

MONITORAMENTO DA OSCILAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA DO RIO MADEIRA A JUSANTE DA USINA

1. INTRODUÇÃO

Conforme compromisso assumido no Termo de Ajustamento de Conduta - TAC, a SAE – Santo Antonio Energia S.A., por meio da PCE, deu continuidade às análises e estudos referentes à ocorrência de processos erosivos e de oscilações no nível d'água no rio Madeira nas imediações da cidade de Porto Velho, estendendo a análise até a localidade de Humaitá, onde esta instalada a ultima Estação Telemétrica de Jusante.

Foram instaladas cinco réguas para medições visuais das variações de nível d'água desde a região da Usina até as proximidades do Porto a Jusante. Estas réguas, juntamente com a análise das estações telemétricas existentes e uma avaliação geotécnica dos locais permitiu um entendimento do processo erosivo em questão.

2. AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA

Para fins de análise dos processos erosivos em curso a jusante, faz-se uma breve análise sobre a gênese dos litotipos que compõem a geologia local.

- Na região do canteiro da UHE Santo Antônio, com extensão da ordem de 1 km a jusante, os granitos do batólito Santo Antônio recobertos por solos residuais mergulham fortemente, praticamente delimitando o corpo a NE-SE (Foto 1);

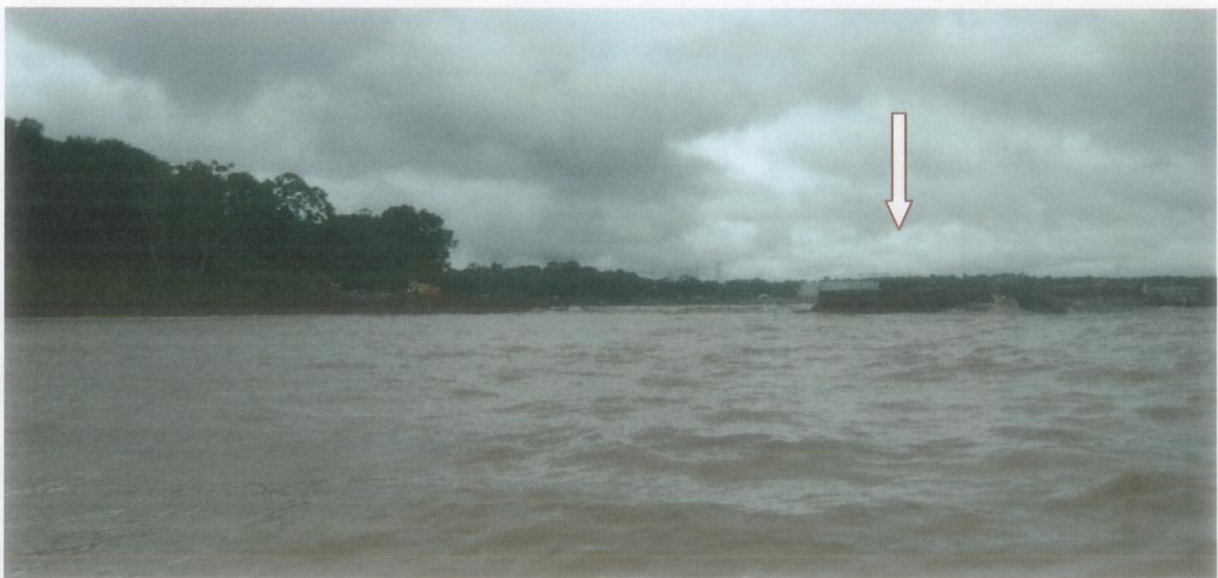


Foto 1 – Região imediatamente a jusante do canteiro de obras mostrando os últimos afloramentos rochosos.

- A partir deste limite e se estendendo até a região do Cai n'Água se formou uma extensa planície de inundação, onde foram depositados os sedimentos da Formação rio Madeira, predominando as texturas finas de argilas, siltes e areias. A espessura destes sedimentos é muito variável podendo localmente atingir dezenas de metros. O rio Madeira, ali encaixado, continua seu processo de deposição e erosão marginal dos sedimentos recentes, em que predominam as areias muito finas siltosas e as argilosas siltosas, apresentando na maioria material orgânico disseminado, dando origem a cores acinzentadas. Estes materiais são de baixas compacidades e consistências (Fotos 2 e 3);



Foto 2 – Região a montante da Torre da Linha de Transmissão.



Foto 3 – Área com presença de sedimentos de baixa consistência.

- A partir deste limite, com extensão Quilométrica para jusante, se desenvolve uma superfície inicialmente aplainada pelos processos erosivos de solos colúviais e residuais consistentes, localmente laterizados, onde foram instaladas as edificações da extinta EFMM. Nesta região as margens apresentam comportamento satisfatório, de relativa estabilidade aos processos erosivos (Fotos 4 e 5), com tendência de maior estabilidade para jusante;



Foto 4 – Área de transição da planície de inundação se elevando para jusante.





Foto 5 – Área de atracadouro de barcos na região do Cai N'água. Área elevada e com barranco preservado.

