottom and lower in the surface, with an average of 3 mg.L⁻¹ and 9 mg.L⁻¹ for surface and bottom, respectively; the ebb and flow average were 4 mg.L⁻¹ and 7 mg.L⁻¹, respectively. The water balance analysis showed that in this collection period occurred the entry of water into the Portel/Melgaço basin, with the mean for the tidal cycle of -822 m³.s⁻¹. The longitudinal velocity (\bar{u}) was higher in this campaign, with a maximum value of 0.4 m.s⁻¹. In the second campaign the turbidity values were lower than in the first, with the right margin presenting the highest values. The average for surface and bottom were, respectively, 5 FTU and 9 FTU and the means of ebb and flood tide were similar (5 FTU). The values of MPS in this period were higher than in the first campaign. The averages for surface and bottom were, respectively, 5 mg.L⁻¹ and 12 mg.L⁻¹; the ebb and flood tide averages were 10 mg.L⁻¹, 7 mg.L⁻¹. The water balance showed that in this campaign occurred the water output of the basin, with an average of 622 m³.s⁻¹. The longitudinal velocity (\bar{u}) had maximum value of 0.3 m.s⁻¹, being lower compared to the first campaign. Thus, the variation of parameters analyzed is mainly influenced by the inflow and outflow of water from the basin, which can be derived from Portel/Melgaço basin or from the Amazon basin.

Keywords: WATER BALANCE. MELGAÇO. TURBIDITY.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caracterização das regiões costeiras segundo a altura da maré. Fonte: DAVIES (1964).	17
Figura 2 - Fases das marés de acordo com as respectivas fases lunares. Fonte: SANTOS (2013).	18
Figura 3 - Mapa de localização da área em estudo. Fonte: do autor	21
Figura 4 - Bacia Hidrográfica do Amazonas. Fonte: ANA (2006).....	22
Figura 5 - Bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia. Fonte: ANA (2006).....	23
Figura 6 - Normal climatológica e chuva acumulada mensal para a cidade de Breves: (A) junho de 2013 – transição entre as estações chuvosa e seca; (B) julho de 2013 – período seco; (C) março de 2014 – período chuvoso. Fonte: INMET (2014).	25
Figura 7 - Geologia da área, exemplificando as principais bacias sedimentares e o período geológico das mesmas. Adaptado de: ROSSETTI e VALERIANO (2007).	27
Figura 8 - Mapa dos tipos de vegetações brasileiras. Adaptado de: IBGE (2012).....	28
Figura 9 - Ilustração do ecobatímetro utilizado na realização dos perfis batimétricos. Fonte: www.navalis.se	31
Figura 10 - Configuração utilizada na coleta de dados com o perfilador de correntes (ADCP), onde está representado o modelo do aparelho utilizado. Fonte: PRESTES (2013).	32
Figura 11 - Método de funcionamento do ADCP. Fonte: SIMPSON (2001).	32
Figura 12 - (A) Microfiltros de fibra de vidro; (B) Balança analítica; (C) Garrafa Van Dorn.	34
Figura 13 - Variação de um ciclo de maré para a região de Melgaço- 23 de junho de 2013. Fonte: do autor.....	36
Figura 14 - Variação de um ciclo de maré para a região de Melgaço- 28 de março de 2014. Fonte: do autor.....	36
Figura 15 - Variação da caracterização das marés segundo a amplitude para a zona costeira brasileira. Em destaque em vermelho a localização da área em estudo. Adaptado de: SANTOS (2013).	38
Figura 16 - Batimetria da região de Melgaço. Fonte: do autor.	39
Figura 17 - Descarga hídrica para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013 – período de transição. Valores positivos denotam a exportação de água e negativos, importação. Fonte: do autor.....	41
Figura 18 – Variação da velocidade longitudinal (\bar{u}) para o primeiro período de coleta (23 de junho de 2013): (A) Em relação a maré; (B) Em relação a descarga. Fonte: do autor.....	42

Figura 19 - Descarga hídrica para o segundo período de coleta – 28 de março de 2014 – período chuvoso. Valores positivos denotam a exportação de água da baía de Portel/Melgaço e valores negativos, a importação. Fonte: do autor.	44
Figura 20 – Variação da velocidade longitudinal (\bar{u}) para o segundo período de coleta (28 de março de 2014): (A) Em relação a maré; (B) Em relação a descarga. Fonte: do autor.....	45
Figura 21 - Variação da turbidez (FTU) para o mês de junho de 2013: (A) Variação da maré (B) Margem direita; (C) Meio; (D) Margem esquerda. Fonte: do autor.	49
Figura 22 - Variação da turbidez para o mês de março de 2014: (A) Variação da maré; (B) Margem direita; (C) Meio; (D) Margem esquerda. Fonte: do autor.....	52
Figura 23 - Material particulado em suspensão para o primeiro período de coleta - 23 de junho de 2013: (A) Margem direita; (B) Meio do rio; (C) Margem esquerda. Fonte: do autor.....	54
Figura 24 - Material particulado em suspensão para o segundo período de coleta – 28 de março de 2014: (A) Margem direita; (B) Meio; (C) Margem esquerda. Fonte: do autor.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos <i>transects</i> realizados como ADCP. Fonte: do autor.	33
Tabela 2 – Detalhamento de cada <i>transect</i> realizado para a primeira campanha – 23 de junho de 2013. Fonte: do autor.	43
Tabela 3 - Detalhamento de cada <i>transect</i> realizado para a segunda campanha – 28 de março de 2014. Fonte: do autor.	46
Tabela 4 - Tabela com a variação dos valores de turbidez (FTU) entre superfície e fundo e margens e meio do rio, para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013: MD: margem direita; Meio: canal do rio; ME: Margem esquerda. Fonte: do autor.	47
Tabela 5 - Tabela com a variação dos valores de turbidez (FTU) entre superfície e fundo e margens e meio do rio, para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013: MD: margem direita; Meio: canal do rio; ME: Margem esquerda. Fonte: do autor.	50
Tabela 6 - Valores de turbidez para os dois estágios de maré para os períodos de transição (junho de 2013) e chuvoso (março de 2014). Fonte: do autor.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA.....	14
3 OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GERAL.....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4 REVISAO TEÓRICA	17
4.1 MARÉ.....	17
4.2 TURBIDEZ E MPS	19
4.3 BALANÇO HÍDRICO	19
5 ÁREA DE ESTUDO	21
5.1 LOCALIZAÇÃO.....	21
5.2 DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS	23
5.3 GEOLOGIA DA ÁREA.....	26
5.4 VEGETAÇÃO.....	27
5.5 HIDROLOGIA	29
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
6.1 BATIMETRIA	30
6.2 BALANÇO HÍDRICO	31
6.3 MPS E TURBIDEZ.....	33
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7.1 MARÉ.....	35
7.2 BATIMETRIA	38
7.3 BALANÇO HÍDRICO	40
7.4 TURBIDEZ	47
7.5 MPS	53
8 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	59

1INTRODUÇÃO

A região Amazônica é composta por uma série de densas e complexas redes fluviais, as quais possuem grande importância, tanto no âmbito econômico, como no ecológico e social. Segundo um boletim climático produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013) possui área de aproximadamente 6,3 milhões de quilômetros quadrados, compreendendo vários outros países, como Bolívia, Peru, Equador e Colômbia. Dentro do território nacional, a bacia amazônica ocupa cerca de 5 milhões de quilômetros quadrados, abrangendo os estados do Amazonas, Pará, Amapá, Rondônia, Roraima, Acre e parte do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão. Esta região é responsável por um grande fluxo de água e sedimentos, tanto para outras bacias, quanto para o oceano adjacente. É um território caracterizado por um conjunto geomorfológico e hidrológico próprio, o qual origina ambientes únicos desta região.

Devido a grande diversidade ecológica das complexas redes fluviais, estas são fonte de renda para grande parte das populações locais através da pesca e atividades extrativistas. Atuam também, como umas das principais vias de locomoção na região amazônica, além de abrigar portos de grande importância, como o Porto de Vila do Conde (localizado no município de Barcarena), porto de Santarém, porto de Belém, entre outros. Em função de sua grande importância ambiental e socioeconômica, vem sendo alvo de inúmeros estudos abordando as mais variadas áreas.

As principais bacias componentes desta região são as bacias do rio Amazonas e Tocantins-Araguaia, as quais, além de exercer influência separadamente sobre a hidrodinâmica local, também realizam troca de água, sedimento e outros materiais. O estuário Amazônico é formado basicamente pela descarga de dois grandes rios: o Amazonas e o Tocantins, os quais são parcialmente separados pela ilha de Marajó (BARTHEM; SCHWASSMANN, 1994).

O rio Amazonas é o maior sistema fluvial do mundo, contribuindo anualmente com cerca de $6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ para o oceano Atlântico (MULLER-KARGER, 1988), o que representa uma bacia de drenagem de aproximadamente $4.168.746 \text{ Km}^2$ (BARTHEM; SCHWASSMANN, 1994). O rio Tocantins, por sua vez, apresenta uma bacia de drenagem com área de cerca de $0.7 \times 10^2 \text{ Km}^2$, da qual pode ser calculada um fluxo de descarga anual de aproximadamente $15.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, contribuindo com cerca de 80% no total de água doce introduzida na região estuarina compreendida na bacia de Marajó, a qual é considerada muitas

vezes como o braço direito do rio Amazonas (SCHWASSMANN; BARTHEM; CARVALHO, 1989).

O fluxo proveniente do rio Amazonas é dirigido às bacias adjacentes, como à bacia do Marajó através de vários canais e furos, nomeados estreitos de Breves (BARTHEM; SCHWASSMANN, 1994). A baía do Marajó é formada pela descarga de dois rios: o rio Pará e rio Tocantins; o rio Pará não possui nascente, sendo formado basicamente pela descarga do rio Tocantins, e outros tributários que deságuam nessa região, como o rio Guamá, Acará, Arari, Aruá e outros; além do fluxo proveniente da bacia do rio Amazonas e da bacia de Portel/Melgaço, sendo esta última constituída pelos rios Camaraipi, Anapú e Pacajá.

No intermédio entre a bacia do rio Amazonas e a bacia do Marajó, encontra-se a bacia de Portel/Melgaço, a qual pode ser caracterizada por uma região de transição por receber águas direcionadas à bacia de Marajó e por provavelmente também exportar água e sedimento para outras regiões (como para a Baía do Marajó). Esta bacia é classificada como a segunda maior do país em área e vazão (abaixo apenas da bacia do rio Amazonas) com aproximadamente 918.822 km² (11% do território nacional), os quais apresentam vazão média de 13.799 m³/s (PLANO ESTRATÉGICOS de RECURSOS HÍDRICOS das BACIAS HIDROGRÁFICAS dos RIOS TOCANTINS e ARAGUAIA, 2009). Desta forma, subentende-se que possa haver uma troca de fluxo hídrico e sedimentar envolvendo as bacias do Amazonas e Portel/Melgaço e a Baía do Marajó, onde a bacia em estudo pode atuar como importadora de águas da bacia amazônica ou exportadora de águas para a Baía do Marajó, hipóteses as quais serão tratadas neste trabalho. Um dos principais resultados a serem analisados será a provável importação/exportação de água pela sub-bacia de Melgaço.

O objetivo do presente trabalho é analisar a provável contribuição hídrica e sedimentar da bacia de Portel/Melgaço para a baía de Marajó.

2 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

Além de comportar um dos maiores índices de biodiversidade do mundo (ROSSETTI, 2007), o sistema amazônico tem sido alvo de grandes estudos de todos os âmbitos (climáticos, geológicos, biológicos, entre outros), tendo em vista a preservação e conservação dos recursos presentes nesta região.

Além de apresentar um importante aspecto ecológico, a região amazônica possui grande importância econômica ligada a sua hidrografia. O sistema hidrográfico brasileiro possui 13% das águas superficiais do planeta, dos quais 74% localizam-se na Amazônia (ANA – Agência Nacional de Águas, 2013). Essa ampla disponibilidade de água favorece um crescente investimento nos setores de transporte fluvial regional e nacional, tornando esta questão um importante alvo para o conhecimento da hidrodinâmica da região (COSTA, 2013).

Toda a rede de drenagem originada da grande vazão dos rios amazônicos proporciona uma grande exportação de água e sedimentos. Dentre os principais rios que influenciam nesta dinâmica, podemos citar o rio Amazonas, rio Pará e o rio Tocantins. O rio Amazonas, por exemplo, é responsável por cerca de 80% do depósito de partículas sedimentares na zona equatorial do Oceano Atlântico (transporte de aproximadamente $1,2 \cdot 10^9$ toneladas de sedimentos derivados dos Andes) (LARA et al., 1997), enquanto que o rio Tocantins, um dos principais contribuintes para o rio Pará, exporta (na altura de Tucuruí) uma carga sedimentar equivalente a 18 milhões de toneladas por ano (COSTA, 2013).

Neste contexto, foi realizado uma revisão bibliográfica que pudesse incorporar trabalhos realizados no estuário amazônico como um todo, buscando enfatizar as áreas geológica e física da região (sobretudo aqueles trabalhos direcionados aos rios Amazonas e Pará e rios entorno à área de estudo).

A bacia de Melgaço, área em estudo, atualmente não apresenta trabalhos específicos na área de oceanografia física ou geológica, contudo, Vanda et. al. (2011), Cunha, Ruivo e Costa (2005), Praxedes (2005), Montag et. al. (2008) e Silva e Rosário (2008) realizaram trabalhos de cunho biológico na região de Caxuanã, adjacente à Melgaço. Mesquita et. al. (2012) estudou processos meteorológicos de micro e meso-escala através de simulação de alta resolução, também na cidade de Caxuanã.

No âmbito geológico, Rossetti et. al. (2007) estudaram a geomorfologia e sedimentologia de um grande paleocanal quaternário no sudoeste da ilha de Marajó, Corrêa (2005) estudou a aplicação do diagrama de Perjrup na interpretação da sedimentação e da

dinâmica do estuário da baía de Marajó-PA; Nittrouwer e DeMaster (1986) estudaram os processos de sedimentação na plataforma continental do Amazonas; Pereira, Lima e El-Robrini (2006), caracterizaram os aspectos químicos e geoquímicos matéria orgânica de sedimentos em suspensão na foz do rio Amazonas; Mead et al. (1979), analisaram a carga sedimentar do rio Amazonas; Mantelli e Rossetti (2009), caracterizaram o significado tectônico de lineamentos de drenagem no sudoeste da Ilha de Marajó.

No âmbito hidrodinâmico, Paiva (2012), caracterizou a hidrologia da bacia amazônica (compreensão e previsão com base em modelagem hidrológica-hidrodinâmica e sensoriamento remoto; Rollnic e Rosário (2013), estudaram a propagação da maré em cursos de maré do estuário do rio Pará; Bezerra et al. (2013), analisaram processos estuarinos de macro-maré em estuários amazônicos (estudo da hidrodinâmica e hidrometeorologia na Baía de Marajó); Muller-Karger (1988), estudaram a dispersão da água amazônica; Minster, Genco e Brossier (1995), analisaram a variação do nível do mar no estuário amazônico; Barros et al. (2011), analisaram o padrão do fluxo de água da Baía de Guajará; Costa (2013) estudou o aporte hídrico e de material particulado para a Baía do Marajó; Prestes (2013) analisou o transporte de volume na zona limite da camada de mistura no rio Pará; Andrade (2013) estudou a variação da turbidez e material particulado entorno da Ilha de Marajó.

Desta forma, este trabalho foi realizado com a justificativa de contribuir para o melhor entendimento e conhecimento da dinâmica hídrica e sedimentar da região em estudo, dada a ausência de estudos deste tipo e a grande importância desta região em âmbito econômico, social e ambiental. Assim, por ser um estudo pioneiro na área, este poderá servir como subsídio para a ampliação de pesquisas na região, tanto na área de estudo, como em outras áreas

3OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisara contribuição da sub-bacia de Melgaço (bacia de Portel/Melgaço para a Baía do Marajó, em função dos aspectos físico-hidrológicos e sedimentares da região.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamentobatimétrico da sub-bacia de Melgaço;
- Analisar o padrão de um ciclo de maré da área para ambos os períodos de coleta (período de transição entre estação chuvosa e seca e estação chuvosa).
- Determinar a variação espacial (ao longo da seção transversal ao rio), temporal (em função de um ciclo de maré) e sazonal(período de transição entre as estações chuvosa e seca e estação chuvosa) da turbidez em função da maré;
- Medir a variação espacial (ao longo da seção transversal ao rio), temporal (em função de um ciclo de maré) e sazonal (período de transição entre as estações chuvosa e seca e estação chuvosa)do MPS;
- Determinar a contribuição hídricatemporal (em função de um ciclo de maré) e sazonal (período de transição entre as estações chuvosa e seca e estação chuvosa) proveniente da sub-bacia de Melgaço para para um ciclo de maré (13 horas).

