

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E MEDIÇÃO DE VAZÃO DO RIO MADEIRA NO DISTRITO DE CALAMA

Francisco de Assis dos Reis Barbosa^{1}; Catharina Ramos dos Prazeres Campos² Marcos Nóbrega II³ & Sebastião Rodrigues Bezerra⁴*

Resumo – O trabalho realizado em Calama, distrito de Porto Velho/RO, teve como objetivo conhecer a morfologia submersa do trecho do rio Madeira, a partir do levantamento batimétrico, bem como analisar o comportamento da velocidade que passa naquela seção de medição. Este distrito, localizado na margem direita do rio Madeira, vem sofrendo historicamente com o desbarrancamento, fenômeno conhecido como “terras caídas”, aumentado no período chuvoso da região. Para a realização do estudo foi utilizado o equipamento ADP-M9 que, além de possuir oito feixes na diagonal (que realiza o perfilamento das velocidades da água), também possui um feixe perpendicular, que possibilita uma precisão maior na medição da profundidade. Os resultados do estudo mostraram um comportamento padrão nos perfis transversais. No entanto, foi constatado que em alguns trechos o processo erosivo é mais acelerado. A vazão medida foi de 44.268,97 m³/s, com velocidades de até 3,50 m/s. Apesar de velocidades altas no trecho central do rio, não foi observado influência direta do fluxo de velocidade do rio na margem direita, constatado tanto pelos gráficos, quanto visualmente. Espera-se que os resultados encontrados possam subsidiar estudos mais detalhados e às ações estruturais a fim de conter ou minimizar o processo erosivo que está ocorrendo nesta localidade.

Palavras-Chave – Rio Madeira, Batimetria, ADP-M9.

BATHYMETRIC SURVEY AND MEASUREMENT FLOW IN MADEIRA RIVER DISTRICT CALAMA

Abstract – The work done in Calama, district of Porto Velho/RO, aimed to understand the submerged morphology of the part of the Madeira River, from the bathymetric survey and analyze the behavior of the speed of the water at that measurement section. This district, located on the right bank of the Madeira River, has been suffering with historically falling of ravine, a phenomenon known as "fallen lands", increased during the rainy season in the region. For the study, we used the ADP-M9, besides having eight diagonal beams (to profile water velocities) also has a perpendicular beam, which allows greater precision in depth measurement. The study results showed a standard behavior in cross sections. However, it was found that in some places the erosion process is accelerated. The measured flow was 44268.97 m³/s, with speeds up to 3,50 m/s. Despite high speeds in central stretch of the river, there was no direct influence of the flow velocity of the river on the right bank, verified by both graphs, and visually. We hope that this work support more detailed studies and the structural actions to contain or minimize the erosion that is occurring at this location.

Keywords – Madeira River, Bathymetry, ADP-M9.

¹ *Engenheiro Hidrólogo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. E-mail: francisco.reis@cprm.gov.br.

² Engenheira Hidróloga do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. E-mail: catarina.campos@cprm.gov.br.

³ Geólogo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. E-mail: marcos.nobrega@cprm.gov.br.

⁴ Técnico em Geociências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. E-mail: sebastiao.bezerra@cprm.gov.br.

1. INTRODUÇÃO

Durante a estação chuvosa da região amazônica, época caracterizada pelos altos índices pluviométricos, as bacias hidrográficas recebem volumes consideráveis de água, traduzindo-se em vazões elevadas, muito superiores às verificadas na estação seca, provocando aumento da velocidade do fluxo hídrico e gerando maior turbulência das águas. Como consequência, a ação erosiva fluvial se processa de forma mais intensa, atingindo os taludes fluviais dos rios, notadamente os de maior porte, causando desbarrancamento e desmoronamentos, originando as conhecidas “terras caídas”. (Adamy, 2013).

Em decorrência deste processo, intensificado entre os meses de março e abril, época em que o rio Madeira atinge seus níveis máximos, esta dinâmica é acelerada causando ainda mais transtornos à população. Segundo informações locais de agentes públicos e da própria população ribeirinha, estes “desbarrancamentos” se intensificaram após a implantação das Usinas Hidrelétricas do Madeira, principalmente a Usina de Santo Antônio, localizada próxima à área urbana do município de Porto Velho/RO, e a cerca de 190 km à montante do distrito de Calama, local de estudo deste trabalho. Em virtude desses acontecimentos, a Coordenadoria da Defesa Civil Municipal, solicitou apoio técnico do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, a fim de realizar trabalho de batimetria na margem do rio Madeira, especificamente na localidade do distrito de Calama.