- Contornando a jusante da referida área aplainada (situada entre as elevações 65-70 m), afloram os solos residuais (localmente coluvionados e laterizados) e rochas do embasamento cristalino, atingindo as elevações 100-110 m (Foto 6).





Foto 6 – Área edificada em cota elevada com talude estável. Na parte baixa, com vegetação, se depositam sedimentos recentes, onde ocorrem processos periódicos de deposição e erosão.

Portanto, a partir das imediações do local conhecido como Cai n'Água, no sentido jusante, onde começa a existir predominância de solo residual ao aluvial encontrado a montante, verifica-se uma melhora nas características geomecânicas do solo das margens.

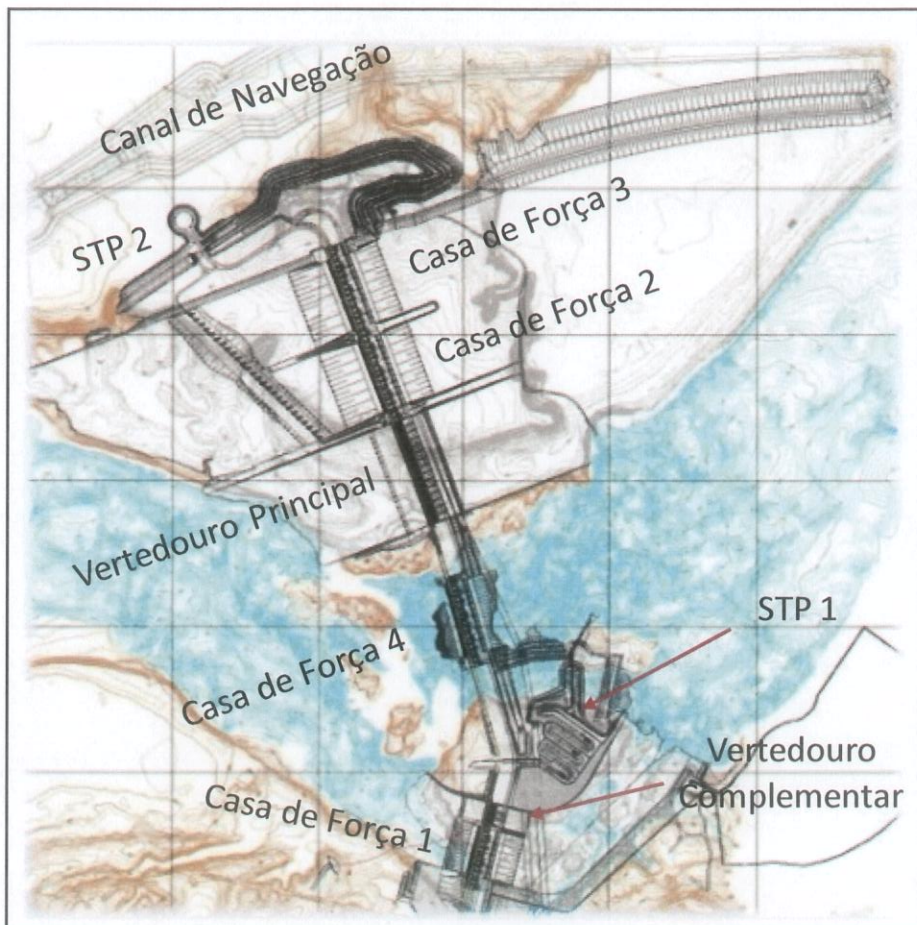
3. MONITORAMENTO DAS OSCILAÇÕES DO NÍVEL D'ÁGUA

No trecho compreendido entre o eixo da UHE Santo Antônio e a ponte da BR-319 (próxima à travessia das Balsas), estão sendo realizados monitoramentos, através da instalação de réguas e medição visual, a partir do mês de fevereiro de 2012, bem como análises das oscilações do nível d'água, com o intuito de melhorar o entendimento sobre a questão dos processos erosivos e desbarrancamentos na margem direita do rio Madeira.

O monitoramento consta de acompanhamento diário das oscilações do nível d'água, conjuntamente com as respectivas vazões diárias do rio madeira. A Figura 1, a seguir,

apresenta o arranjo geral da usina, com destaque para a localização dos vertedouros e casas de força do empreendimento.

Figura 1. Arranjo geral da UHE Santo Antônio



O monitoramento da oscilação dos níveis d'água aconteceu, primeiramente, em 4 (quatro) locais de monitoramento e, a partir do dia 19 de fevereiro, foi incorporado mais um local situado a montante da ponte em construção da BR-319. A localização destes pontos de monitoramento, distribuídos num estirão de 8,5 km se visualiza na Figura 2, enquanto que a Tabela 1 apresenta as coordenadas UTM das margens destas seções.

Figura 2. Localização das seções de monitoramento

A escolha destes locais de monitoramento foi proposital, de forma a caracterizar pontos notáveis no estirão. Assim, a seção ST 256,0 localiza-se 200 m a jusante da linha de transmissão, a seção ST 255,1 se situa no bairro Triângulo, a seção denominada Cai n'Água situa-se frente ao Porto do Cai n'Água, a seção ST 251,9 encontra-se próxima ao Porto Graneleiro da Sociedade de Portos e Hidrovias de Rondônia (SOPH) e a seção Mont. Ponte localiza-se 500 m a montante da ponte da BR-319. Destaca-se ainda que as seções ST 251,9, ST 255,1 e ST 256,0 são utilizadas normalmente para o monitoramento do processo de erosão ou assoreamento do rio após a implantação da UHE Santo Antônio.