4 REVISÃO TEÓRICA

4.1 MARÉ

Há anos sabe-se a relação entre a influência da lua e a subida dos mares, ocasionando as chamadas marés. Desde antes de Cristo, por volta de 100 a. C., o cientista naturalista Plínio já descrevia esta relação, contudo, apenas após a formulação da lei da gravidade pelo cientista Isaac Newton, foi possível descrever e entender as leis físicas deste processo. Atualmente sabe-se que a subida dos mares ocorre devido à influência gravitacional conjunta entre lua e sol, a qual provoca um fluxo e refluxo das águas, estando qualquer corpo d'água sujeita a esta força.

As maiores ondas oceânicas estão associadas às marés, sendo estas caracterizadas pela subida e descida rítmica das águas durante o período de aproximadamente 24 (marés diurnas) ou 12 horas (marés semi-diurnas), sendo produto da atração gravitacional entre a lua (e o sol em menor proporção) e a Terra. É um fenômeno notado, sobretudo, em águas rasas, sendo caracterizada a maré como uma onda de água rasa (BUTTERWORTH e HEINEMANN, 1999).

Pugh (1996), descreveu a maré como movimentos periódicos os quais estão diretamente relacionados, em amplitude e fase, a alguma força geofísica periódica, onde a principal forçante é a variação do campo gravitacional na Terra causada pelo movimento regular dos sistemas lua-Terra e Terra-sol.

De acordo com Davies (1964) as áreas costeiras, ou mesmo regiões interioranas afastadas da costa, mas que ainda apresentam influência da maré, podem ser caracterizadas, a altura máxima da maré em micro, meso, macro e hipermarés, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Caracterização das regiões costeiras segundo a altura da maré.

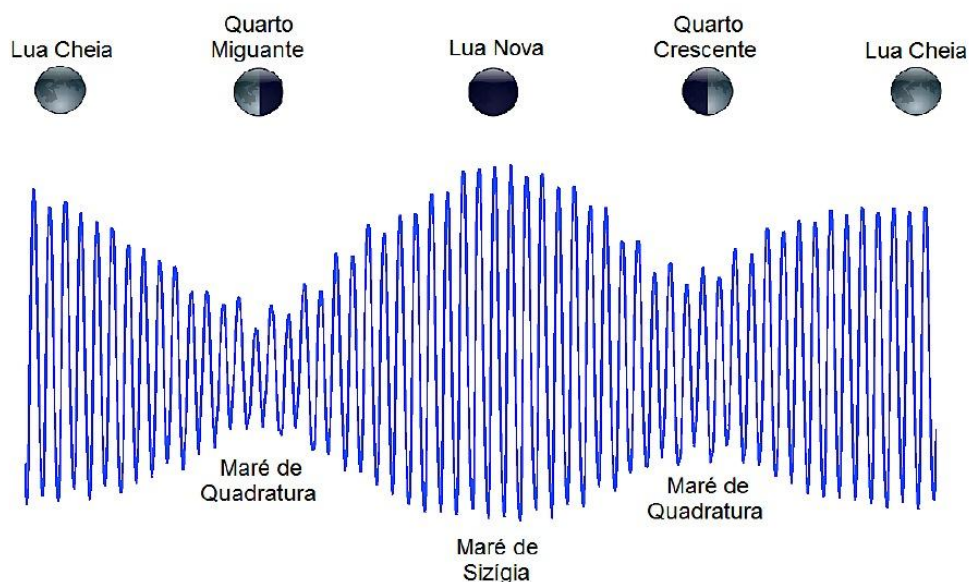
Tipo	Altura Máxima
Micromaré	$H_{\text{máx}} < 2 \text{ m}$
Mesomaré	$2 < H_{\text{máx}} < 4 \text{ m}$
Macromaré	$4 < H_{\text{máx}} < 6 \text{ m}$
Hipermaré	$H_{\text{máx}} > 6 \text{ m}$

Fonte: Davies (1964).

A variação do nível da água é chamada de enchente, quando relacionada a subida das águas, e vazante, quando relativa a sua descida; o nível mais baixo de uma maré chamado de baixa-mar, enquanto que o mais alto, de preamar.

Essa variação também está relacionada ao alinhamento entre lua, sol e Terra, onde durante um evento de lua nova ou lua cheia (quando Terra, sol e lua estão alinhados) temos as maiores preamares e menores baixa-mares, as quais são chamadas de marés de sizígia (Figura 2). Por outro lado, na passagem da lua crescente ou minguante (quando há a formação de um ângulo reto entre os três astros) há uma menor oscilação do nível d'água em relação à média, ao que se denomina de marés de quadratura (GARRISON, 2010).

Figura 2 - Fases das marés de acordo com as respectivas fases lunares.



Fonte: SANTOS (2013).

A partir dos movimentos de enchente e vazante são produzidas as correntes de maré, as quais aumentam à medida que a onda de maré introduzida em águas rasas. Em canais restritos, como estuários, as correntes de maré fluem em uma direção durante metade do ciclo de maré e na direção oposta durante a outra metade do ciclo. Por outro lado, em grandes bacias, estuários de grande escala e em oceano aberto as correntes de maré tendem a estar em constante mudança de direção devido à influência da força de Coriolis (BUTTERWORTH e HEINEMANN, 1999).

4.2 TURBIDEZ E MPS

De acordo com Calazans (2011), a turbidez das águas pode ser definida como o grau de atenuação que um feixe luminoso sofre ao atravessar a coluna d'água. Este processo de atenuação é efeito da absorção e espalhamento da luz por partículas presentes na água, como partículas inorgânicas, orgânicas, microorganismos, entre outros. Grandes concentrações de matérias em águas rasas, como lagos e baías, podem interferir na fotossíntese levando à uma baixa taxa de produtividade local.

A turbidez pode ser medida em duas unidades de acordo com o instrumento utilizado para as medições e com ambiente no qual se está trabalhando. Em sistemas aquáticos onde a concentração de materiais na água é pequena

O MPS de sistemas aquáticos pode ser composto por um conjunto de materiais de origem orgânica (fito e zooplâncton, restos de animais, etc.) e inorgânica (silte, argila, restos inorgânicos, etc.), os quais exercem grande influência na composição química das águas fluviais, estuarinas e marinhas (O'MELLIA, 1980). Sua concentração na água depende da hidrodinâmica local, composição do fundo e margens, fatores meteorológicos, entre outros (CALAZANS, 2011).

4.3 BALANÇO HÍDRICO

Os sistemas fluviais são termos designados à um conjunto integrado de cursos d'água que originam bacias de drenagem (ou bacias hidrográficas). Estas bacias são limitadas e separadas de outras por elevações do terreno onde se encontram, chamadas de divisores de águas. As regiões adjacentes à estas bacias contribuem com um fluxo de água (vazão) e sedimentos para o curso fluvial principal e seus afluentes. Uma das principais características estudadas das bacias de drenagem é o sua descarga ou vazão fluvial. A vazão fluvial pode ser definida como a quantidade de água que atravessa uma seção de um rio por determinado período de tempo, sendo influenciada pela profundidade, largura e velocidade do fluxo de água, taxa de precipitação local e regional e assimetria das marés, sendo normalmente expressa em m^3/s . A vazão fluvial aumenta da montante para a jusante, podendo, contudo, ser verificado em alguns casos maior fluxo na jusante, fato que pode ser explicado pela dinâmica de transferência de água entre os canais principais e as planícies fluviais (CARVALHO, 2008).

Como já foi mencionado, a vazão fluvial depende da taxa de precipitação local e regional. Desta forma, durante os meses de maior precipitação (janeiro a junho), espera-se um aporte fluvial maior, devido a influência das chuvas. Por outro lado, durante os meses de estiagem, a vazão fluvial é reduzida devido o menor aporte pluvial. Em alguns casos pode-se identificar menor aporte de água durante o período seco ou de transição, devido a dinâmica da distribuição de água na bacia de drenagem (CARVALHO, 2008).

Outro fator interferente na descarga é a simetria/assimetria das marés e a duração dos estágios de maré. Em certas localidades a entrada e saída das marés em um certo corpo d'água pode dar-se de forma distinta, onde o tempo de enchente pode ser maior que o de vazante, ou vice-versa. Desta forma há maior entrada de água durante o estágio de maré de maior duração. Estes tipos de marés são classificadas como marés assimétricas. Por outro lado, as fases de maré podem apresentar tempos de duração iguais, onde entre a vazante e a enchente não existe grande diferença em relação ao seu tempo de duração; à estas denominam-se marés ssimétricas.A região em estudo apresenta marés simétricas e semi-diurnas (como mostrado no item 7.1), onde o período de vazante foi aproximadamente igual ao de enchente.

A classificação das águas amazônicas é um fator que deve ser ponderado quando se estuda a influência da hidrodinâmica sobre outros parâmetros hidrológicos, como turbidez e MPS. Segundo a classificação de Sioli, apud Silva et al. (1950), as águas amazônicas podem ser classificadas em três tipos: águas claras, águas pretas e águas brancas. As águas pretas, características da região em estudo, são caracterizadas por coloração escura devido a presença de material orgânico solúvel de coloração marrom ou avermelhada (ácidos húmicos e fúlvicos) produzidos pela decomposição das florestas adjacentes ao serem inundadas em certo período do ano (SIOLI, apud HORBE e OLIVEIRA, 2008).

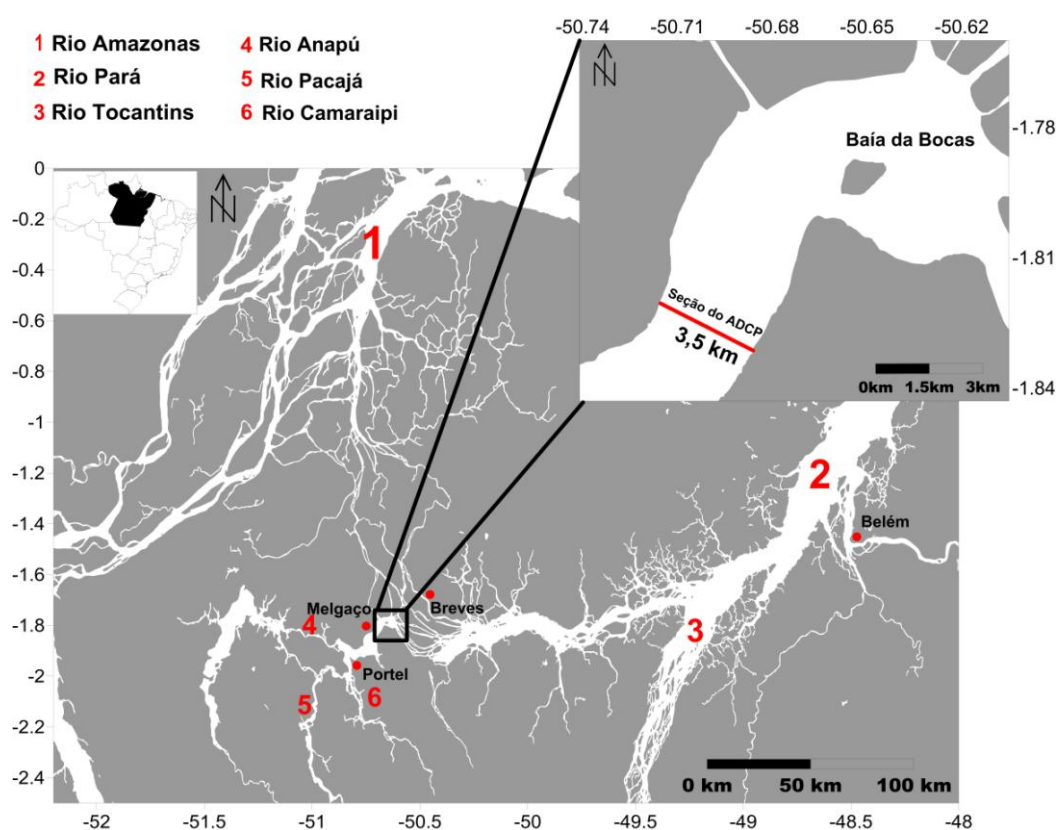
Desta forma, o balanço hídrico pode ser descrito como a relação entre o aporte de água que sai e que entra de uma certa região. No caso, o balanço entre o aporte direcionado à Ilha do Marajó e o aporte direcionada à Bacia de Portel/Melgaço.

5 ÁREA DE ESTUDO

5.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo em questão está localizada na porção norte do estado do Pará, ao sudoeste da ilha de Marajó, entre as coordenadas $50^{\circ}71' \text{ O}$ e $1^{\circ}83' \text{ S}$ (Figura 3). É limitada ao norte pela ilha de Marajó, ao sul pela baía de Portel (a qual recebe contribuição dos rios Camaraipi, Anapú e Acuti Pereira), a esquerda pelos chamados estreitos de Breves (os quais recebem água diretamente do rio Amazonas direcionadas à bacia do rio Pará) e a direita pela continuação dos estreitos de Breves, os quais direcionam-se à bacia do rio Pará.

Figura 3 - Mapa de localização da área em estudo.



Fonte: do autor

Segundo a Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 2012), o Brasil possui 12 regiões hidrográficas caracterizadas de acordo com a área de drenagem dos seus cursos d'água e aspectos geofisiográficos, como geomorfologia, geologia, hidrografia, solos e fatores climáticos. Melgaço está inserida na região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, a qual é constituída pela bacia de drenagem do rio Tocantins até sua foz, no Oceano Atlântico.

No âmbito do estado do Pará, é possível estabelecer-se 7 macro-regiões hidrográficas, das quais a macro-região de Portel-Marajó é na qual a área de estudo está inserida. Com 109.863,79 Km² de extensão, é composta pelas bacias dos rios Anapú, Pacajá, pela bacia oriental e ocidental do Marajó e uma série de drenagens principais, como dos rio Jacaré-Parú Grande, Anajás, Curió, Pracurí, entre outros. A macro-região de Portel/Marajó engloba os municípios de Breves, Anapú, Portel, Pacajá, Novo Repartimento, Chaves, Salvaterra, Cachoeira do Ararí, entre outros, sendo formada basicamente por 4 sub-regiões hidrográficas (Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará, 2012):

- Sub-região hidrográfica Calha Amazônica;
- Sub-região hidrográfica Marajó Ocidental;
- Sub-região hidrográfica Marajó Oriental;
- Sub-região hidrográfica Rio Pará;
- Sub-região hidrográfica Baía de Caxuanã.

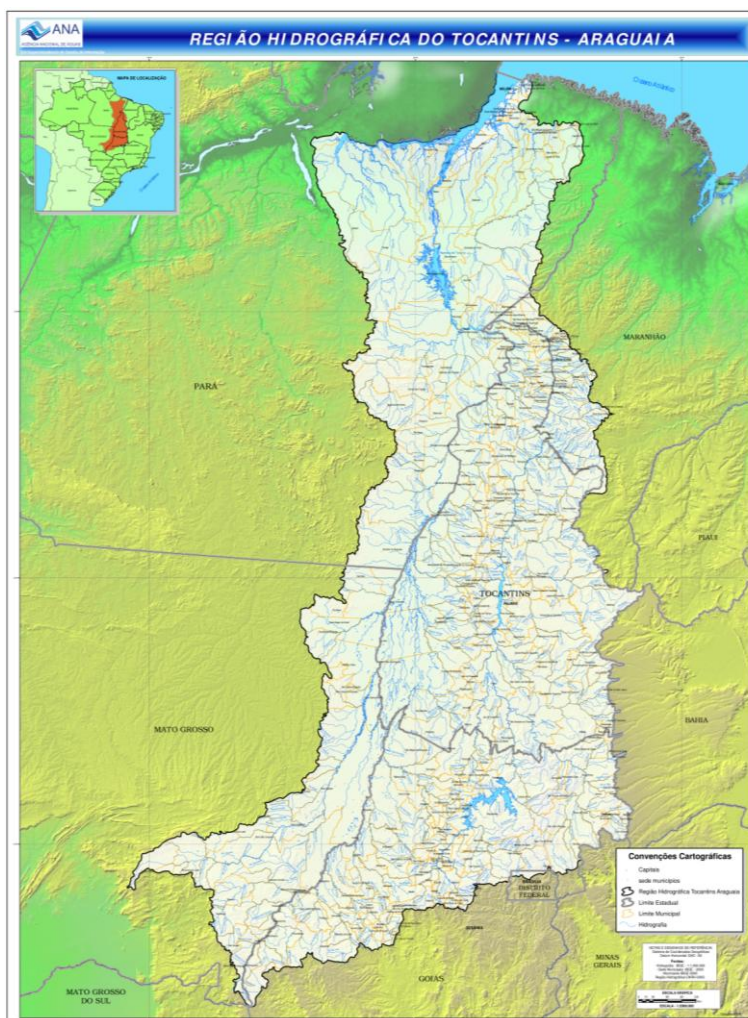
As figuras 4 e 5 apresentam as bacias dos rios Amazonas e Tocantins.

Figura 4 - Bacia hidrográfica do rio Amazonas.



Fonte: ANA, 2006.

Figura 5 - Bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia.