Para a realização deste trabalho foi utilizado o equipamento ADP-M9. Tradicionalmente os levantamentos batimétricos são realizados com o auxílio de ecobatímetros. No Brasil, assim como em outros países, a utilização de medidores “Acoustic Doppler Current Profiler” (ADCP) vem se tornando cada vez mais comum para a realização de levantamentos batimétricos, já que possibilita determinar, ao mesmo tempo, o perfil transversal do curso d’água (batimetria) e a descarga líquida do fluxo de água no rio (vazão). (Tulio *et al.*, 2011).

A seguir, será apresentada resumidamente, a descrição da área de estudo e informações das características do rio Madeira. No item seguinte, serão abordados: a metodologia para a determinação da batimetria e vazão líquida, análise dos resultados e considerações finais. Os resultados apresentados neste relatório auxiliarão às tomadas de decisões necessárias para o plano de ação a ser executado pelos órgãos competentes, com o intuito de solucionar o problema que assola os ribeirinhos daquela localidade, bem como servir de base para a realização de estudos técnicos mais detalhados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento batimétrico e medição de descarga líquida (vazão), a fim de possibilitar o conhecimento do leito do rio, visando subsidiar ações estruturais para conter o processo erosivo na comunidade de Calama, distrito de Porto Velho/RO.

3. ÁREA DE ESTUDO

O Distrito de Calama localiza-se na área rural do município de Porto Velho/RO, à margem direita do Rio Madeira. O local é acessado por via fluvial e está a aproximadamente 200 km da capital Porto Velho (Figura 1). Descendo o rio Madeira, Calama é a última comunidade do estado rondoniense e faz divisa com o estado do Amazonas. A viagem leva em torno de 10 (dez) horas de barco “de linha” na ida, ou seja, descendo no sentido da correnteza do rio, mas na volta (subindo

contra a correnteza) pode levar até 15 (quinze) horas. Apesar de ser distrito do município de Porto Velho, Calama tem maior proximidade com o município de Humaitá (AM), o que faz com que a interação dos moradores com o município amazonense seja relativamente intensa. A ida de barco até Humaitá leva cerca de 3 (três) horas. A BR-319 liga Porto Velho/RO a Manaus/AM e passa por Humaitá/AM, sendo uma alternativa para se chegar a Calama, onde a primeira parte da viagem é feita por via terrestre até Humaitá, pegando-se um barco, posteriormente, para se subir o rio e chegar até Calama.