Tabela 1. Coordenadas das seções de monitoramento

Seção (km)	Margem Direita		Margem Esquerda	
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
Mont. Ponte	9.033.562	398.972	9.033.544	398.230
ST 251,9	9.032.429	399.314	9.032.447	398.377
Cai n'Água	9.030.452	399.996	9.030.630	398.568
ST 255,1	9.029.048	399.268	9.029.779	398.111
ST 256,0	9.028.116	398.918	9.029.100	397.772

Para o monitoramento do fenômeno de ondas que vem acontecendo na região (também conhecido localmente como banzeiro ou marola), iniciou-se, em 4 de fevereiro, o registro diário da oscilação do nível d'água e da frequência destas oscilações nestas seções. Considerando que não se encontram facilmente no mercado equipamentos comerciais com as características apropriadas para caracterizar este fenômeno, foram instaladas réguas na margem direita do rio, junto a cada seção, para o registro destas magnitudes. Desta forma, um observador vem registrando a oscilação mais freqüente dos níveis d'água e a freqüência por um período de 20 minutos, duas vezes no dia (geralmente espaçadas em 2 horas).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO

Apresenta-se a seguir uma análise dos dados observados no período 04 a 22 de fevereiro nos locais de monitoramento a jusante da UHE Santo Antônio. Cabe destacar que, neste período, a vazão do rio Madeira variou entre 25.000 e 36.000 m³/s, conforme se visualiza na Figura 3.

Figura 3. Hidrograma do Rio Madeira salientando o período de monitoramento da oscilação do nível d'água em Porto Velho


A Figura 4 mostra a diferença de nível d'água da oscilação mais freqüente do nível d'água nestes locais, com valores máximos da ordem de 0,35 m na seção ST 256,0. Nas seções ST 255,1 e Cai N'Água houve oscilações do nível um pouco menores, da ordem de 0,30 m.

A freqüência da oscilação do nível d'água nos locais de monitoramento, ou seja, o número de vezes que o observador registrou a ocorrência da oscilação máxima nos 20 minutos de cada medição, apresenta-se na Figura 5. Nas seções ST 256,0 e ST 255,1 não se verificam variações significativas ao longo do intervalo de análise, enquanto que na seção Cai N'Água é evidente a diminuição dos eventos de oscilação do nível d'água. A seção ST 251,9 não apresentou grandes alterações no período, com exceção para um evento isolado ocorrido em 12 de fevereiro. A Figura 6 apresenta as mesmas séries de dados da figura anterior, mas separadamente, de forma a facilitar a interpretação das feições em cada local de monitoramento.



Figura 4. Oscilação mais frequente do nível d'água nos locais de monitoramento a jusante da UHE Santo Antônio