Fonte: ANA, 2006.

Por sua localização, a bacia de Melgaço pode ser caracterizada como uma região de transição entre duas grandes bacias: a do rio Amazonas e Tocantins, possivelmente recebendo águas provenientes do rio Amazonas, direcionadas a baía de Marajó. Também recebe águas da bacia Portel, a qual recebe a influência dos rios Anapú, Pacajá e Camaraipi.

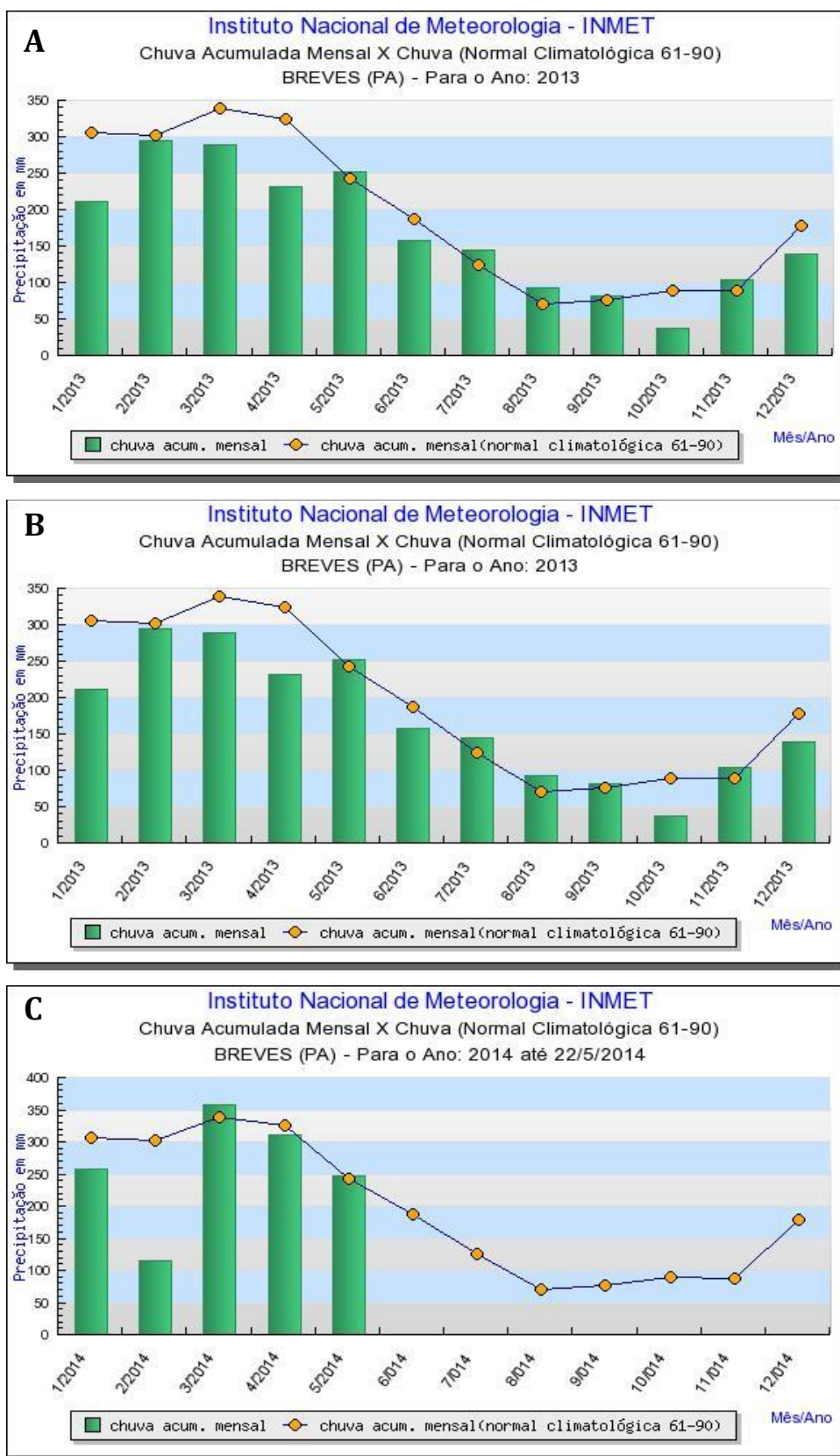
5.2 DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS

O clima na região amazônica é determinado por uma combinação de vários fatores. Dentre esses fatores podemos citar o balanço de energia solar que incide na região, o qual determina a temperatura local, o regime pluviométrico, entre outros. Devido a alta incidência de energia na superfície, a temperatura sazonal apresenta pequena variação ao longo do ano (entre 1 e 2 °C) e a temperatura média situa-se entre 24° C a 26° C (INPE, 2013).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1936), a região amazônica no geral apresenta basicamente três tipos de classificação climática: Af, indicativo de clima equatorial; Am, referente a um clima de monções; e Aw, relativo a um clima de savana com chuvas de verão. Esta classificação estabelece para a Amazônia um clima tropical, com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano, inexistência de estações definidas e alta precipitação (média total anual de >2.300 mm/ano) (Figura 6).

Além de fenômenos de meso-escala, a região amazônica é também influenciada por processos de maior magnitude, como a oscilação sul (El Niño e La Niña - ENSO), dipolo do Atlântico e zona de convergência intertropical (ZTIC). Deste modo o clima na região é controlado basicamente pela atuação dos processos citados acima, sendo essa influência dos dois oceanos adjacentes (Atlântico e Pacífico) (COSTA, 2013).

Figura 6 - Normal climatológica e chuva acumulada mensal para a cidade de Breves: (A) junho de 2013 – transição entre as estações chuvosa e seca; (B) julho de 2013 – período seco; (C) março de 2014 – período chuvoso.



Fonte: INMET (2014).

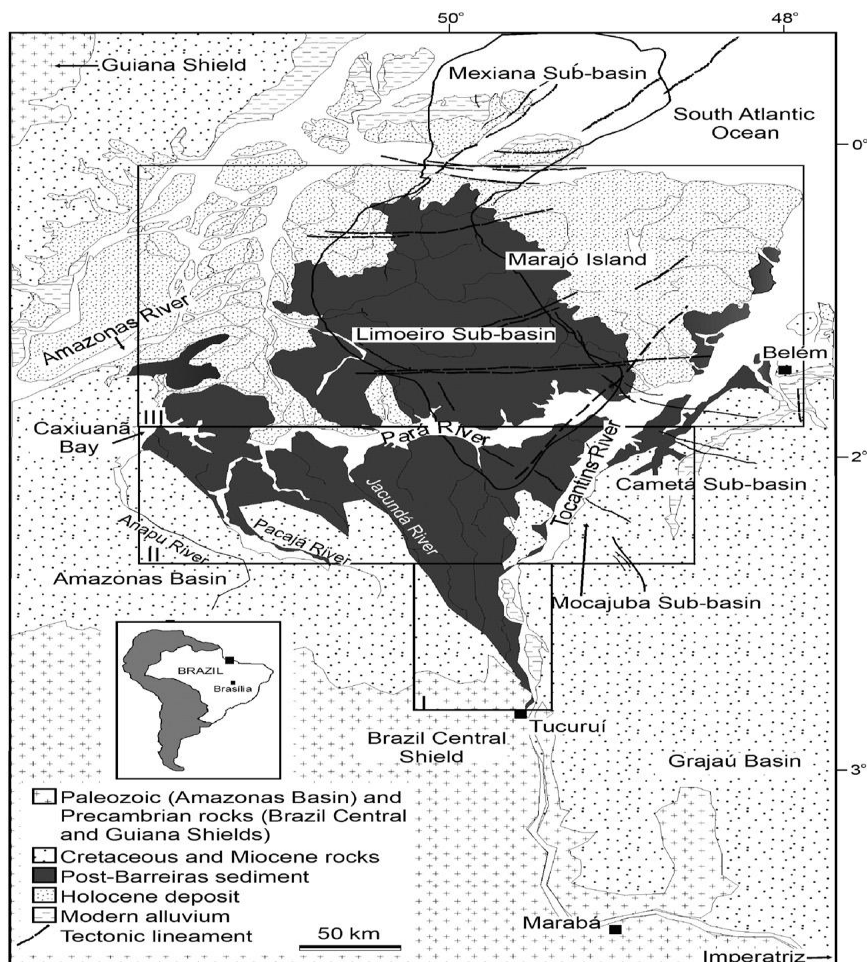
5.3 GEOLOGIA DA ÁREA

Segundo a Geologia de Recursos Minerais do Estado do Pará (2008), o território brasileiro ocupa uma grande parte da plataforma sul-americana, definida por três escudos pré-cambrianos: o Brasil Central ou Guaporé, das Guianas e Atlântico. Também ocupa extensas faixas de coberturas fanerozóicas que se acumulam em várias bacias sedimentares, como a do Amazonas e Solimões, Paraná e Paraíba. A região de Melgaço encontra-se na bacia de Marajó, a qual abrange cerca de 70.000 km² e recebe sedimentos desde o Eocretáceo até o tempo geológico atual; os sedimentos quaternários do Amazonas e Tocantins, sob influência marinha, deram origem a uma planície flúvio-estuarina e à ilha de Marajó. Com aproximadamente 6 milhões de km² de extensão, a bacia amazônica é formada por 3 unidades morfológicas principais: os Andes, de grande altitude e desníveis, escudos das Guianas e escudo do Brasil, com cotas intermediárias, e planície amazônica, com desníveis pouco acentuados (na qual está localizada a maior parte das áreas inundáveis).

Rossetti e Valeriano (2007) estabeleceram que as unidades sedimentares da área são representadas por sedimentos do Cretáceo e idades mais atuais, sendo representadas pelos grupos Itapecuru, Pirabas/Barreiras e Pós- Barreiras. Os sedimentos Cretáceos compõem basicamente arenitos, lamitos e conglomerados, formados em ambientes marginais marinhos e, possivelmente, estuarinos, dominados por ondas e maré. A atividade tectônica foi o fator de maior contribuição na distribuição das unidades sedimentares e no desenvolvimento das estruturas morfológicas atuais.

Segundo Mantelli e Rossetti (2009), a área em estudo encontra-se na sub-bacia de Limoeiro, a qual é caracterizada por inúmeras falhas normais e, subordinadamente, falhas transcorrentes. Esta sub-bacia é preenchida por rochas Cretáceas (Aptiano-Neocretáceo), representadas pelas formações de Breves/Jacarezinho, Anajás e Limoeiro. Esta bacia é sobreposta por sedimentos terciários e quaternários formados em ambientes marinhos rasos a transicionais (Formação Marajó e Grupo Pará) (VILLEGAS apud MANTELLI e ROSSETTI, 2009)(Figura7).

Figura 7 -Geologia da área, exemplificando as principais bacias sedimentares e o período geológico das mesmas.



Adaptado de Rossetti e Valeriano (2007).

5.4 VEGETAÇÃO

O Projeto RadamBrasil, iniciado na década de 70, com o objetivo de classificar a floresta amazônica e parte da nordestina, estabeleceu 13 classificações fitoecológicas para estas duas regiões (Figura 8):

- Região fitoecológica da savana;
- Região fitoecológica de estepe;
- Região fitoecológica da savana-estépica;
- Região fitoecológica da vegetação lenhosa oligotrófica dos pântanos e das acumulações arenosas;
- Região fitoecológica da floresta ombrófila densa;
- Região fitoecológica da floresta ombrófila aberta;
- Região fitoecológica da floresta ombrófila mista;

- Região fitoecológica da floresta estacional semi-decidual;
- Região fitoecológica da floresta estacional decidual;
- Áreas de formações pioneiras;
- Área de tensão ecológica;
- Refúgios ecológicos;
- Disjunções ecológicas.

A região em estudo encontra-se em uma área caracterizada pela presença de floresta ombrófila densa, as quais são caracterizadas pela alta densidade de árvores de grande porte localizadas em regiões de terra firme ou igapó (MATOS e AMARAL, 1999).

Figura 8 -Mapa dos tipos de vegetações brasileiras.



Adaptado de IBGE, 2012.

O solo dessas regiões é caracterizado, segundo Cunha, Ruivo e Costa (2005), pela presença de terra preta arqueológica e latossolos amarelos, os quais são compostos por grandes concentrações de carbono, ácidos húmicos e fúlvicos. A composição dos solos de uma região é de grande relevância, tanto na composição florística, quanto na composição de sua água de águas adjacentes, devido a troca de materiais entre os sistemas terrestre e aquáticos.

5.5 HIDROLOGIA

A hidrologia da região amazônica, apesar de sua grande importância, ainda é pouco estudada. A grande extensão dos seus cursos fluviais (conhecida como a maior bacia do mundo), aliada a variação constante de precipitação, descarga fluvial, maré, regime de cheias, vegetação, entre outros, dificulta a realização de estudos que possam caracterizar a dinâmica deste grande ambiente. Esta bacia possui reservas hídricas correspondentes a cerca de 20% das reservas mundiais de água doce. Esta grande disponibilidade de água oferece uma grande extensão de áreas navegáveis, além de uma alta produção energética (estimada em milhares de Mega Watts) (HiBAm – hidrologia da bacia amazônica, 1997-1999).

De acordo com Costa (2013), a região amazônica é caracterizada, entre os meses de janeiro a julho, por uma alta descarga hídrica e sedimentar como produto do alto regime pluvial desses meses. Desta forma, durante este período há um maior índice de trocas entre o sistema fluvial e o marinho. Por outro lado, no período entre os meses de agosto a dezembro, esta região é caracterizada por baixa hidrodinâmica, representando um período de menor taxa de precipitação. Esta intensa variação é originada pela influência da Zona de Convergência Intertropical, fenômeno El Niño e o dipolo do Atlântico.

A bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia é influenciada principalmente pelos rios Araguaia e Tocantins, sendo a segunda maior no âmbito de disponibilidade hídrica. Apresenta vazão média de 13.624 m³/s e 918.237 km² de área (CADERNO DAREGIÃO HIDROGRÁFICA DOTOCANTINS-ARAGUAIA, 2006).

Trabalho mais recentes analisaram os padrões hidrodinâmicos na região amazônica, como o de Prestes (2013), Costa (2013) e Andrade (2013).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada na sub-bacia de Melgaço (pertencente à bacia de Portel/Melgaço) em dois períodos distintos, envolvendo o período de transição entre as estações chuvosa e seca (dia 23 do mês de junho de 2013 – maré de sizígia), e a estação chuvosa (dia 28 de março de 2014 – um dia após a maré de sizígia).

As coletas foram realizadas em um período de 13 horas, referentes à um ciclo de maré, onde foram avaliados a turbidez (com um sensor OBS) e o material particulado em suspensão (através da coleta de água), ambos através da realização de perfis verticais nas margens e meio do rio; *transects* com um perfilador de correntes (ADCP); e o levantamento batimétrico da região.

6.1 BATIMETRIA

O levantamento batimétrico foi feito com o auxílio de um ecobatímetro do modelo Garmin 425S, o qual foi acoplado à uma embarcação. A frequência de medição utilizada foi de 200 kHz com intervalo de medição de 1 dado a cada segundo.

O funcionamento do ecobatímetro (Figura 9) consiste na emissão de pulsos sonoros que, ao conhecer a velocidade do som na água, calcula a profundidade da coluna d'água através do tempo de reflexão da onda sonora após bater no substrato.

A batimetria foi executada através da realização de seções batimétricas ao longo da região em estudo através de uma malha batimétrica pré-estabelecida, na qual as seções apresentavam 200 metros de espaçamento entre si.

Os dados batimétricos foram corrigidos em relação à variação da maré, usando-se como nível de referência a baixa-mar.

Figura 9 - Ilustração do ecobatímetro utilizado na realização dos perfis batimétricos.



6.2 BALANÇO HÍDRICO

Os dados hidrodinâmicos foram coletados através da utilização de um perfilador de corrente (*Acoustic Doppler Current Profiler - ADCP*), do modelo *Teledyne RD Instruments*, tipo *Workhorse Rio Grande*, acoplado à uma embarcação, o qual foi programado para operar a 600 kHz, no modo *bottom track* (ou direcionado para baixo) (Figura 10).

Figura 10 -Configuração utilizada na coleta de dados com o perfilador de correntes (ADCP), onde está representado o modelo do aparelho utilizado.