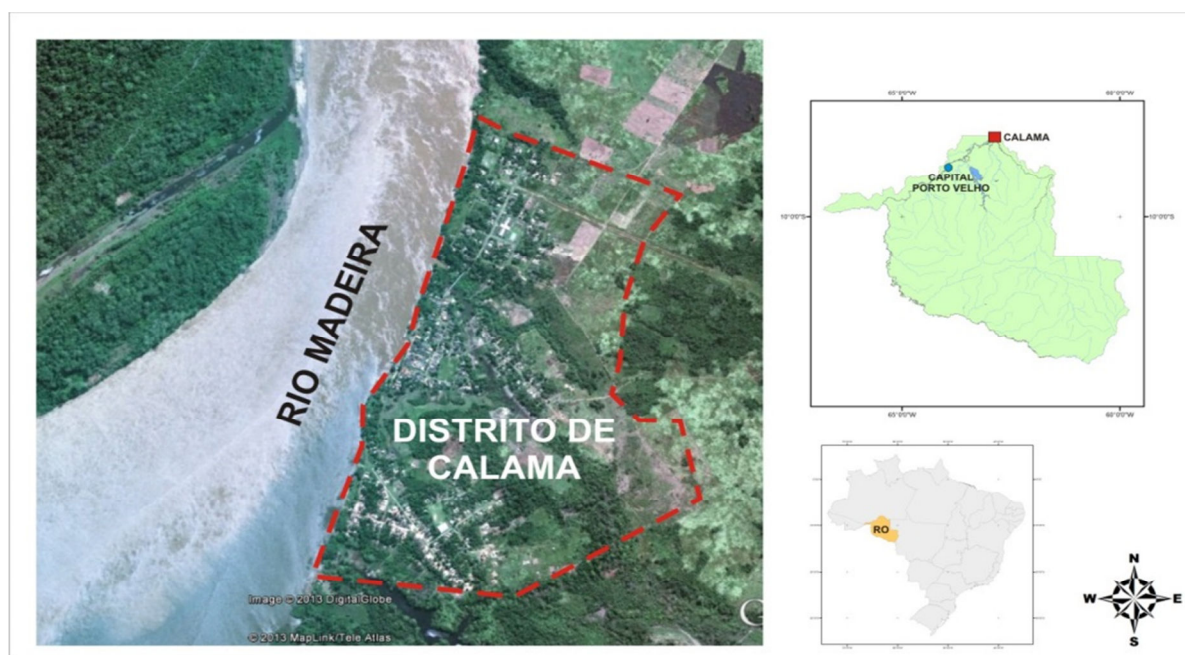


Figura 1 – Localização da área de estudo (Imagem do Google Earth)

4. METODOLOGIA APLICADA NO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO E MEDIÇÃO DE VAZÃO

As atividades realizadas e apresentadas neste relatório incluem os levantamentos batimétricos e medição de descarga líquida (vazão).

Tradicionalmente os levantamentos batimétricos são realizados com o auxílio de ecobatímetros. No Brasil, assim como em outros países, a utilização de medidores “Acoustic Doppler Current Profiler” (ADCP) possibilita determinar, ao mesmo tempo, o perfil transversal do curso d’água (batimetria) e a descarga líquida do fluxo de água no rio (vazão). (Tulio *et al.*, 2011).

O equipamento utilizado para a realização deste trabalho foi o Acoustic Doppler Profiler ADP-RiverSurveyor-M9 (ADP-M9) que, além de possuir oito feixes na diagonal (que realiza o perfilamento das velocidades da água), também possui um feixe perpendicular, que possibilita uma precisão maior na medição da profundidade (Figura 2a).

Além disso, para melhorar a precisão no posicionamento durante o levantamento batimétrico foi utilizado um Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) ou GPS Diferencial (Figura 2b) e um receptor GPS-RTK de base instalado na margem do rio. A associação destes equipamentos permite conhecer a diferença entre a posição obtida através do receptor de GPS de base e a posição real do equipamento, possibilitando a correção diferencial do erro (Ferreira *et al.*, 2012).

Para a realização dos trabalhos, utilizou-se uma embarcação de alumínio, com motor de popa de 90HP de potência, onde os equipamentos foram devidamente acoplados com o objetivo de realização de medições com maior precisão.



(a) ADP-RiverSurveyor-M9 (ADP-M9).



(b) DGPS – Instalado na embarcação.

Figura 2 – Equipamentos utilizados para a realização da batimetria e medição de vazão

5. RESULTADOS OBTIDOS NOS LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS E MEDIÇÃO DE VAZÃO

Os dados batimétricos foram obtidos com a utilização do equipamento acústico ADP-RiverSurveyor-M9 (ADP-M9). Para isso, nas configurações do equipamento adotou-se inicialmente como referência de profundidade, o seu feixe vertical (ecobatímetro). A Tabela 1 apresenta as informações das seções de medição transversal. Pode-se observar a largura média do rio de 749,52m e a área média de 24.126,83 m².

Tabela 1 – Informações adicionais das seções transversais de medição

Seção transversal	Duração da Medição	Largura (m)	Área (m ²)	Vembarcação (m/s)	Vmédia do rio (m/s)	Total Q (m ³ /s)
ST 01	0:09:55	761,48	23.809,50	1,37	1,93	45.922,76
ST 03	0:10:32	767,96	24.413,60	1,36	1,76	42.964,06
ST 05	0:11:38	719,12	24.157,40	1,07	1,82	43.920,07
Média	0:10:42	749,52	24.126,83	1,27	1,84	44.268,97

A Figura 3 apresenta a localização da área de estudo, com detalhamento das Seções Transversais (ST) e da Seção Longitudinal (SL), obtidas durante o trabalho.