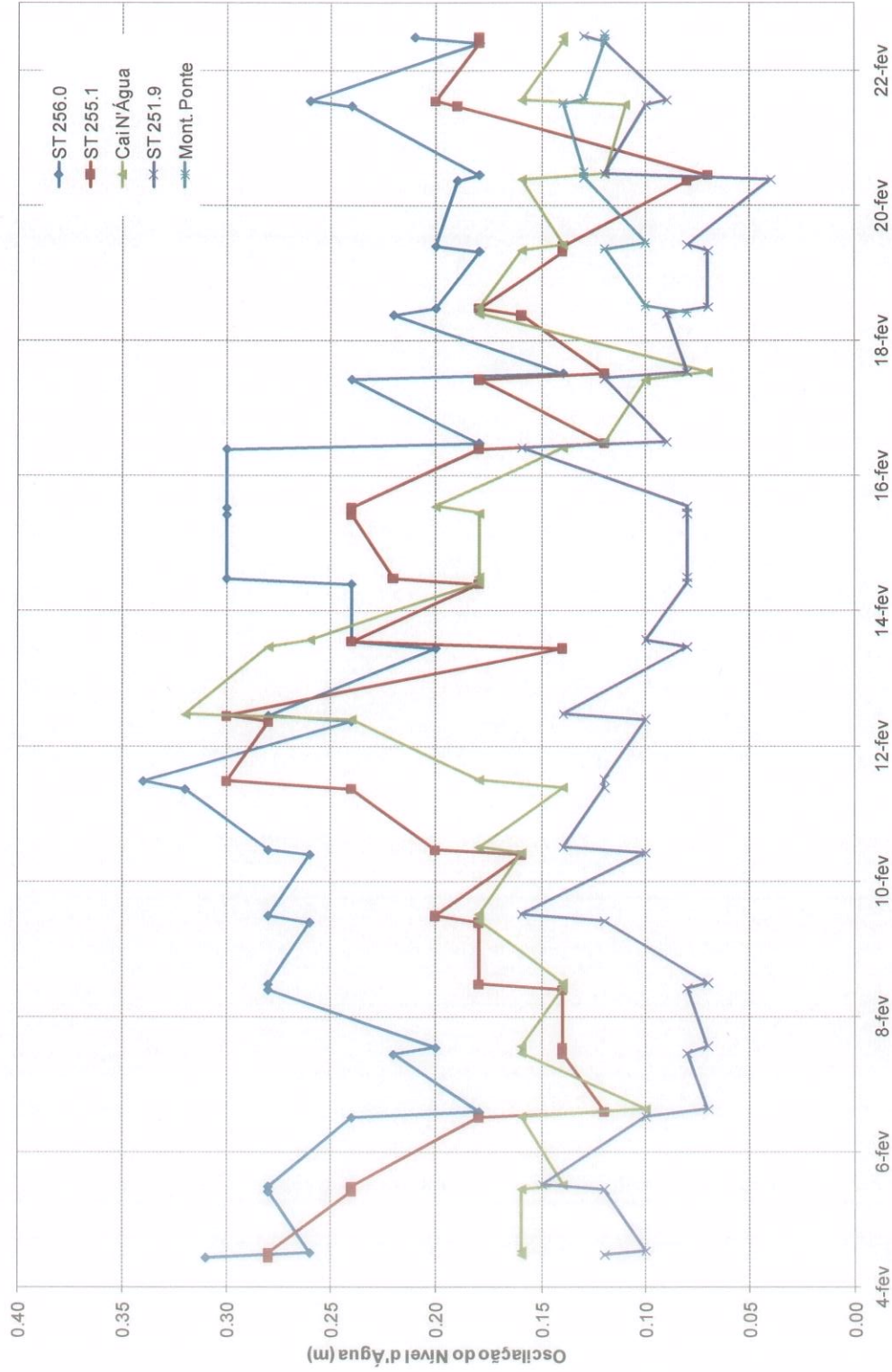
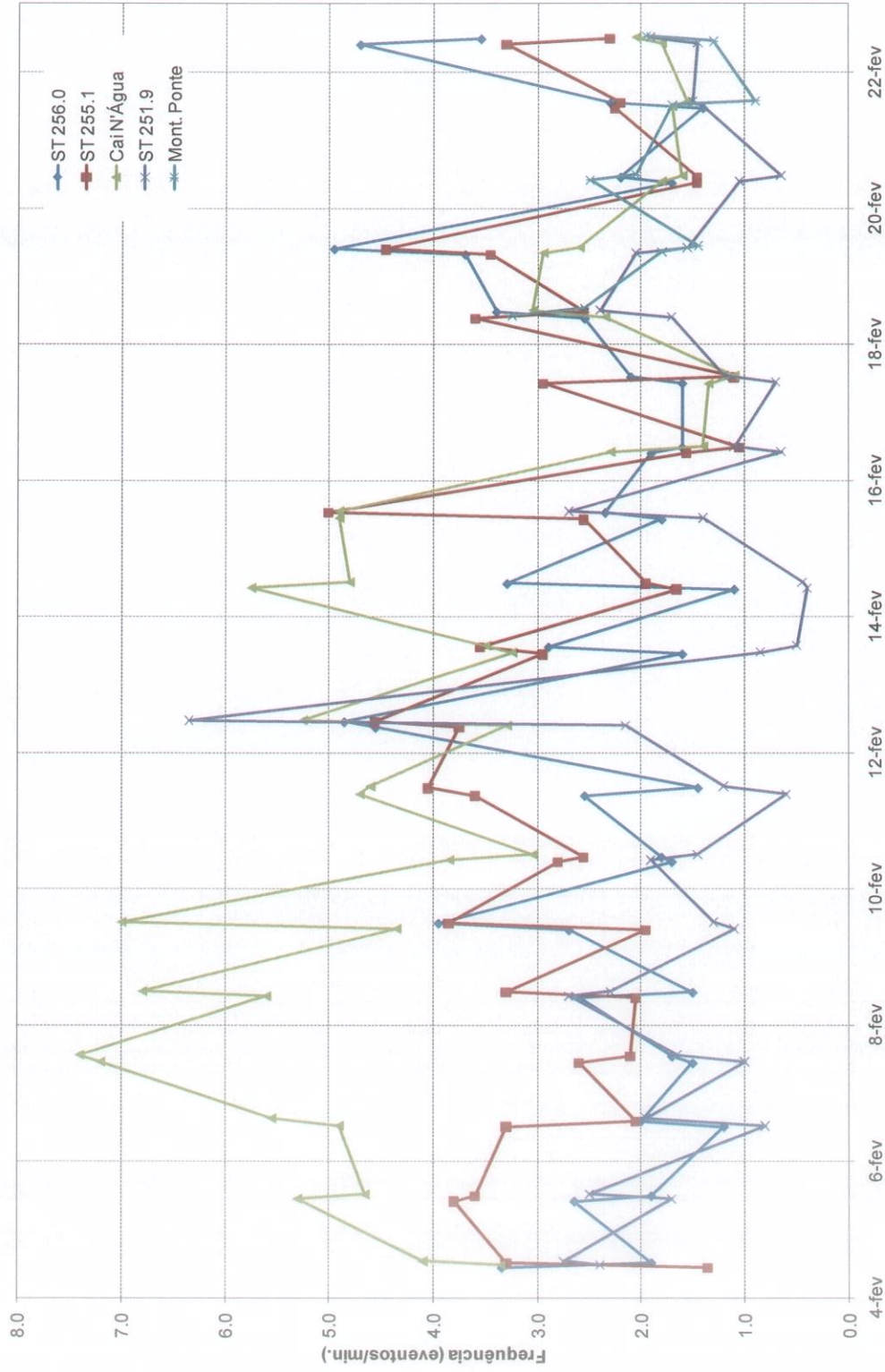
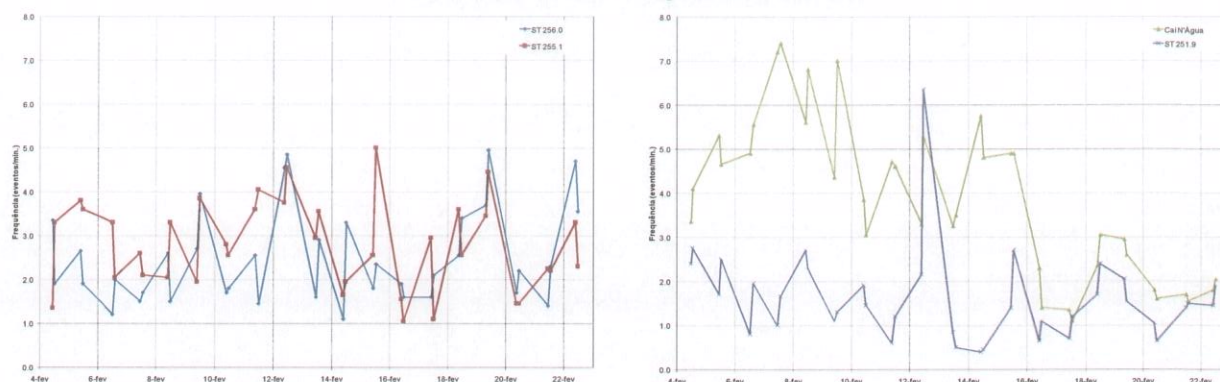