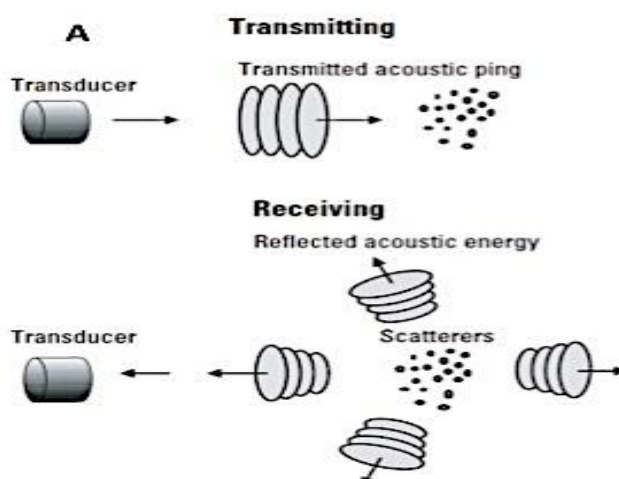
Equipamento	ADCP - RD Instruments® (Workhorse Rio Grande)
Configuração	
Perfil	Banda larga (padrão)
Frequência	600 kHz
Orientação	Para baixo
Modo	'Bottom tracking'
Distância da superfície até o 1° <i>Beam</i>	1,34 m
Padrão do <i>Beam</i>	Convexo
n° de <i>Beams</i>	4
Blank	0,25 cm
Tamanho da célula	1 m
n° de células	124



Fonte: PRESTES (2013).

O método de funcionamento deste aparelho consiste na emissão e recepção de pulsos pelos transdutores, os quais são refletidos por partículas presentes na água, assumindo-se que essas partículas estejam na mesma velocidade que o fluido (fenômeno físico conhecido como efeito *doppler*) (Figura 11).

Figura 11 -Método de funcionamento do ADCP.



Fonte: Simpson, 2001.

Os parâmetros hidrodinâmicos foram analisados durante 13 horas, perfazendo um ciclo completo de maré de caráter semi-diurno, sendo, desta forma, possível analisar a influência do movimento das águas no balanço hídrico local. Para tal, foram realizadas seções transversais (ou *transects*) ao canal do rio de uma margem à outra durante um ciclo de maré.

Na primeira campanha (junho de 2013) foram realizadas 31 *transect*. Cada *transect* teve duração média de 20 a 30 minutos para perfazer os 3 quilômetros de extensão da seção transversal ao rio. Na segunda campanha, a média de duração de cada perfil esteve entre 15 e 20 minutos, onde foram realizados 36 *transects* (Tabela 1).

Tabela 1 -Dados dos *transects* realizados como ADCP.

Período de Coleta	Nº De Seções	Duração média de Cada Seção (minutos)	Média do Comprimento de cada seção (metros)	Média da Área Total (m²)	Média da Velocidade da Embarcação (m/s)
Junho de 2013	31	20-30	3.002	46.657	2,1
Março de 2014	36	15-20	2.597	41.600	2,5

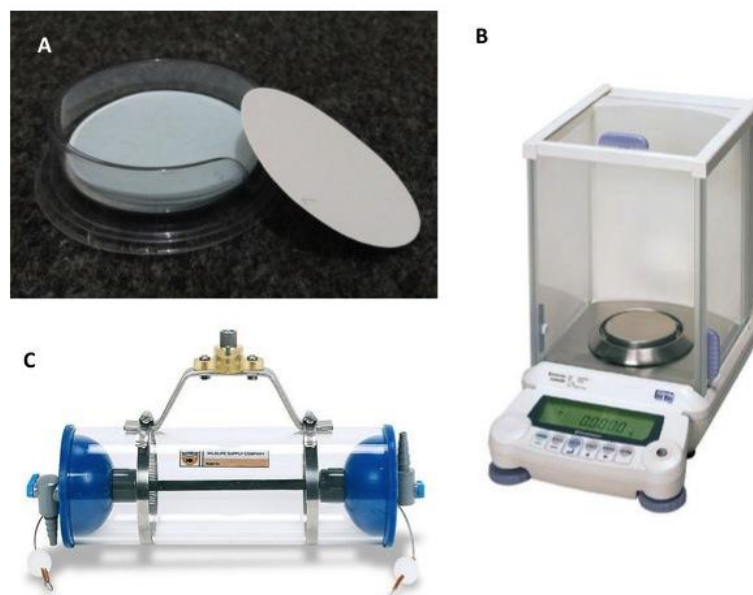
Fonte: Do Autor.

6.3MPS E TURBIDEZ

Como procedimento de pré-campo para o MPS, microfiltros de fibra de vidro com diâmetro de 0.47 mm utilizados na filtragem de água foram previamente secos em uma estufa a uma temperatura de 35° C por 1 hora. Após a secagem, cada microfiltro foi pesado com o auxílio de uma balança analítica para a determinação de sua massa inicial.

Durante o embarque, foram realizadas seções transversais ao canal do rio, onde foram realizadas coletas de água na superfície (1 metro) e fundo (20 metros) através de perfis verticais, referentes à margem direita, esquerda e meio do rio com o auxílio de uma garrafa Van Dorn(Figura 12).Cada seção teve duração média de 20 à 30 minutos na primeira campanha, na qual foram realizados 7 perfis verticais. Na segunda campanha, a duração média de cada seção foi de 15 à 20 minutos, onde foram realizados 9 perfis verticais.

Figura 12 - (A) Microfiltros de fibra de vidro; (B) Balança analítica; (C) Garrafa Van Dorn.



Como procedimento de pós-campo, todas as amostras de água coletadas foram filtradas com os filtros previamente preparados. Após a filtração, as amostras foram novamente levadas à estufa e secas a 35° C por 2 horas. Posteriormente os filtros foram novamente pesados na balança analítica e a partir da diferença de peso entre os filtros antes e depois da filtração pôde-se inferir os valores de MPS (método gravimétrico proposto por Baumgarten, 1996).

Simultaneamente à coleta de água foram realizados perfis verticais de turbidez com um sensor OBS (*Optical Backscatter Sensor*) do modelo *Turbidity ATU75W-USB*, registrando 10 dados a cada segundo. Segundo Costa (2013). Este sensor é calibrado através de um algoritmo que relaciona a quantidade de luz retroespalhada no infravermelho pela água, com uma concentração de partículas conhecida (estabelecida na fábrica). Desta forma, os valores de turbidez obtidos através deste instrumento podem ser de duas diferentes unidades: FTU (*formazine turbidity unit*) e ppm (partes por milhão). Os valores em ppm são utilizados para regiões onde há grandes concentrações de material na água, o que conseqüentemente eleva os valores de turbidez. A turbidez em FTU, por outro lado, é utilizada em ambientes onde não há grandes concentrações de materiais em suspensão, como no caso da área em estudo para este trabalho.

Os perfis de turbidez foram representados a partir da profundidade adimensional, calculada através da razão entre a profundidade obtida durante a realização dos perfis e a profundidade máxima de cada perfil. Este cálculo é realizado com o objetivo de minimizar a variação da profundidade devido a oscilação da maré e da embarcação durante a coleta de dados.

Ambos os parâmetros foram analisados em função da maré, a qual foi aferida através de um sensor de pressão *Solinst Levelogger* fundeado no local de amostragem, o qual armazenava um dado a cada 5 minutos.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 MARÉ

A Figura 13 demonstra a variação de um ciclo de maré para o dia 23 de junho de 2013 (período de transição entre a estação chuvosa e seca - junho de 2013). Analisando-se o gráfico, observa-se a presença de uma baixa-mar e uma preamar em um ciclo de 13 horas, podendo caracterizando a maré como semi-diurna. A variação entre a baixa-mar e a preamar foi de 0,66 metros, caracterizando a maré desta região como micro-maré (Segundo a classificação de DAVIES, 1964). Como o tempo de vazante foi relativamente o mesmo tempo de enchente, com 6 horas e 35 minutos de duração para a enchente e 6 horas e 25 minutos

para a vazante, a maré desta região pode ser classificada como simétrica, sendo a diferença entre os estágios de maré de apenas 10 minutos.

Figura 13 - Variação de um ciclo de maré para a região de Melgaço- 23 de junho de 2013.

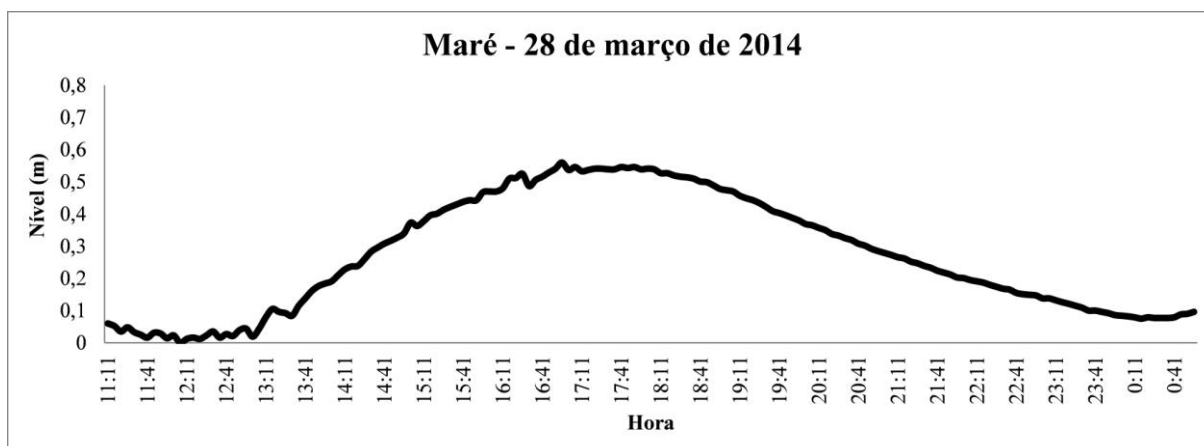


Fonte: do autor

No segundo período de coleta (março de 2014) (Figura 14) a variação da maré foi menor, com 0,56 metros de diferença entre a preamar e baixa-mar, o que representa uma diferença de 10 centímetros entre as marés de cada período de coleta.

Observou-se que a maré neste período de coleta foi menor que no período de transição entre as estações (primeira coleta). Deve-se considerar que, embora a região não apresente considerável influência da maré, o primeiro período de coleta foi realizado em um dia de lua nova, ou seja, em uma maré de sizígia, onde as preamares e baixa-mares são de maior amplitude. Por outro lado, o segundo período de coleta foi realizado um dia após um dia de lua minguante, onde ainda havia a influência da maré de quadratura. A variação da amplitude das marés de acordo com as fases lunares está descrito no item 4.1.

Figura 14 -Variação de um ciclo de maré para a região de Melgaço- 28 de março de 2014.

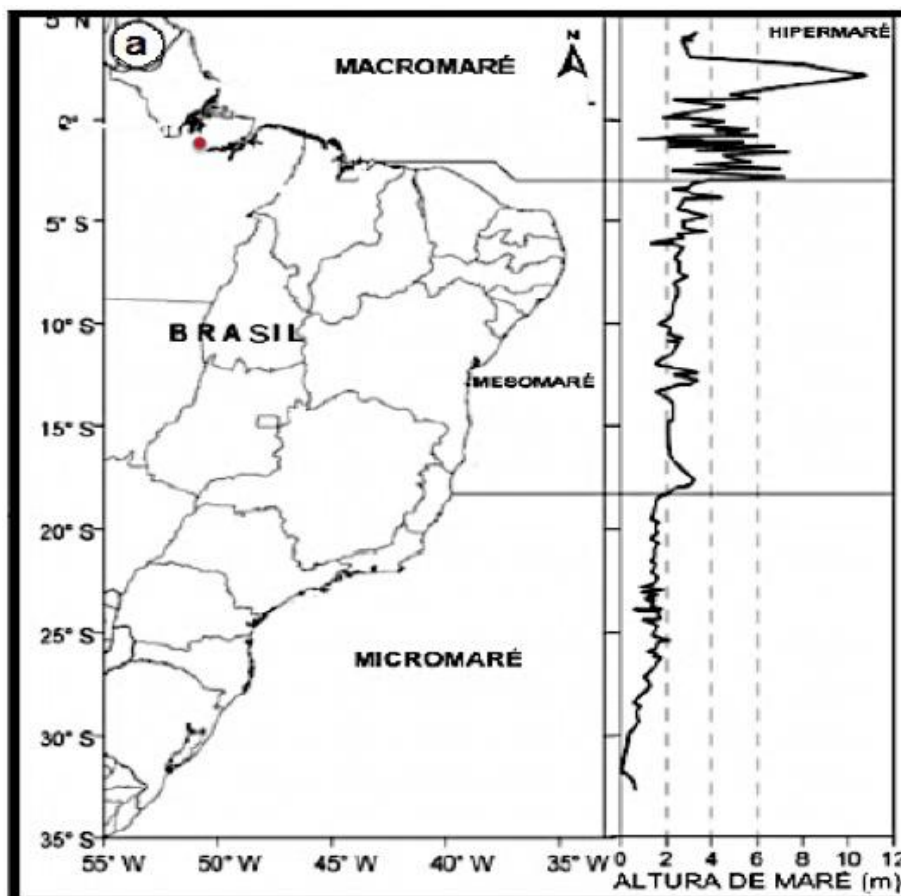


Fonte: do autor.

A resposta das marés às forçantes impostas pela lua e sol são muito complicadas, sendo que a amplitude e o período da maré varia de um ponto à outro (explicando a variação da amplitude das marés de acordo com a área analisa), sendo a propagação das marés observadas em águas rasas continentais de maior amplitude que aquelas observadas em oceano aberto (PUGH, 1996).

A medida que a maré atravessa a plataforma continental e estuários ela é progressivamente distorcida devido a topografia e atrito de fundo(Figura 15) sendo a sua amplitude gradualmente diminuída de acordo com a penetração no continente (SANTOS, 2013). A área em estudo situa-se à cerca de 274 quilômetros do oceano, desta forma, é possível explicar a menor variação da maré no ponto estudado em relação á outras localidades também já analisadas, como descrito por Santos (2013), o qual analisou a maré na Baía do Marajó e seus principais efluentes (rio Tocantins, Pará e Baía do Guajará), regiões mais cercanas ao oceano. Ademais, a região em estudo localiza-se no intermédio entre duas bacias (amazônica e do Tocantins) e atrás da Ilha do Marajó, o que pode causar maior distorção na propagação da maré.

Figura 15 -Variação da caracterização das marés segundo a amplitude para a zona costeira brasileira. Em destaque em vermelho a localização da área em estudo.



Adaptado de SANTOS (2013).

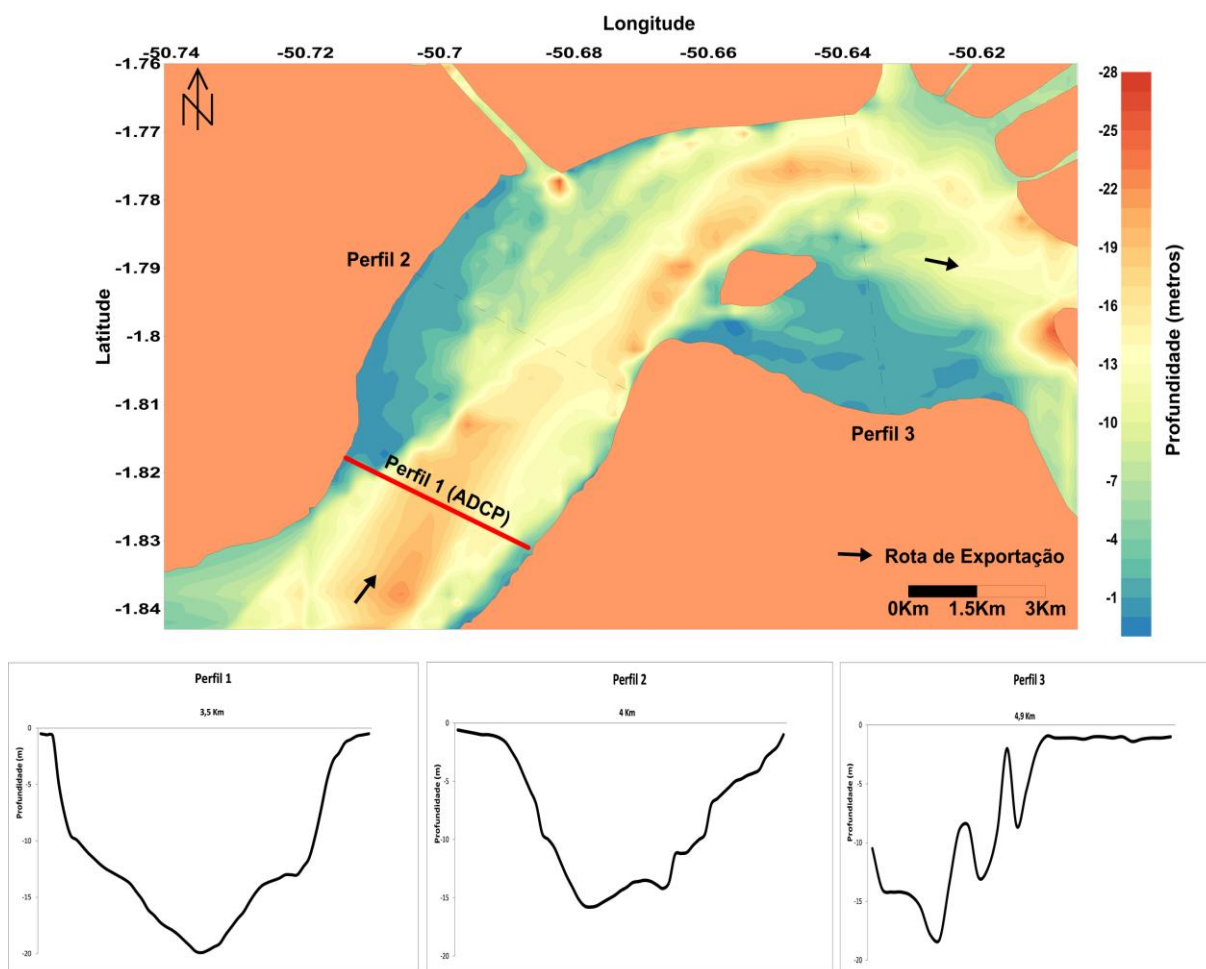
7.2 BATIMETRIA

A batimetria realizada na área de Melgaço (Figura 16) mostrou grande variação do perfil batimétrico do rio, como uma área rasa (profundidade média de 1 metro), em contato abrupto com região de maior profundidade (profundidade média de 18 a 20 metros).