Foram realizadas 06 (seis) travessias no sentido transversal ao rio, sendo 03 (três) partindo da margem direita para a esquerda (ST – 01; ST – 03; ST – 05) e 03 (três) partindo da margem esquerda para a direita (ST – 02; ST – 04; ST – 06), além de 01 (uma) travessia no sentido longitudinal (SL – 01).

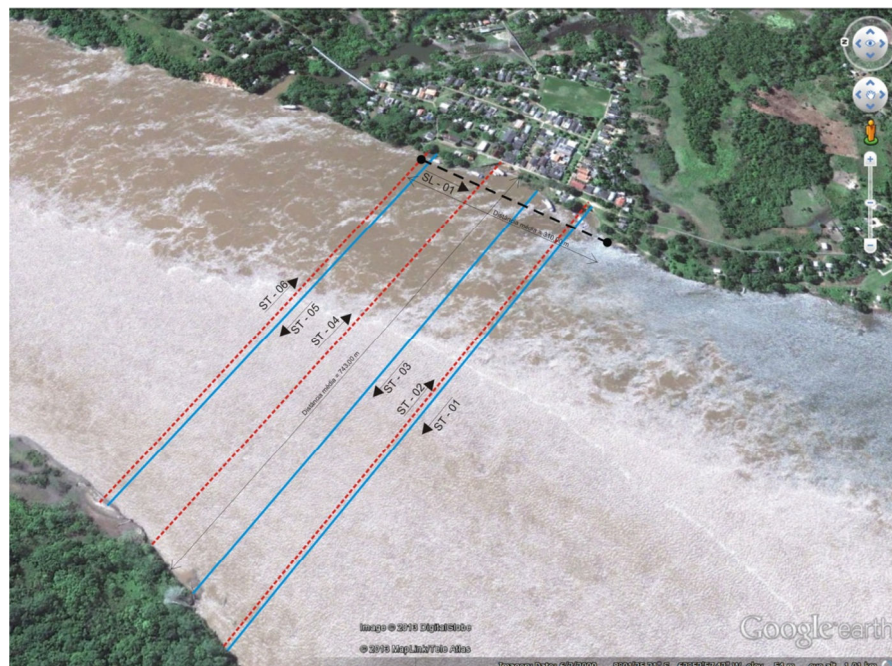


Figura 3 – Localização da área de estudo com detalhamento das seções de medição. (Imagem do Google Earth).

5.1 Análise do Levantamento Batimétrico

A Figura 4 mostra em detalhes a localização do distrito de Calama. Observando a figura, é possível identificar alguns pontos que podem contribuir para os problemas enfrentados por esta comunidade. Nota-se que a confluência entre os rios Madeira e Machado fica bem próxima do distrito. O rio Machado contribui em média 10% da vazão total que passa nesse trecho do rio Madeira. Além dessa proximidade da foz do rio Machado com o distrito, naturalmente causando um regime turbulento devido ao encontro das águas, percebe-se também um estreitamento do rio Madeira exatamente em frente à área mais populosa do local, cuja redução do canal de passagem é aproximadamente de 55%. Este fator também potencializa o aumento da velocidade do rio. O formato do rio em curva, observado neste estreitamento, também é um fator relevante, uma vez que o gradiente de velocidade, aliado à conformação física e geológica do leito, causa correntes secundárias com movimento rotacional contra as margens, originando processos erosivos e de deposição.

As Figuras 5, 6 e 7 representam o levantamento do perfil transversal do Rio Madeira, trecho compreendido no distrito de Calama. A largura média das seções foi de aproximadamente 700,0 m. A partir da análise destes perfis foi possível identificar um padrão no comportamento da seção transversal. As medições permitiram observar uma plataforma praticamente plana, numa extensão variando de 15,0 m a 30,0 m, partindo da margem direita do rio, com profundidade de até 5,0 m. A partir deste ponto o rio começa a aprofundar-se chegando a atingir 45,0 m. Já na margem esquerda esta plataforma varia de 200,0 m a 250,0 m. Isto pode ser explicado pelo fato deste lado do rio (esquerdo) ser numa margem convexa tendo, portanto, um processo mais acelerado de deposição de sedimentos, em detrimento à margem oposta (direita) que sofre com o processo erosivo (margem côncava). A Figura 8 é resultado da interpolação das seções transversais e longitudinal e mostra o comportamento do leito do rio.