Figura 5. Frequência da oscilação do nível d'água nos locais de monitoramento a jusante da UHE Santo Antônio



Handwritten signature

Figura 6. Frequência da oscilação do nível d'água considerando os locais de monitoramento separadamente

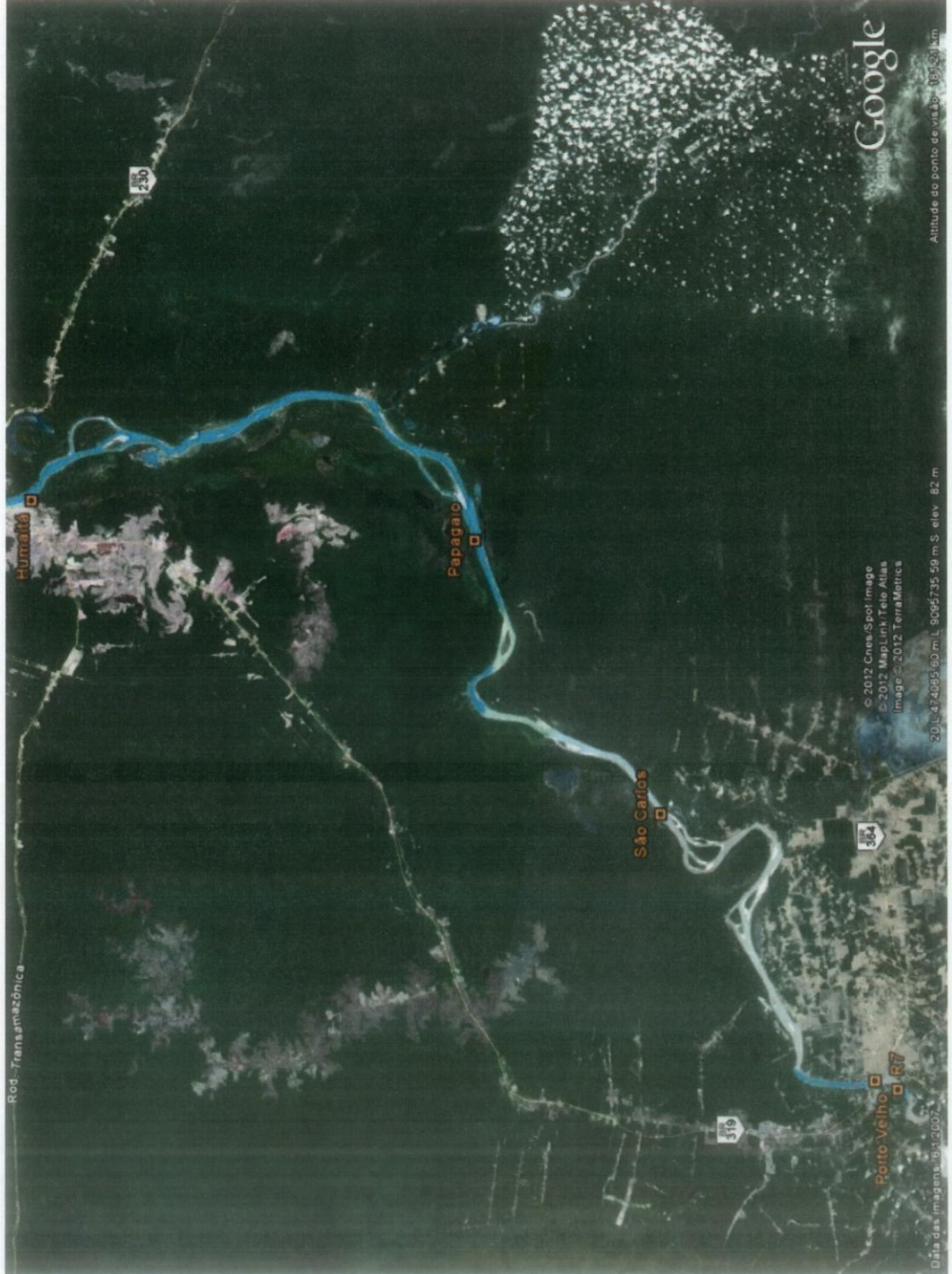
Para complementar a avaliação das oscilações do nível d'água nas proximidades de Porto Velho procedeu-se a análise dos registros das séries de níveis das estações telemétricas hidrológicas de UHE Santo Antônio Jusante R7, Porto Velho - ANA, São Carlos, Papagaio e Humaitá (Ver Figura 7). Os primeiros registros destas estações correspondem ao mês de fevereiro de 2011, com exceção da estação Porto Velho que iniciou em setembro de 2011. Cabe destacar que a estação telemétrica de Porto Velho embora também tenha sido instalada em fevereiro/2011, na estrutura fluvial do Porto Graneleiro da Sociedade de Portos e Hidrovias de Rondônia (SOPH), apresentou problemas de interferência do sinal transmitido entre o sensor de nível e a estação, que tornaram necessária a sua reinstalação, que só foi possível em setembro de 2011, em um novo local. Por esta razão não há dados desta estação referentes ao mês de fevereiro de 2011 para a comparação com as demais.