A porção de maior profundidade localiza-se preferencialmente na margem direita e meio do rio, sendo caracterizada pela presença do canal principal. Este canal é responsável pela escavação da porção direita do rio em um trecho e, ao interceptar o rio e deslocar-se para a margem esquerda, também é responsável pela escavação de parte desta margem; a mudança da disposição do canal pode ser resultado da mudança da direção de fluxo do rio ao encontrar uma curva, proporcionando retirada de sedimentos de uma margem e depositando em outra. A profundidade máxima obtida foi de 27 metros, relativa a porção onde localiza-se o canal principal.

As regiões de menor profundidade são relativas as áreas onde ocorre a deposição de sedimentos. Estas áreas encontram-se opostas ao canal principal do rio, ora localizadas na margem esquerda (próximo à cidade de Melgaço) e ora localizadas na margem direita (em direção a baía das bocas), de acordo com a disposição do canal. Em um trecho da margem esquerda a profundidade média obtida foi de 1 metro. Provavelmente nesta região está ocorrendo a deposição de sedimentos provenientes da bacia amazônica, o que causaria a diminuição da profundidade. Em um trecho da margem direita, também é possível notar a pouca profundidade decorrente da deposição sedimentar, a qual ocorre devido a baixa hidrodinâmica desta porção ocasionada pela disposição do canal (perfil meandrante, onde escava em uma margem e deposita na outra).

Figura 16 -Batimetria da região de Melgaço.



Fonte: do autor.

7.3 BALANÇO HÍDRICO

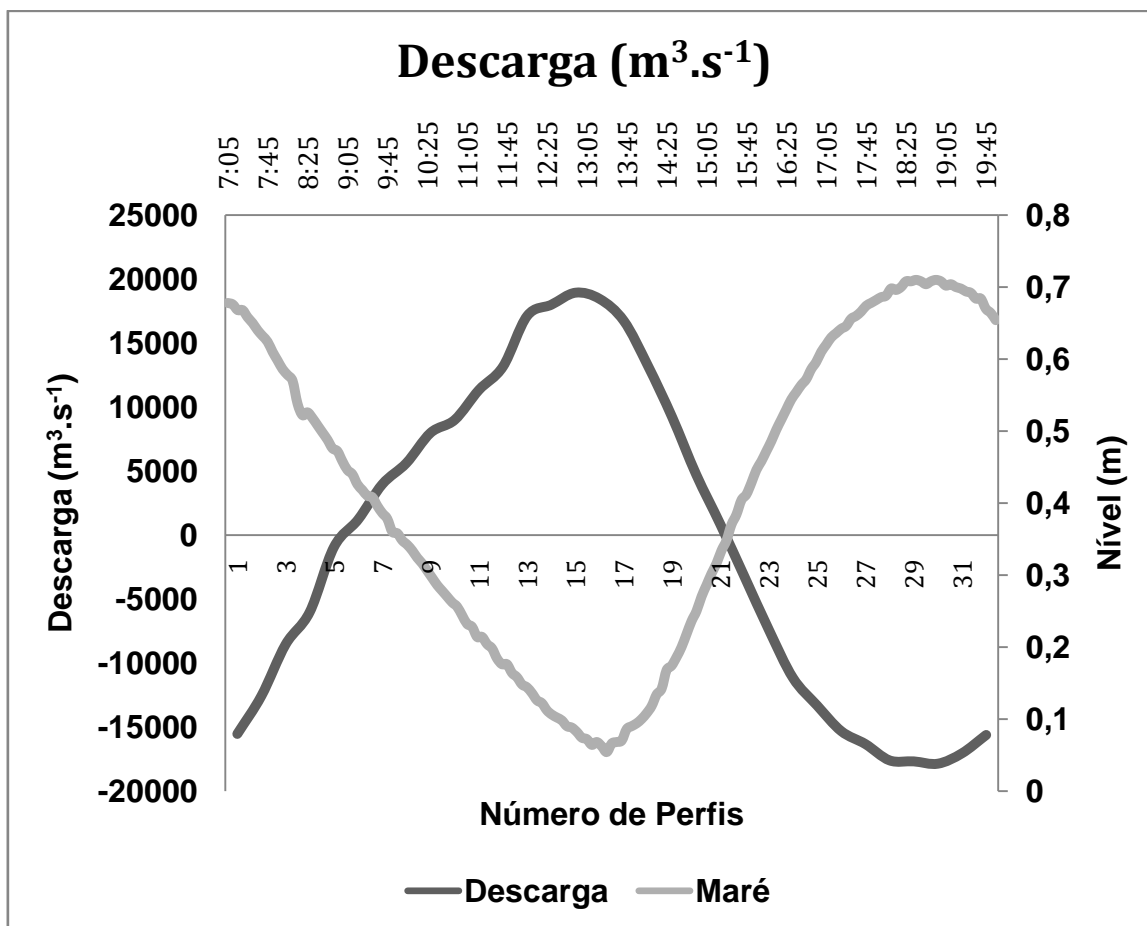
A descarga hídrica da região amazônica é fortemente controlada pela sazonalidade do regime pluviométrico, o qual é responsável pelo maior ou menor aporte de água para os corpos d'água.

Os dados obtidos do ADCP foram analisados na forma de transporte de volume instantâneo, que é aquele obtido no final de cada seção, sendo produto da média espacial da componente \bar{u} pela área (PRESTES, 2013), e a velocidade longitudinal (\bar{u}), que é a relação entre o transporte de volume pela área do *transect*.

Durante o período de transição entre as estações chuvosa e seca (junho de 2013), a descarga hídrica para a região de Melgaço apresentou-se de forma que até metade da vazante houve a entrada de água para a sub-bacia de Melgaço; na outra metade do período de vazante ocorreu a inversão no transporte hídrico, ocorrendo a saída de água da região. O pico máximo de saída de água ocorreu durante o estofado de baixa-mar, enquanto que o pico máximo de entrada de água ocorreu durante o estofado de preamar.

O maior transporte de volume neste período ocorreu durante a enchente, com média de $-8.299 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. O pico de importação foi de $-17.856 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e o pico de exportação, $13.231 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Durante o período de vazante, onde o transporte de volume foi menor, a média atingida foi de $5.774 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; a máxima obtida foi de $18.951 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e a mínima, $-15.530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A média obtida para todo o ciclo de maré durante este período foi de $-822 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, indicando, assim como no balanço hídrico, que houve a entrada de água para a região de Melgaço (Figura 17).

Figura 17 -Descarga hídrica para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013 – período de transição. Valores positivos denotam a exportação de água e negativos, importação.

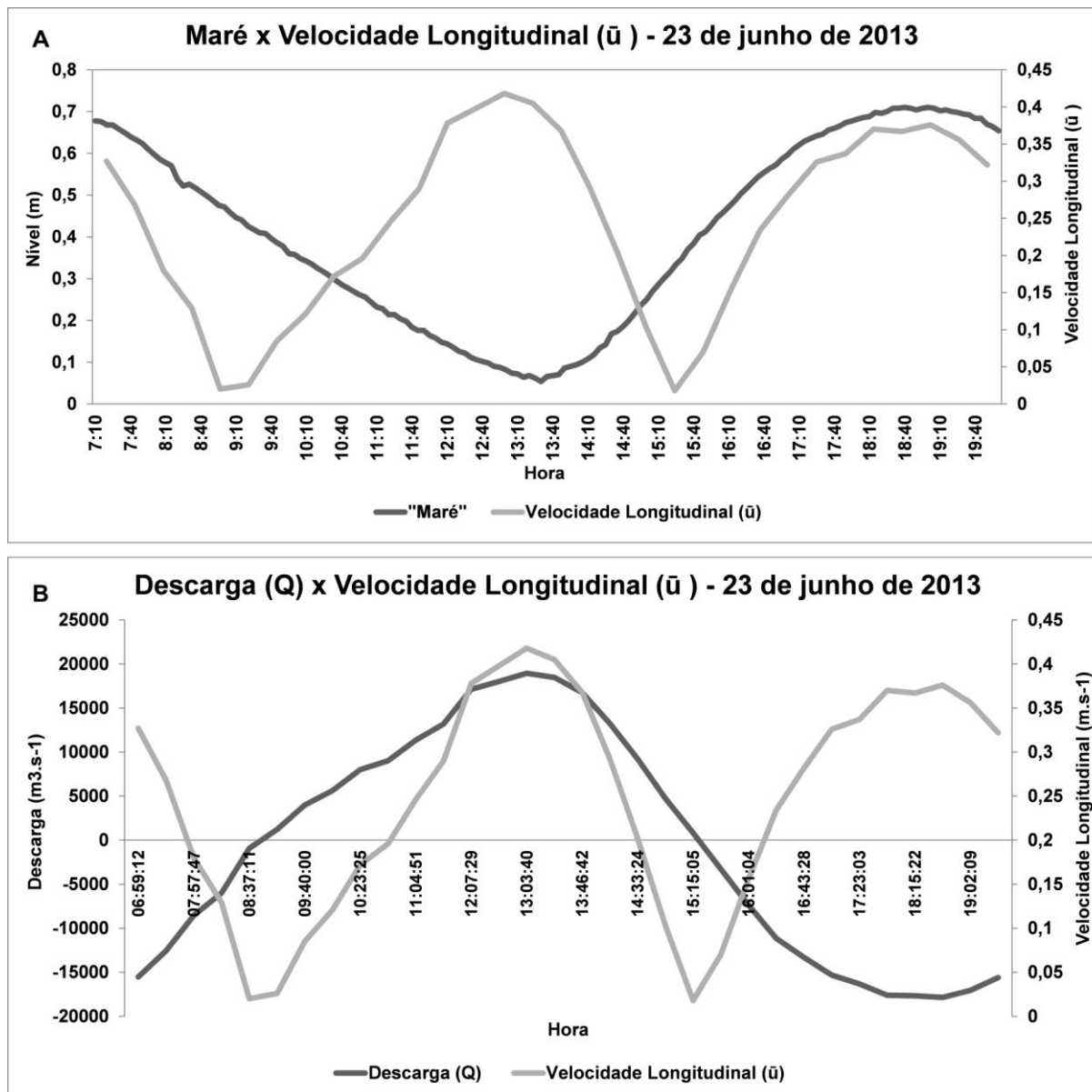


Fonte: do autor

A velocidade transversal média \bar{u} , a qual é calculada a partir da relação entre o transporte instantâneo (Q) e a área (A), é umas das principais variáveis no balanço de volume dado a importância no transporte nos rios. Esta variável determina o principal vetor de transporte nos rios, caracterizado como o transporte longitudinal ao canal do rio.

Foi observado que os maiores valores de \bar{u} foram obtidos cerca dos estófos de maré (baixa e alta), enquanto que os menores, no início da transição entre os estágios de maré (início da maré vazante e início da maré enchente). Observou-se também que os valores máximos e mínimos de \bar{u} coincidiram com os picos máximos de saída de água e entrada de água, respectivamente. O valor máximo obtido de \bar{u} foi $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, referente ao estágio de maré vazante, próximo ao estófo de maré baixa. O mínimo valor de \bar{u} , $0,018 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, foi referente ao início do estágio de maré vazante como representa, sendo a velocidade média para todo o ciclo de maré de $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Figura 18).

Figura 18 – Variação da velocidade longitudinal (\bar{u}) para o primeiro período de coleta (23 de junho de 2013): (A) Em relação a maré; (B) Em relação a descarga.



Fonte: do autor.

A Tabela 2 detalha os dados de balanço de volume obtidos durante a primeira campanha.

Tabela 2 – Detalhamento de cada *transect* realizado para a primeira campanha – 23 de junho de 2013.

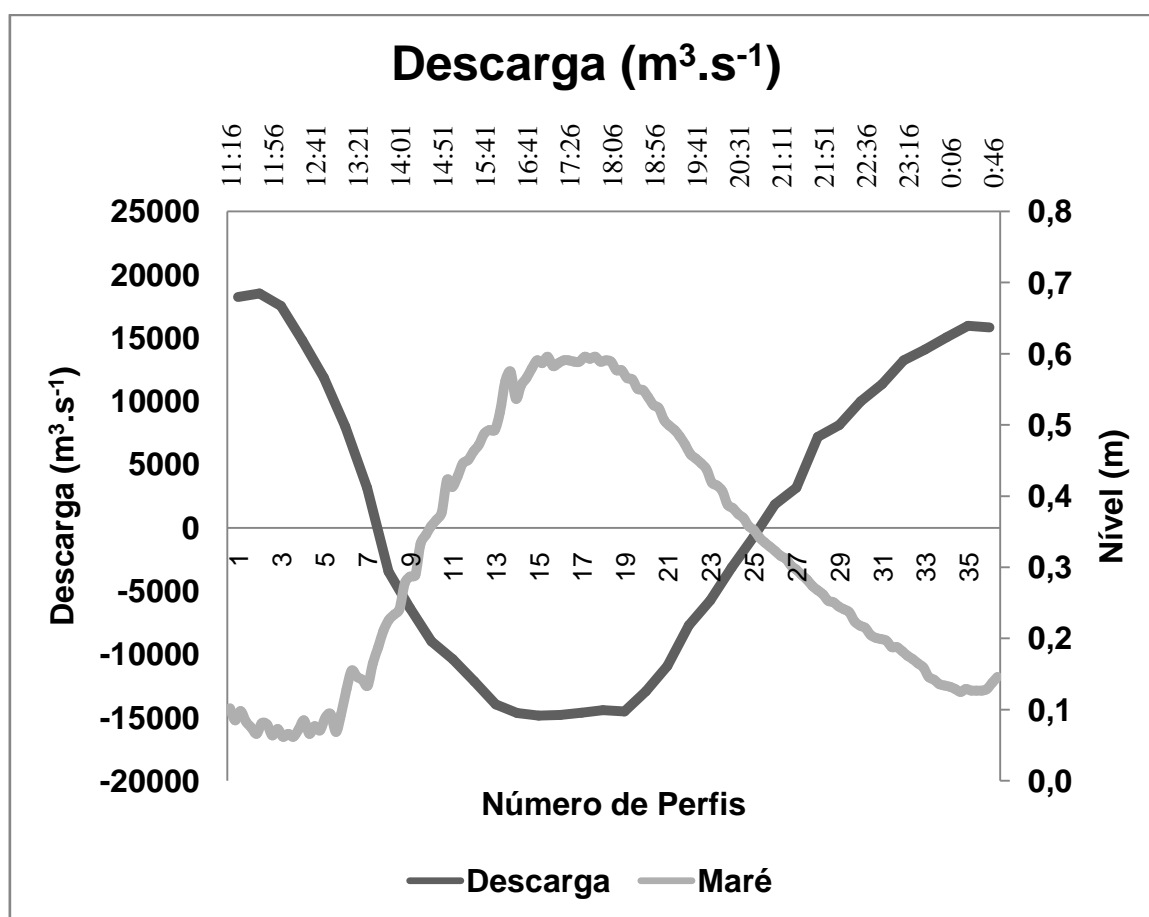
Primeira Campanha (Período de transição entre estação chuvoso e seca) – 23 de junho de 2013			
Duração	Transporte de volume Instantâneo ($m^3 \cdot s^{-1}$)	Área Total (m^2)	\bar{u} (Velocidade Longitudinal) ($m \cdot s^{-1}$)
00:32:30	-15.530,271	47472,25	0,327
00:26:05	-12.547,418	46767,1	0,268
00:19:32	-8.535,161	47331,34	0,18
00:19:52	-5.995,398	46609,07	0,129
00:36:35	-925,553	46698,43	0,02
00:26:14	1.223,131	46580,25	0,026
00:23:21	3.976,892	46654,01	0,085
00:20:04	5.640,656	46614,08	0,121
00:21:10	8.000,392	46440,59	0,172
00:20:16	9.015,706	46054,16	0,196
00:21:24	11.345,804	46063,49	0,246
00:41:14	13.183,147	45487,19	0,29
00:32:59	17.139,722	45314,57	0,378
00:23:12	18.012,322	45248,31	0,398
00:24:22	18.951,509	45326,64	0,418
00:18:40	18.465,324	45632,63	0,405
00:26:00	16.750,092	45575,52	0,368
00:20:42	13.231,018	45352,16	0,292
00:22:02	9.224,889	45742,95	0,202
00:19:39	4.723,174	45863,57	0,103
00:20:06	832,12	46481,92	0,018
00:25:53	-3.266,183	46769,69	0,07
00:21:36	-7.375,569	47130,21	0,156
00:20:48	-11.146,387	47623,63	0,234
00:20:30	-13.305,188	47189,97	0,282
00:19:05	-15.311,543	46921,41	0,326
00:31:52	-16.320,952	48501,53	0,337
00:20:27	-17.596,472	47595,04	0,37
00:20:25	-17.673,598	48121,07	0,367
00:26:22	-17.856,31	47477,96	0,376

Fonte: do autor.