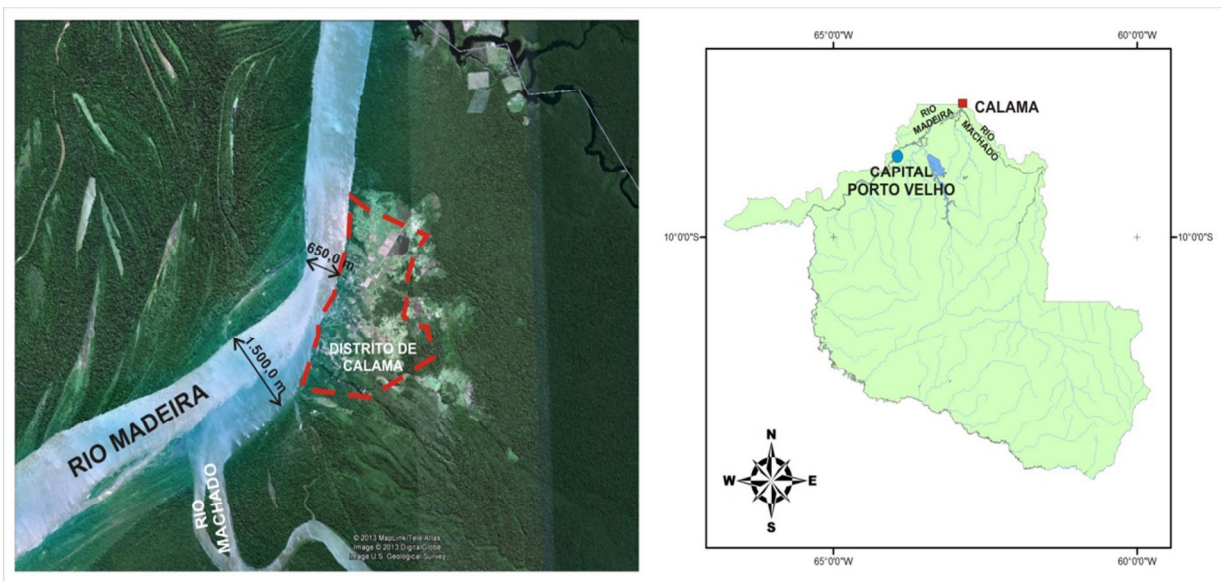


Figura 4 – Detalhe da localização do distrito de Calama, situado após a foz do rio Machado. (Imagem do Google Earth).