As estações da Rede Telemétrica da UHE Santo Antônio estão configuradas para registrar e armazenar dados de nível d'água a cada 15 minutos. Considerando-se que o tempo de 15 minutos poderia ser considerado muito extenso para caracterizar adequadamente o fenômeno de oscilação de níveis do rio, foi realizado um teste na estação de Porto Velho para reconhecer e validar as observações diárias da oscilação de níveis d'água nos locais de monitoramento, no qual se alterou a taxa de amostragem de dados desta estação para registrar níveis a cada 10 segundos.

Na Figura 8 apresenta-se o registro do nível d'água para os dias 24 e 26 de fevereiro considerando uma taxa de amostragem de 15 minutos, enquanto que na Figura 8 se visualiza o nível d'água na mesma estação, porém utilizando uma taxa de amostragem maior, de 1 registro a cada 10 segundos.

Na comparação da Figura 8 e Figura 9 se percebe que os registros de rotina das estações telemétricas, com uma taxa de amostragem de 15 minutos, são compatíveis com os registros da oscilação do nível d'água a cada 10 segundos. Nestas figuras se identifica que a oscilação do nível d'água tem um valor médio de aproximadamente 0,08m, e variações extremas da ordem de 0,12m.

Figura 7. Localização das Estações Hidrológicas Telemétricas da UHE Santo Antônio



[Handwritten signature]

Figura 8. Registro do nível d'água na estação telemétrica de Porto Velho com uma taxa de amostragem de 15 minutos