No período chuvoso (Figura 19) a descarga hídrica para a região segundo um ciclo de maré apresentou-se de forma que entre o estófo de maré baixa e início da enchente houve a inversão do fluxo de água, onde este deixou de ser exportador, para tornar-se importador; este padrão manteve-se até aproximadamente a metade da enchente.

O maior transporte de volume durante este período ocorreu durante a vazante, com média de $2.411 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A mínima obtida durante este estágio de maré foi de $-14.540 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e a máxima, $15.955 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Durante o estágio de menor transporte de volume, a enchente, a média obtida foi de $1.239 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, sendo a máxima de $18.525 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e a mínima de $-14.850 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A média para o ciclo de maré foi de $662 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, indicado que houve a saída de água da baía neste este período de coleta.

Figura 19 -Descarga hídrica para o segundo período de coleta– 28 de março de 2014 – período chuvoso. Valores positivos denotam a exportação de água da baía de Portel/Melgaço e valores negativos, a importação.

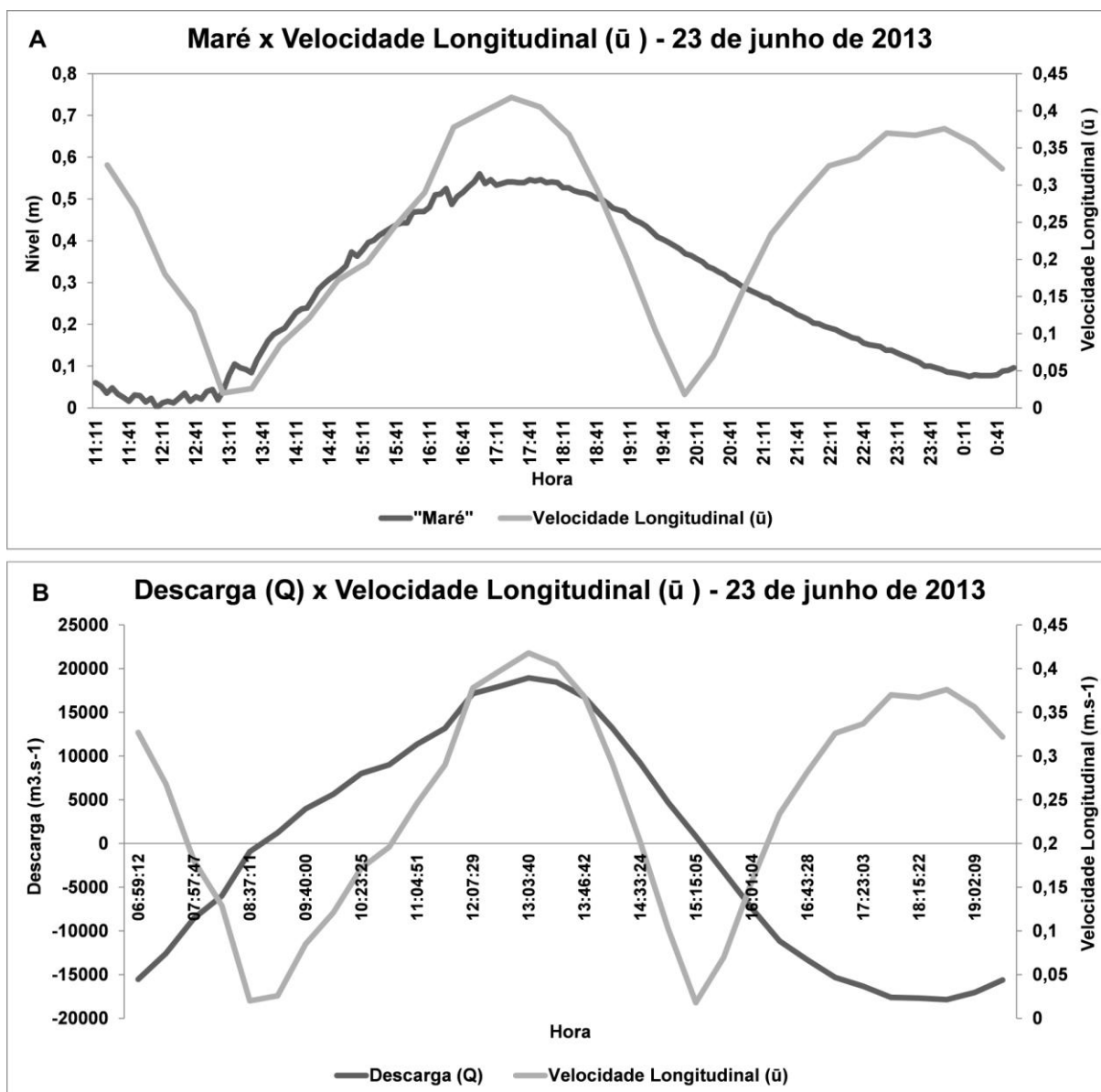


Fonte: do autor

A velocidade longitudinal (\bar{u}) seguiu o mesmo padrão da campanha anterior, onde foram observados maiores valores cerca dos estófos de maré (alta e baixa), descendendo durante a transição entre os estágios de maré. Os maiores valores de descarga (relativos à saída de água dos sistema) acompanharam os maiores valores de \bar{u} , assim como os menores valores de descarga (entrada de água) foram relativos aos menos valores de \bar{u} .

O maior valor de \bar{u} observado foi de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$, enquanto que o menor, 0 m.s^{-1} . A média para a velocidade longitudinal durante todo o ciclo de maré foi de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ (Figura 20).

Figura 20 –Variação da velocidade longitudinal (\bar{u}) para o segundo período de coleta (28 de março de 2014): (A) Em relação a maré; (B) Em relação a descarga.



Fonte: do autor.

Desta forma, pode-se inferir que durante o período de transição (junho de 2013) houve a entrada de água para a região de Melgaço. Por serem águas mais turvas, como pode ser observado no tópico 7.3, provavelmente são águas provenientes da bacia do rio Amazonas. Por outro lado, durante a campanha do período chuvoso (março de 2014) houve a saída de águas desta região, sendo a maior contribuinte para este fluxo a bacia de Portel/Melgaço. O maior transporte de volume para ambas as campanhas ocorre principalmente durante os

estofos de maré e transição entre os estágios da maré, onde pode-se observar os maiores valores de \bar{u} e de descarga.

Os valores de balanço de volume obtidos durante a primeira campanha podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Detalhamento de cada *transect* realizado para a segunda campanha – 28 de março de 2014.

Primeira Campanha (Período chuvoso) – 28 de março de 2014			
Duração	Transporte de Volume Instantâneo ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Área Total (m^2)	\bar{u} (Velocidade Longitudinal) ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
00:17:31	18244,592	46535,08	0,392
00:38:54	18525,983	46628,95	0,397
00:16:18	17539,507	46129,17	0,38
00:06:02	0	0	0
00:15:58	14809,298	46683,74	0,317
00:16:06	11858,506	46668,37	0,254
00:30:15	8008,17	47633,02	0,168
00:18:32	3179,538	47255,09	0,067
00:20:26	126,246	47415,35	0,003
00:18:32	-3459,737	48078,12	0,072
00:26:05	-6333,021	48421,68	0,131
00:16:03	-8970,577	48812,8	0,184
00:16:42	-10391,248	48136,71	0,216
00:16:03	-12142,383	48723,44	0,249
00:29:02	-13961,774	48432,88	0,288
00:16:19	-14650,054	49657,79	0,295
00:16:51	-14850,745	48696,04	0,305
00:15:26	-14798,061	48742,94	0,304
00:25:25	-14600,99	48251,62	0,303
00:16:45	-14415,799	49238,46	0,293
00:16:11	-14504,628	48528,75	0,299
00:20:24	-12924,353	49450,87	0,261
00:30:40	-10922,99	48357,02	0,226
00:00:48	2,068	158,46	0,013
00:00:41	-70,112	1175,75	0,06
00:14:04	-7706,778	48655,65	0,158
00:17:35	-5741,566	48040,36	0,12
00:06:42	16,952	3684,64	0,005
00:16:39	-3135,32	48342,18	0,065
00:29:00	-725,982	48114,23	0,015

Fonte: do autor.

A mesma relação entre o transporte de volume, maré e velocidade longitudinal obtida neste trabalho foi observada no trabalho de Costa (2013) e Prestes(2103).

7.4TURBIDEZ

Na primeira campanha (período de transição) os valores de turbidez apresentaram valores semelhantes entre superfície e fundo. Os valores de superfície foram menores que os de fundo, com média de 24 FTU e 27 FTU, respectivamente. O valor máximo de superfície foi de 151 FTU e o mínimo de 1 FTU, enquanto que o máximo de fundo foi de 153 FTU e o mínimo de 5 FTU. Os valores de fundo são em geral maiores que os de superfície devido à maior influência dos sedimentos de fundo e da dinâmica atuante nesta região (sobretudo as correntes de maré vazante e enchente).

A média de superfície foi maior para a margem direita do rio. A maior média de fundo foi obtida no meio do canal e a menor na margem esquerda(Tabela 4). O canal do rio localiza-se próximo a margem direita, fato que pode explicar os maiores valores de turbidez no meio do rio e na margem direita devido a maior influência da alta hidrodinâmica atuante nesta porção. A margem esquerda, por outro lado, apresenta pequena profundidade, entorno de 1 m, e baixa hidrodinâmica, fato que pode explicar os menores valores médios de turbidez obtidos neste local. O maior valor de turbidez foi obtido no fundo do meio do canal e o menor, na superfície da margem direita e meio do rio.

Tabela 4 -Tabela com a variação dos valores de turbidez (FTU) entre superfície e fundo e margens e meio do rio, para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013: MD: margem direita; Meio: canal do rio; ME: Margem esquerda.

	Superfície			Fundo		
	MD	Meio	ME	MD	Meio	ME
Máxima	71	71	151	38	153	16
Média	19	17	5	17	52	10
Mínima	1	1	1	6	8	5

Fonte: do autor.

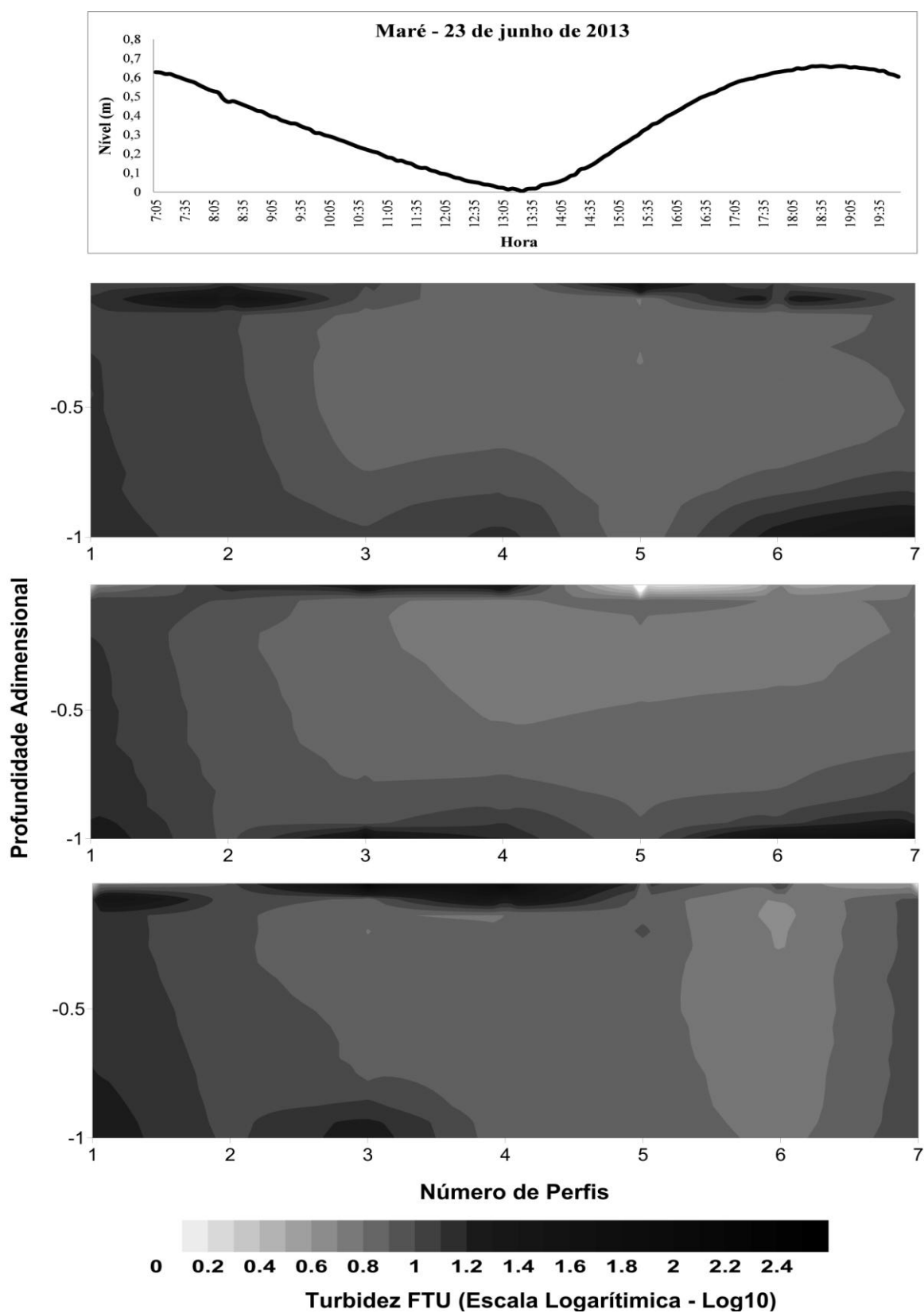
A turbidez durante e vazante e enchente não apresentou grande variação, com valores médios de 12 e 10 FTU, respectivamente. O maior valor foi obtido no fundo durante a vazante (332 FTU) e o menor, na superfície na vazante e enchente (1 FTU para ambos). A

homogeneidade vertical na vazante foi maior que na enchente em ambas as margens e meio do canal. A margem direita apresentou média de 12 FTU na vazante e 9 FTU na enchente, com valor máximo de 314 FTU para a vazante e 162 FTU para a enchente, e valor mínimo de 3 FTU durante a vazante e 5 FTU durante a enchente. No meio do rio foi obtida média de 11 FTU para vazante e enchente, com valor mínimo de 1 FTU (também para vazante e enchente) e máxima de 255 FTU e 245 FTU, para vazante e enchente respectivamente. A margem esquerda apresentou as maiores médias de vazante e enchente (14 FTU e 10 FTU, respectivamente) e também os maiores valores para ambas as estágios de maré (332 FTU para vazante e 310 FTU para enchente)(Figura 21).

A margem esquerda, por possuir profundidade média de 1 metro, está mais sujeita a influência de fatores externos, como vento e chuva, os quais podem ocasionar a maior ressuspensão de sedimentos e conseqüente influência na turbidez. Faz-se importante ressaltar, que em determinado momento da coleta de dados de turbidez ocorreu intensa precipitação com a ação de ventos, o que pode ter gerado valores mais altos na margem de menor profundidade, onde esperavam-se valores menores. Pôde ser possível notar, também, a influência deste fatores externos no momento próximo a baixa-mar, onde as margens direita e meio do rio apresentaram praticamente o mesmo valor de turbidez entre superfície e fundo (baixos valores), enquanto que na margem esquerda foi observado um aumento deste parâmetro em profundidade.

Como Melgaço apresenta águas limpas (coloração preta), pôde-se notar que neste período de coleta houve a influência de águas mais turvas, possivelmente provenientes do rio Amazonas, as quais carregam maior quantidade de material em suspensão.

Figura 21 -Variação da turbidez (FTU) para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013: (A) Variação da maré (B) Margem direita; (C) Meio; (D) Margem esquerda.



Fonte: do autor.

No segundo período de coleta (período chuvoso) obtiveram-se valores inferiores aos do período de transição e que também não tiveram grande variação entre superfície e fundo; a média de superfície foi 5 FTU e de fundo de 9 FTU. O valor máximo de superfície registrado foi de 7 FTU e o de fundo, 19 FTU, enquanto que o mínimo valor foi de 4 FTU tanto para superfície, quanto para o fundo (Tabela 5).