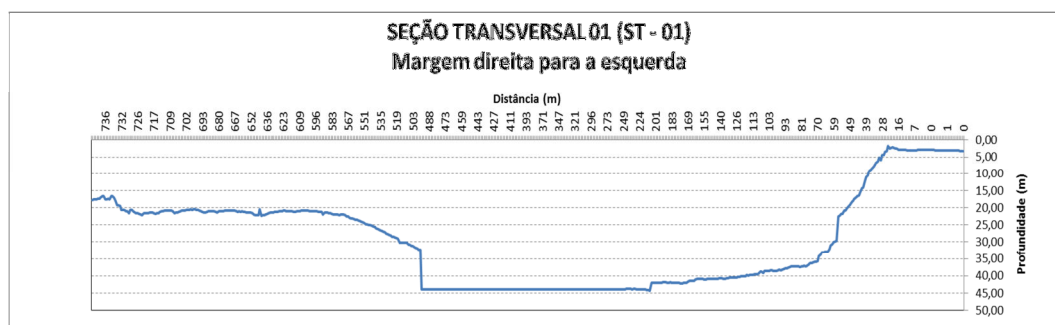


Figura 5 – Detalhe do perfil transversal do rio – ST 01

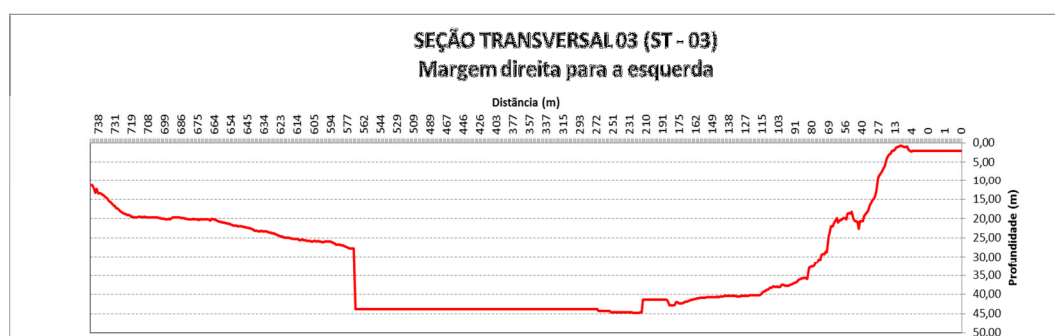


Figura 6 – Detalhe do perfil transversal do rio – ST 03

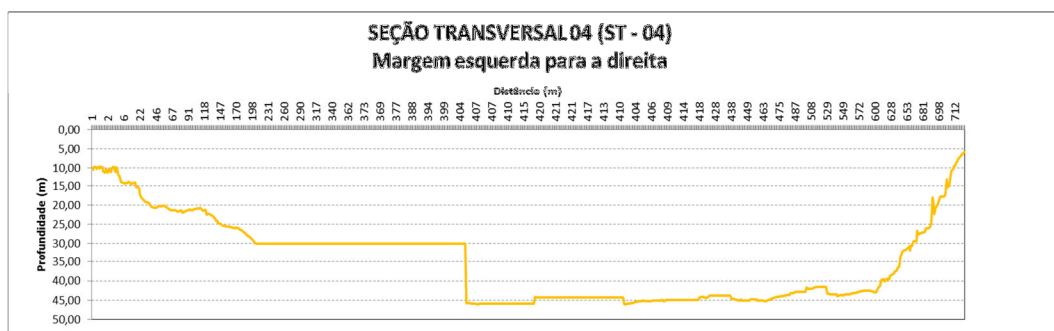


Figura 7 – Detalhe do perfil transversal do rio – ST 04

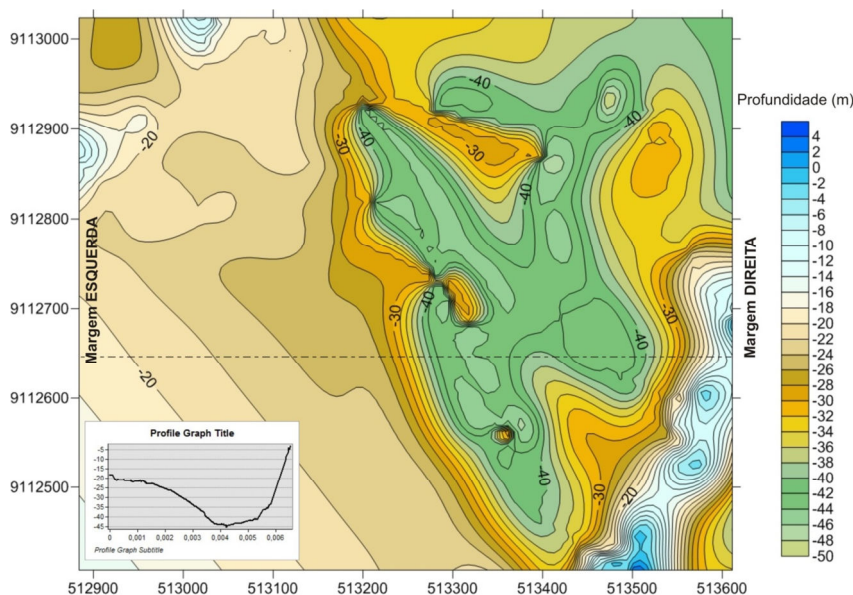


Figura 8 – Mapa batimétrico da área de estudo.

5.2 Análise da Medição de Descarga Líquida (Vazão)

Com o advento dos Medidores de Corrente Acústico Doppler (ADCP), já comentado neste trabalho, tornou-se mais prático, seguro e mais rápido as medições de vazão, principalmente para os rios caudalosos, como é o caso do Rio Madeira, local deste estudo.