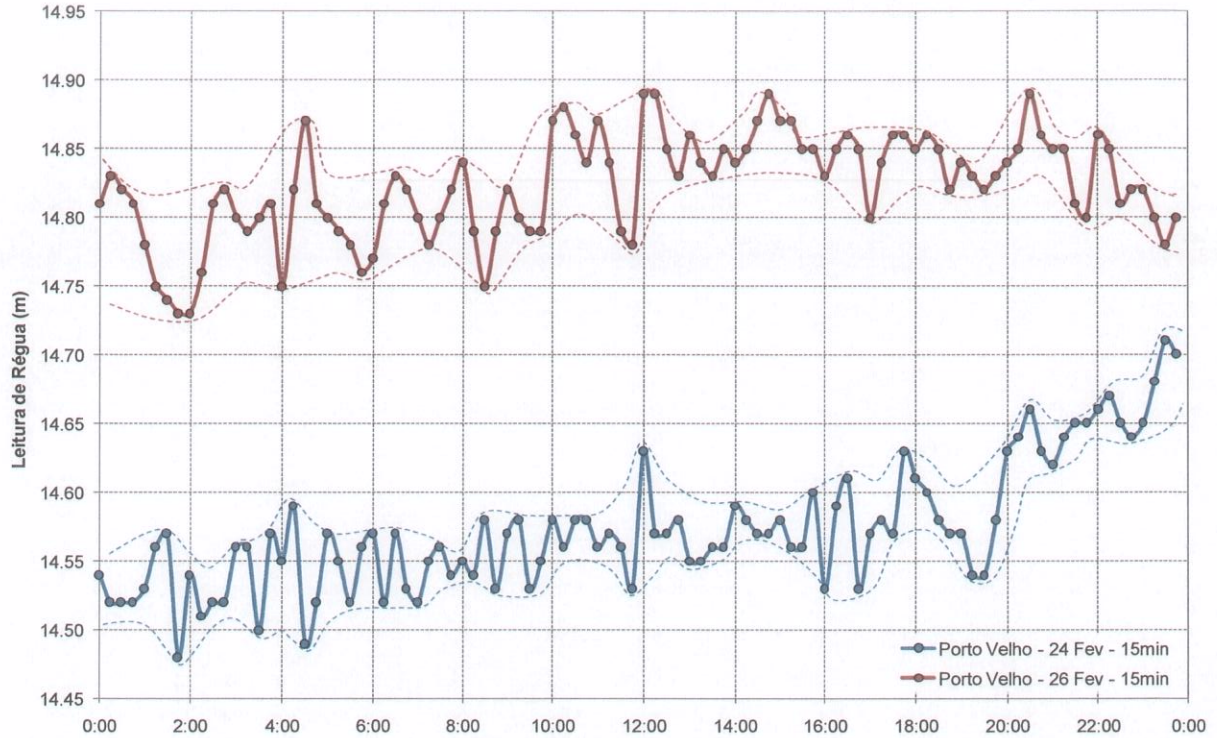
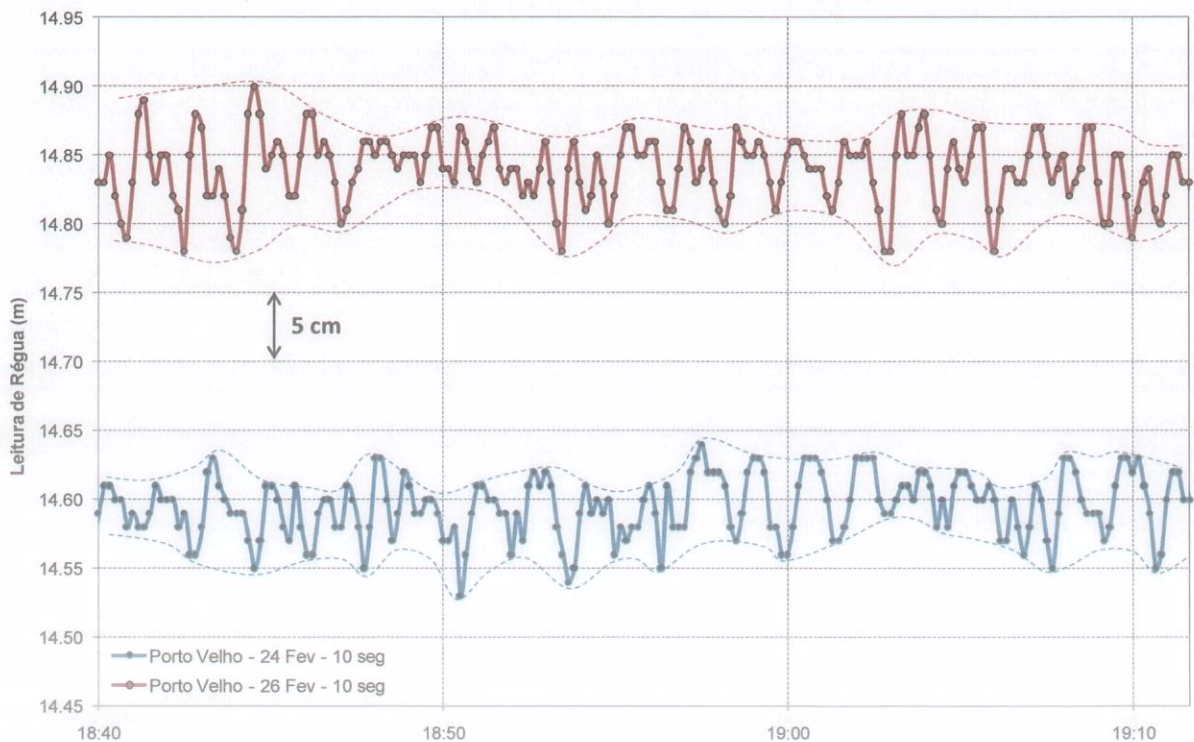


Figura 9. Registro do nível d'água na estação telemétrica de Porto Velho com uma taxa de amostragem de 10 segundos



Assim, passou-se a considerar que a amostragem a cada 15 minutos é capaz de caracterizar o fenômeno das oscilações de nível e que, portanto, dados de outras estações telemétricas do rio Madeira poderiam ser usados para se avaliar a existência de um padrão natural de ondas, independentemente do eventual efeito causado pela UHE Santo Antônio.

Com este objetivo, apresenta-se, na continuação, o registro do nível d'água da estação UHE Santo Antônio Jusante R7 (Figura 10), estação São Carlos (Figura 11), estação Papagaio (Figura 12) e estação Humaitá (Figura 13). Em cada figura foram plotadas duas séries de dados, que representam períodos com vazão semelhante (~36.000 m³/s) ocorrida durante a cheia de 2011 (06 de março de 2011) e a cheia atual (26 de fevereiro de 2012).