A média de fundo foi maior para o meio do rio e menor para a margem direita, enquanto que a maior média de superfície foi a mesma para as duas margens e meio do rio.

Tabela 5 - Tabela com a variação dos valores de turbidez (FTU) entre superfície e fundo e margens e meio do rio, para o primeiro período de coleta – 23 de junho de 2013: MD: margem direita; Meio: canal do rio; ME: Margem esquerda.

	Superfície			Fundo		
	MD	Meio	ME	MD	Meio	ME
Máxima	6	6	7	12	19	17
Média	5	5	5	7	11	10
Mínima	4	4	4	5	4	5

Fonte: do autor.

Os valores de enchente e vazante apresentaram média de 5 FTU para ambas os estágios de maré. O maior valor de turbidez (9 FTU) foi obtido no fundo durante a vazante e o menor (4 FTU), na superfície durante a enchente. Neste período de coleta observou-se que a homogeneidade vertical da turbidez foi maior na margem direita e meio do rio, com valores entorno de 4 FTU até próximo ao fundo. No início da enchente observou-se um aumento na turbidez de fundo na a margem direita e meio do rio, enquanto que entre o estófo de maré alta e início da vazante os valores de turbidez decaíram homogeneamente até o fundo, provavelmente como resultado da baixa hidrodinâmica deste momento, no qual não ocorreu grande ressuspensão de sedimentos pelas correntes de fundo; os valores de superfície se mantiveram constante entre os estágios de maré. A margem esquerda, por outro lado, apresentou variação oposta à margem direita e meio, com maiores valores durante o estófo e menores durante a vazante e enchente, possivelmente como consequência da interação de fatores externos (como chuva e ventos) com o fundo do rio devido à baixa profundidade desta margem (Tabela 6).

Pôde-se observar neste período de coleta que a turbidez apresentou valores inferiores se comparados à primeira coleta (Figura 22), como influência da menor quantidade material

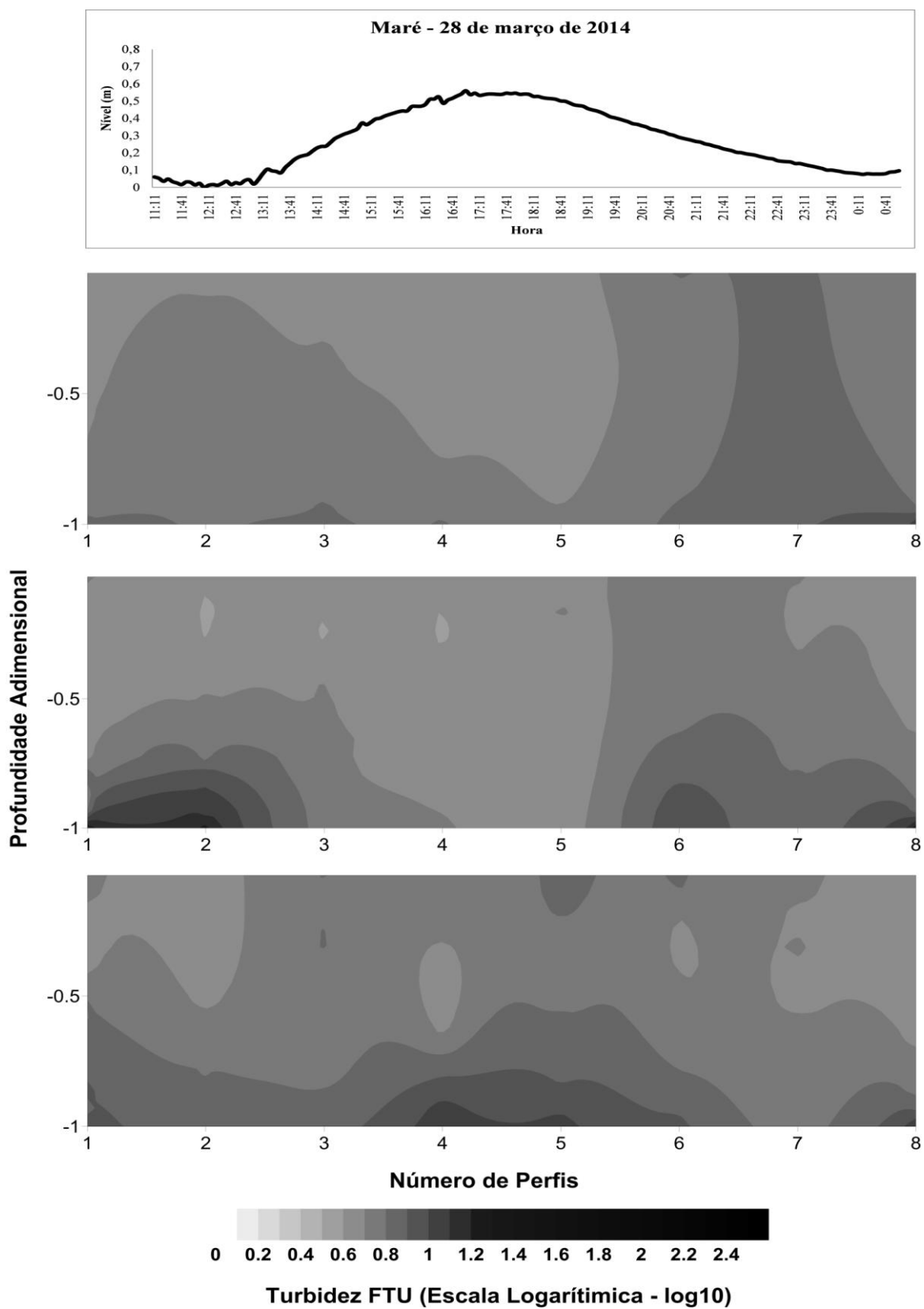
em suspensão na água. Este fato pode ser explicado pela possível maior influência de águas mais limpas provenientes na bacia de Portel/Melgaço, as quais contêm baixa concentração de matérias em suspensão.

Embora neste período de coleta os valores de turbidez tenham sido menores, os valores de MPS foram maiores que os da primeira coleta, fato que pode ser explicado possivelmente pela presença de maior quantidade de matéria orgânica (algas) neste período.

Tabela 6 - Valores de turbidez para os dois estágios de maré para os períodos de transição (junho de 2013) e chuvoso (março de 2014).

	Período de Transição						Período Chuvoso					
	Vazante			Enchente			Vazante			Enchente		
	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.
Margem Direita	3	12	314	5	9	162	5	6	8	5	5	7
Meio	1	11	255	1	11	245	4	5	9	4	4	8
Margem Esquerda	2	14	332	1	11	310	5	5	7	5	6	8

Figura 22 -Variação da turbidez para o segundo período de coleta – 28 de março de 2014: (A) Variação da maré; (B) Margem direita; (C) Meio; (D) Margem esquerda.



Fonte: do autor.

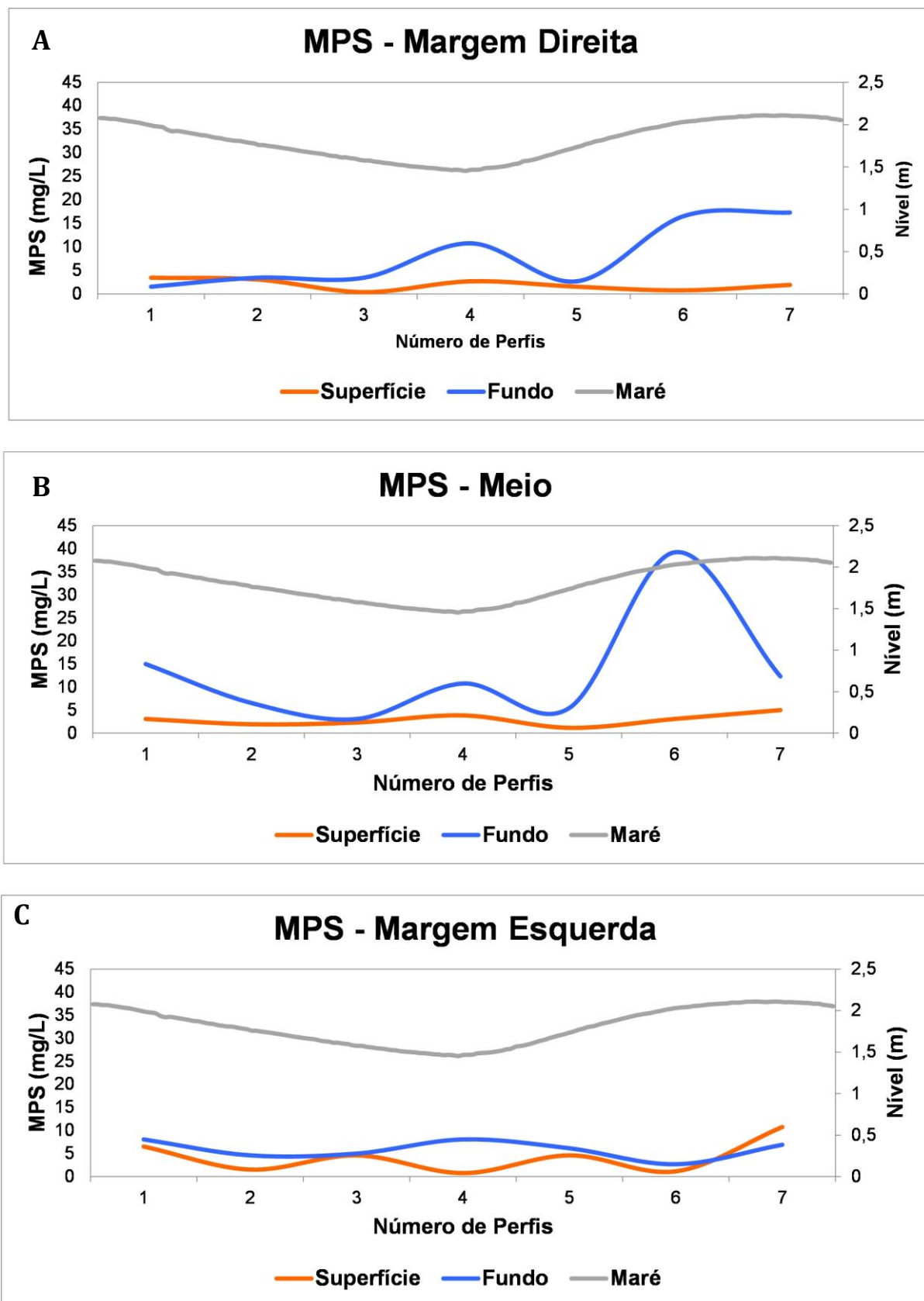
7.5MPS

No período de transição (junho de 2013) os valores de MPS obtidos seguiram o mesmo padrão observado na turbidez, com menores valores na superfície e maiores no fundo, com média de 3 mg/L e 9 mg/L, respectivamente. O maior valor de superfície foi de 10 mg/L e o mínimo de 0,3 mg/L, enquanto que no fundo estes valores foram de 39 mg/L e 1 mg/L. Espera-se que os valores de MPS de fundo sejam maiores que os de superfície devido a maior influência da hidrodinâmica nos sedimentos de fundo e na precipitação de materiais presentes na coluna d'água.

A maior média de MPS (8 mg/L) foi obtido no meio do rio e a menor (4 mg/L), na margem direita. O maior valor de superfície (10 mg/L) foi obtido na margem esquerda e o menor valor (0,3 mg/L), na margem direita. No meio do rio foi obtido o maior valor de MPS de fundo (39 mg/L) e na margem direita, o menor (1 mg/L). Observou-se que o MPS de superfície da margem esquerda sofreu grande variação em relação à outra margem e meio do rio, provavelmente devido a pouca profundidade desta margem e consequente maior influência de fatores externos. Os valores de fundo, por outro lado, obtiveram maior variação na margem direita e meio do rio, como consequência da maior hidrodinâmica destas porções, sendo possível remobilizar uma quantidade maior de materiais.

Nas duas margens e meio do rio os valores de MPS foram menores durante a vazante e maiores durante a enchente. A maior média de superfície durante a vazante foi de 3 mg/L, relativa a margem esquerda, e a menor, 2 mg/L, referente a margem direita e meio do rio; no fundo, a maior média de MPS obtida durante a vazante foi de 8 mg/L (meio do rio), enquanto que a menor foi de 4 mg/L (margem direita). Durante a enchente, a maior média de superfície registrada foi de 5 mg/L, referente a margem esquerda e a menor, 1 mg/L, relativa a margem direita ; no fundo a média máxima foi de 18 mg/L (meio do rio) e a mínima registrada foi de 5 mg/L (margem esquerda). Exceto na margem esquerda, os valores de MPS tiveram maior variação durante a enchente, como provável influência de águas com maior concentração de matérias provenientes da bacia amazônica, as quais adentram em maior profundidade por serem mais densas. Tanto durante a vazante como enchente, os valores de MPS de superfície mantiveram-se aproximadamente constante (Figura 23).

Figura 23 -Material particulado em suspensão para o primeiro período de coleta - 23 de junho de 2013: (A) Margem direita; (B) Meio do rio; (C) Margem esquerda.



Fonte: do autor.

No segundo período de coleta (março de 2014) os valores de MPS obtidos tiveram padrão semelhante aos da primeira coleta maiores valores no fundo e menores na superfície; a média de superfície foi de 5 mg/L para superfície e 12 mg/L para o fundo. Na superfície o maior valor de MPS obtido foi de 11 mg/L e menor de 1mg/L; na fundo estes valores foram respectivamente para superfície e fundo de 28 mg/L e 5 mg/L. Espera-se que os valores de superfície sejam menores que os de fundo devido a maior influência da dinâmica nesta porção.

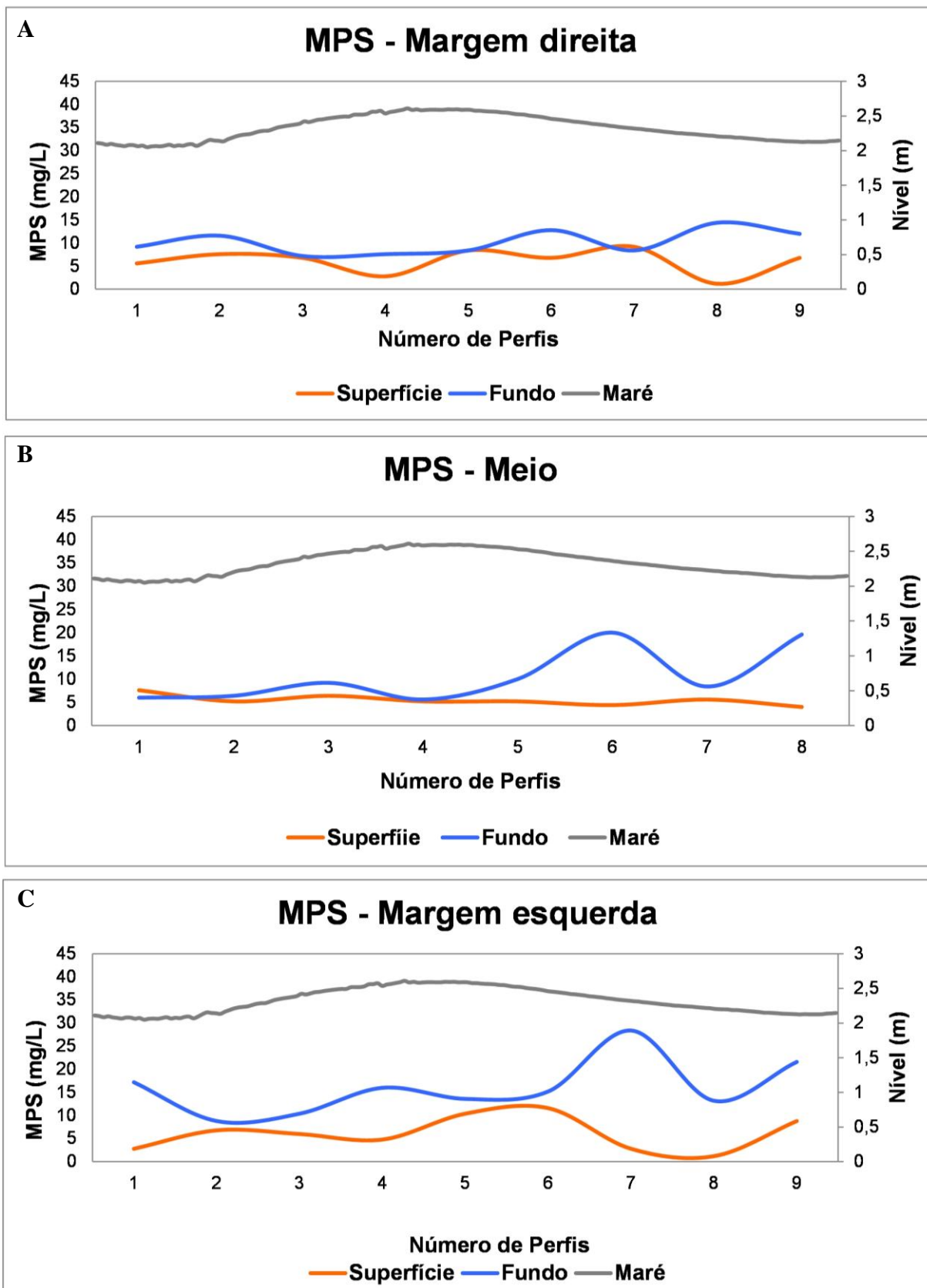
A maior média de MPS foi obtida na margem esquerda (11 mg/L), enquanto que a menor, 7 mg/L, foi obtida no meio do rio. O maior valor de superfície, 11 mg/L, foi registrado na margem esquerda do rio e o menor, 1 mg/L, na margem direita e esquerda. Para os valores de fundo, o maior (28 mg/L) também foi registrado na margem esquerda e o menor (5 mg/L), no meio do rio. Assim como na coleta anterior, os valores de MPS para a margem esquerda foram maiores, também como possível influência da ação de fatores externos, como chuva e vento, nesta margem, sendo possível a ressuspensão de maior quantidade de materiais.