A partir destas informações, a equipe de escritório passou a analisar os resultados, validando 50% das medições, ou seja, três medições de descarga líquida. Esta análise é importante, pois durante as travessias podem acontecer fatores que influenciam diretamente nos resultados das medições. Neste caso específico, a maior dificuldade encontrada pela equipe foi no trecho central do rio, numa faixa de aproximadamente 200,0 m de extensão (representando 25% do total), cuja velocidade chegou a 3,50 m/s, sendo agravado pelo excesso de troncos de madeira que desciam o rio (situação característica deste rio), o que dificultou a travessia com a embarcação, obrigando ao “prático” desviar a todo o momento destes troncos, a fim de evitar possíveis danos ao equipamento e à embarcação.

A Figura 9 representa o perfil transversal do rio, com destaque para a velocidade em cada ponto na horizontal e vertical. Analisando este gráfico, observa-se uma padronização de velocidade dentro do esperado, ou seja, velocidades menores nas margens e maiores no trecho central do rio.

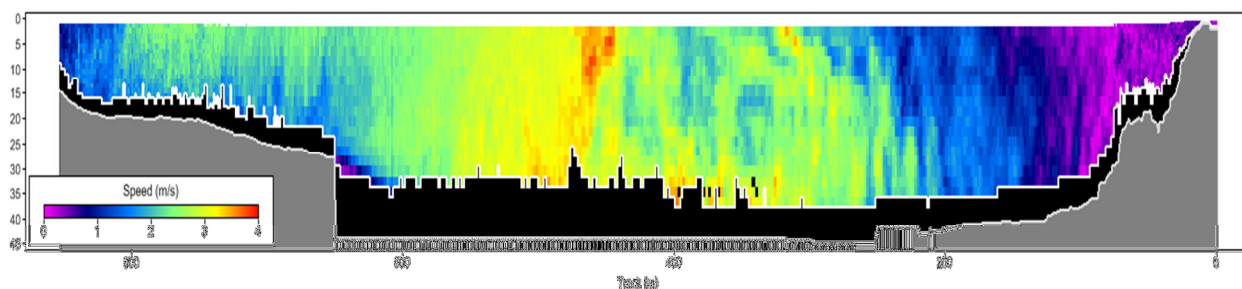


Figura 9 – Seção Transversal 03 – ST 03.

Realizando-se uma comparação entre os comportamentos de velocidades nas margens direita e esquerda, observa-se que: no lado direito, os valores de velocidades só atingem o patamar de 2,00 m/s a partir de 200,0 m de distância da margem, enquanto que do lado esquerdo do rio, as velocidades partem da margem já praticamente com estes valores, ou seja, com alta velocidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado na localidade de Calama, distrito do Município de Porto Velho/RO, teve como objetivo conhecer a morfologia submersa do trecho do rio Madeira, a partir do levantamento batimétrico, bem como conhecer o comportamento da velocidade que passa naquela seção de medição.

No período da realização do trabalho não foi observado influência direta do fluxo de velocidade do rio na margem direita, constatado tanto pelos gráficos de velocidade analisados, quanto visualmente (a água próxima à margem estava com velocidades muito baixas).

Por fim, este trabalho possibilitou o conhecimento do leito do Rio Madeira no trecho do distrito de Calama, numa época do ano em que os rios amazônicos atingem suas cotas máximas. Espera-se assim, que os resultados das análises técnicas possam subsidiar estudos mais detalhados e às ações estruturais a fim de conter ou minimizar o processo erosivo que está ocorrendo nesta localidade.

7. REFERÊNCIAS

ADAMY, A (2013). Avaliação do processo erosivo fluvial em vila Calama, Rio Madeira. Porto Velho: CPRM, 2013. 29p. il., color.

GOOGLE EARTH 4.0. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 09 abr. 2013.

TULIO, S.; GAMARO, P. E. M.; MALDONADO, L. H. (2011). Avaliação do uso do medidor de vazão doppler com feixe vertical em levantamentos batimétricos. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Maceió/AL. p. 12. 2011.

FERREIRA, I. O.; RODRIGUES, D. D.; DOS SANTOS, A. P. Levantamento batimétrico automatizado aplicado à gestão de recursos hídricos. Estudo de caso: represamento do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – MG. In *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, Recife, Mai. 2012, 1, pp.001-008.