No meio do rio e margem esquerda houve considerável variação do MPS durante a enchente e vazante, com um aumento de valor no período de vazante; a margem esquerda, por sua vez, não apresentou significativa variação entre os dois estágios de maré. A maior e menor média de superfície praticamente não variaram, sendo, respectivamente, 6 mg/L (meio do rio) e 5 mg/L (para as margens esquerda e direita); para o fundo, a maior média obtida foi de 13 mg/L, referente a margem esquerda e a menor, relativa ao meio do rio, foi de 6 mg/L. No período de vazante, os valores médios de superfície variaram pouco entre as duas margens e meio do rio, onde foi obtido 4 mg/L no meio do rio e 6 mg/L em ambas as margens. Para os valores de fundo, a maior média obtida foi de 18 mg/L, relativo a margem esquerda, e a menor, 11 mg/L, relativo a margem direita. As maiores variações de MPS neste período de coleta foram observados no meio do rio e margem esquerda, provavelmente devido a influência de fatores externos na ressuspensão de sedimentos devido a baixa profundidade desta porção; a margem direita apresentou basicamente valores constantes de MPS (Figura 24).

O MPS de sistema aquáticos é influenciado por uma série de fatores responsáveis pela variação da disposição destes materiais na água. Dentre estes fatores podemos citar o regime pluviométrico da região, a morfologia e composição do agente transportador (no caso da área em estudo, os rios), área adjacentes (vegetadas ou não), hidrodinâmica local e a possível influência de aporte hídrico proveniente de outras bacias.

Outros trabalhos realizados na região amazônica também quantificaram o MPS de sistemas aquáticos, como o de Andrade (2013) e Costa (2013). Ambos os trabalhos obtiveram resultados semelhantes aos resultados apresentados neste trabalho, com maiores valores no fundo e menores na superfície, assim como valores mais baixos durante o estófo de maré. Ambos os trabalhos citados destacaram a maior concentração de material particulado na região de influência do rio Amazonas, fato que pode exemplificar a importância da dinâmica do transporte de água para outras regiões, interferindo em outros parâmetros.

Figura 24 - Material particulado em suspensão para o segundo período de coleta – 28 de março de 2014: (A) Margem direita; (B) Meio; (C) Margem esquerda.



Fonte: do autor.

8 CONCLUSÃO

O fluxo de entrada e saída de água para a bacia de Portel/Melgaço controla uma série de outros parâmetros locais, como a turbidez e MPS, sobretudo pela possível influência de águas provenientes do rio Amazonas e pela saída de águas desta bacia para a Baía do Marajó.

A maré da região de Melgaço apresenta um regime semi-diurno e simétrico, uma característica da região costeira da região norte (como pode ser verificado em DAVIES, 1964). A variação na altura de maré entre os períodos deu-se, provavelmente, devido à influência da lua nova na primeira campanha, a qual produz uma maior amplitude de maré. Deve-se também levar em conta a distância do costa na qual a região em estudo, o que influencia na distorção na propagação da maré.

O balanço hídrico mostrou que na primeira campanha houve a entrada de água para a bacia de Portel/Melgaço, presumivelmente águas provenientes do Amazonas. Na segunda campanha, houve a saída de água da bacia. O transporte de volume ocorre primordialmente durante os estofos e período de transição entre os estágios de maré, onde foi possível observar maiores valores de velocidade longitudinal (\bar{u}) e de descarga (Q).

No perfil batimétrico foi observada grande variação de profundidade entre as margens e meio do rio, com uma margem de menor e outra com maior profundidade, as quais alternam-se de acordo com a disposição preferencial do canal principal como produto do perfil meandrante do rio. Na altura da cidade de Melgaço, a margem direita foi a que apresentou maior profundidade, enquanto que nas proximidades da Baía das Bocas, a margem esquerda foi observada como a mais profunda.

Os resultados de turbidez mostraram que no período de transição a turbidez foi maior que no período chuvoso, sendo a maré também de maior influência na primeira campanha. Os altos valores de turbidez neste período podem ser resultado da influência de águas mais turvas provenientes do Amazonas, como pode ser exemplificado pelo balanço de volume. As correntes produzidas pela entrada e saída de água da bacia também produzem efeito na turbidez, onde foi possível observar que o meio do rio, porção a qual geralmente apresenta maiores valores de corrente, observaram-se os maiores valores de turbidez.

O MPS geralmente acompanha o mesmo padrão da turbidez, contudo o MPS apresentou maiores valores no período chuvoso, como possível influência da grande quantidade de matéria orgânica (algas) presente na água durante este período de coleta, enquanto que no período de transição, onde a turbidez foi maior, observaram-se menores valores de MPS.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Balço das águas**. Incentivo aos estados para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos. n.3. 2013.
- ANDRADE, L. F. G. **Varição de material particulado em suspensão entorno da Ilha do Marajó, PARÁ**. 2013. 47 f. Trabalho de conclusão de cursos (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia de Belém, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. Manual de análises em oceanografia química. FURG.
- BARROS, M. L. C.; SENA, M. J. S.; MESQUITA, A. L. A.; BLANCO, C. J. C.; SECRETAN, Y. A water flow pattern analysis of Guajará Bay - Amazon Estuary – Brazil. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**. Rio de Janeiro. v. 33, n. 1, p. 79-85. 2011.
- BARTHEM, R. B.; SCHWASSAMANN, H. O. Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary, Brazil, 1983-1985. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Zoologia, v. 10, n. 1, p. 19-130. 1994.
- BEZERRA, M. O. M.; FREITAS, P. P.; BALTAZAR, L. R. S.; ROLLNIC, M., PINHEIRO, L. Estuarine processes in macro-tides of Amazon estuaries: A study of hydrodynamics and hidrometeorology in the Marajó bay (Pará-Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 65, p. 1176-1181. 2013.
- BUTTERWORTH; HEINEMANN. **Waves, tides and shallow water processes**. 2 edição. Oxford: The open university. p. 227. 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia** – Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009.
- CALAZANS, D. **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas (RS): Textos, 2011. 464 p.
- CARVALHO, T. M.; Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife-PE, v. 1, n. 1, p. 73-85. 2008.

CORRÊA, I. C. S. Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da baía de Marajó-PA. **Pesquisas em Geociências**, b, UFRGS. v. 32, n. 2, p. 109–118. 2006.

COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. L.; HASUI, Y.; BORGES, M. S.; FERREIRA JÚNIOR, C. R. P.; BEZERRA, P. E. L.; COSTA, M. L.; FERNANDES, J. M. G. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **GEONOMOS, Revista de Geociências**. v. 4, n. 2, p. 23-44. 1996.

COSTA, M. S. **Aporte hídrico e do material particulado em suspensão para a baía do Marajó: influência dos rios Amazonas e Tocantins**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém. 2013.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, M. Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região Norte do Brasil. **Oecologia Australis**. v. 15, n. 4, p. 762-774. 2011.

CUNHA, E. S.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, C. A. C. Atributos químicos e carbono orgânico em terra preta arqueológica e latossolos amarelos da região de Caxiuanã (Melgaço, PA). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências Naturais, v. 1, n. 2, p. 77-87. 2005.

CURTIN, T. B. Physical observations in the plume region of the Amazon river during peak discharge-II. Water masses. **Continental Shelf Research**. v. 6, n. 1/2, p. 53-71. 1986.

DAVIES, J. H. A morphogenic approach of world shorelines. **Z. Geomorphology**. v. 8, p. 127-142. 1964

DUNCAN, W. P.; FERNANDES, M. N. Physicochemical characterization of the white, black, and clearwater rivers of the Amazon Basin and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 3, p. 454-464. 2010

EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. M. A.; SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. H. S.; SILVA JÚNIOR, O. G.; FRANÇA, C. F. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do estado do Pará - região amazônica: áreas oceânica e estuarina. **Atlas de erosão e progradação da zona costeira brasileira**. 1 ed. São Paulo, p. 1-34. 2006.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia**. Centro Técnico Aeroespacial (CTA/IAE-ACA) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Disponível em:

<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html/>. Acesso em: 14 de abril de 2014.

GALLO, M. N. **A Influência da vazão fluvial sobre a propagação da maré no estuário do rio Amazonas**. 2004. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro. 2004.

GALLO, M. N.; VINZON, S. B. Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary. **Ocean Dynamics**, v. 55, p. 441-448. 2005.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. São Paulo: Cengage Learning. 2010. 426 p.

GÓES, A. M.; ROSSETTI, D. F. Decifrando fontes de sedimentos quaternários na ilha do marajó com base em minerais pesados. In: Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, 11., 2007. Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA, 2007.

HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. S. Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas - Brasil. **Acta Amazônica**. v. 3, n. 4, p 753-760. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. **Manuais Técnicos em geociências**, n. 1. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 01 de abril de 2014.

KINEKE, G. C.; STERNBERG, R. W. Measurements of high concentration suspended sediments using the optical backscatterance sensor. **Marine Geology**, v. 108, p. 253-258. 1992.

LARA, L. B. L. S.; FERNANDES, E. A. N.; OLIVEIRA, H. ; BACCHI, M. A.; FERRAZ, E. S. B. Amazon estuary - assessment of trace elements in seabed sediments. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 216, n. 2, p. 279-284. 1997.

LEMO, V. P.; MEIRELES, A. R. O.; FERNANDES, K. G.; MORAES, M. C.; COSTA, M. L.; SILVA, A. K. T.; KERN, S. C. Nutrients in amazonian black earth from Caxiuanã region. **Journal of the Brazilia Chemical Society**. v. 22, n. 4, p 772-779. 2011.

LIMA, A. M. M.; OLIVEIRA, L. L.; FONTINHAS, R. L.; LIMA, R. J. S. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. **HOLOS Environments**, v. 5, n. 1. 2005.

MANTELLI, L. R.; ROSETTI, D. F. Significado tectônico de lineamentos de drenagem no sudoeste da ilha do Marajó. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 42-54. 2009.

MANTELLI, L. R.; ROSETTI, D. F. Utilização de dados SRTM e SAR como base para extração de rede de drenagem na região sudoeste da ilha do Marajó. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 11., 2007, Belém. **Anais...Belém: ABEQUA**, 2007.

MATOS, F. D. A.; AMARAL, I. L. Análise ecológica de um hectare em floresta ombrófila densa de terra-firme, estrada da várzea, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 29, n. 3, p. 365-379. 1999.

MEADE, R. H.; NORDIN, C. F.; CURTIS, W. F.; RODRIGUES, F. M. C.; VALE, C. M.; EDMOND, J. M. Sediment loads in the Amazon River. **Nature**, v. 278, p. 161-163. 1979.

MERCKELBACH, L. M. A model for high-frequency acoustic Doppler current profiler backscatter from suspended sediment in strong currents. **Continental Shelf Research**. v. 26, n. 11, p. 1316-1335. 2006.

MESQUITA, R.L.C.; SILVA, R.R. Insights of meso and micro-scale processes for the Caxiuanã forest region from high resolution simulation. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 27, n. 2, p. 253 - 261. 2012.

MINSTER, J. F.; GENCO, M. L.; BROSSIER, C. Variations of the sea level in the Amazon Estuary. **Continental Shelf Research**, v. 15, n. 10, p. 1287-1302. 1995.

MONTAG, F. L. A.; FREITAS, T. M. S.; WOSIACKI, W. B.; BARTHEM, R. B. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais**, v. 3, n. 1, p. 11-34. 2008.

MURLLER-KARGER, F. E.; MCCLAIN, C. R.; RICHARDSON, P. L. The dispersal of the Amazon's water. **Nature**, v. 333, p. 56-59. 1988.

O'MELIA, C. R. Aquasols: the behavior of small particles in aquatic systems. **Environment Science Technology**. v. 14, n. 9, p. 1052-1060. 1980.

PAIVA, R. C. D.; **Hidrologia da bacia amazônica: Compreensão e previsão com base em modelagem hidrológica-hidrodinâmica e sensoriamento remoto**. 2012. 153 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental. Université de Toulouse, Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse, École doctorale sciences de l'univers, de l'environnement de et l'espace. Porto Alegre - RS. 2012.

PARÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará**—Belém: SEMA, 2012.

PEREIRA, S. B.; LIMA, W. N.; EL-ROBRINI, M. Caracterização química e aspectos geoquímicos relevantes da matéria orgânica de sedimentos em suspensão da foz do rio Amazonas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências Naturais, v. 1, n.1, p. 167-179. 2006.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. 132 f. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília. 2006. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao02032011035943.pdf. Acesso em: 4 de maio de 2014.

PRAXEDES, C. L. B. **Inventário dos drosofilídeos (diptera) associados a frutos, na floresta nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Belém. 2005.

PRESTES, Y. O. **Transporte de volume na zona limite da camada de mistura do rio Pará, Brasil**. 2013. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia de Belém, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB). Integração e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará**. Belém, CPRM. 2008.

PROGRAMA INCUBADORA TECNOLÓGICA DE COOPERATIVAS POPULARES E EMPREENDIMENTOS SOLIDÁRIOS – PITCPES. Grupo de Estudo e Pesquisa Trabalho e Desenvolvimento na Amazônia – GPTDA, Projeto Desenvolvimento Sustentável e Gestão

Estratégica dos Territórios Rurais no Estado do Pará. **Relatório Analítico do Território do Marajó**. Belém. Universidade Federal do Pará, 2012.

PUGH, D. T. **Tides surges and mean sea-level**. Swindon (UK). 1996. 486 p.

ROLLNIC, M.; ROSÁRIO, R. P. Tide propagation in tidal courses of the Pará river estuary, Amazon Coast, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 65. 2013.

ROSSETTI, D. F. Integração de dados biológicos e geológicos no baixo Tocantins - Ilha de Marajó: chave na análise da biodiversidade. In: Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, 11., 2007. Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA, 2007.

ROSSETTI, D. F.; VALERIANO, M. M. Evolution of the lowest amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data. **Catena**, v. 70, p. 253-265. 2007.

ROSSETTI, D. F.; VALERIANO, M. M.; GÓES, A. M.; MANTELLI, L. R. Geomorphology and sedimentology of a large quaternary paleochannel from southwestern Marajó Island, Northern Brazil. In: Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário, 11., 2007. Belém. **Anais...** Belém: ABEQUA, 2007.

SANTOS, A. S. **Propagação de maré na Ilha do Marajó e seus principais tributários**. 2013. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia de Belém, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

SCHETTINI, C. A. F.; ZALESKI, A. R. A Utilização de Perfiladores Acústicos de Corrente por Efeito Doppler na Determinação do Material Particulado em Suspensão na Água: Aplicações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 11, n. 3, p. 201-208. 2006.

SCHWASSAMANN, H. O.; BARTHEM, R.B.; CARVALHO, M.L. A note on the seasonally shifting zone of primary production in the bay of Marajó, Pará, Brazil, 1983-1984. **Acta bot. bras.**, v. 2, n. 1, p. 165 - 174. 1989.

SILVA, M. R. P.; ROSÁRIO, S. M. Licófitas e monilófitas (Pteridophyta) da Floresta Nacional de Caxiuanã, estado do Pará, Brasil: chave para as famílias e as espécies de Aspleniaceae e Blechnaceae. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série Ciências Naturais, v. 3, n. 2, p. 151-163. 2008.

SILVA, M. S. R.; CUNHA, H. B.; GOMES, N. A.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SILVA, S. L. R.; SANTANA, G. P. Desafios para gestão das águas na região amazônia.

In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 20., 17-22 novembro, Bento Gonçalves (RS).
Anais... Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

SIMPSON, M. R. **Discharge Measurements Using a Broad-Band Acoustic Doppler Current Profiler.** United States Geological Survey. Open-File Report 01-01. Sacramento, California - USA. 2001.