Estas estações se localizam, respectivamente, a 85 km, 152 km e 245 km a jusante de Porto Velho e, ainda que todas apresentem um regime fluvial tranquilo, é justamente Porto Velho a que apresenta maiores possibilidades de escoamento turbulento devido à proximidade da Cachoeira Santo Antônio (hoje substituída pelo empreendimento) e pelo fato de se localizar no segmento de menor largura do rio no trecho em estudo (a largura do rio Madeira em Porto Velho é aproximadamente 800 m, perante os 950 m em São Carlos, 1.150 m em Papagaio e 1.300 m em Humaitá).

A partir da análise dos registros de 2011 e 2012 destas estações telemétricas se percebe que, de fato, o rio Madeira apresenta um padrão de oscilação natural típico para cada local, sendo de aproximadamente 4 cm na Régua 7, 4 cm em São Carlos, 2 cm em Papagaio e 4 cm em Humaitá.

Por último, a Figura 14 apresenta a oscilação do nível d'água nas estações telemétricas UHE Santo Antônio Jusante R7, Porto Velho, São Carlos, Papagaio e Humaitá para o dia 24 de fevereiro de 2012. A visualização conjunta destes registros permite identificar a dissipação das oscilações entre a estação telemétrica R7 (localizada 3 km a jusante da UHE) e a estação de Porto Velho (localizada 4 km a jusante da R7).

Adicionalmente, esta figura permite ponderar que a oscilação do nível d'água em Porto Velho, situada no segmento mais estreito do rio no trecho considerado, se aproxima da oscilação natural do rio Madeira que se observa nos registros das estações São Carlos, Papagaio e Humaitá. Isso permite entrever que o fenômeno da alteração da oscilação do nível d'água causada pela influência da UHE Santo Antônio fica restrito às imediações da cidade de Porto Velho.

Figura 10. Registro do nível d'água na estação telemétrica UHE Santo Antônio Jusante R7 durante a cheia de 2011 e 2012

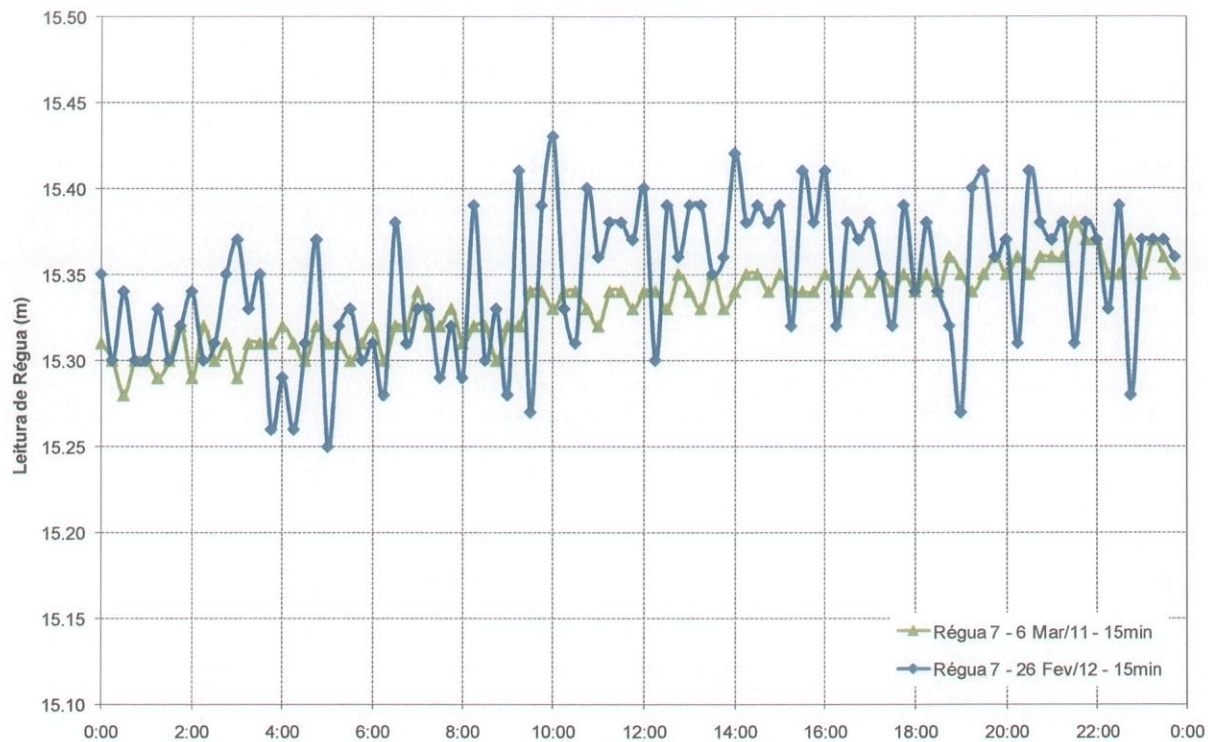


Figura 11. Registro do nível d'água na estação telemétrica de São Carlos durante a cheia de 2011 e 2012

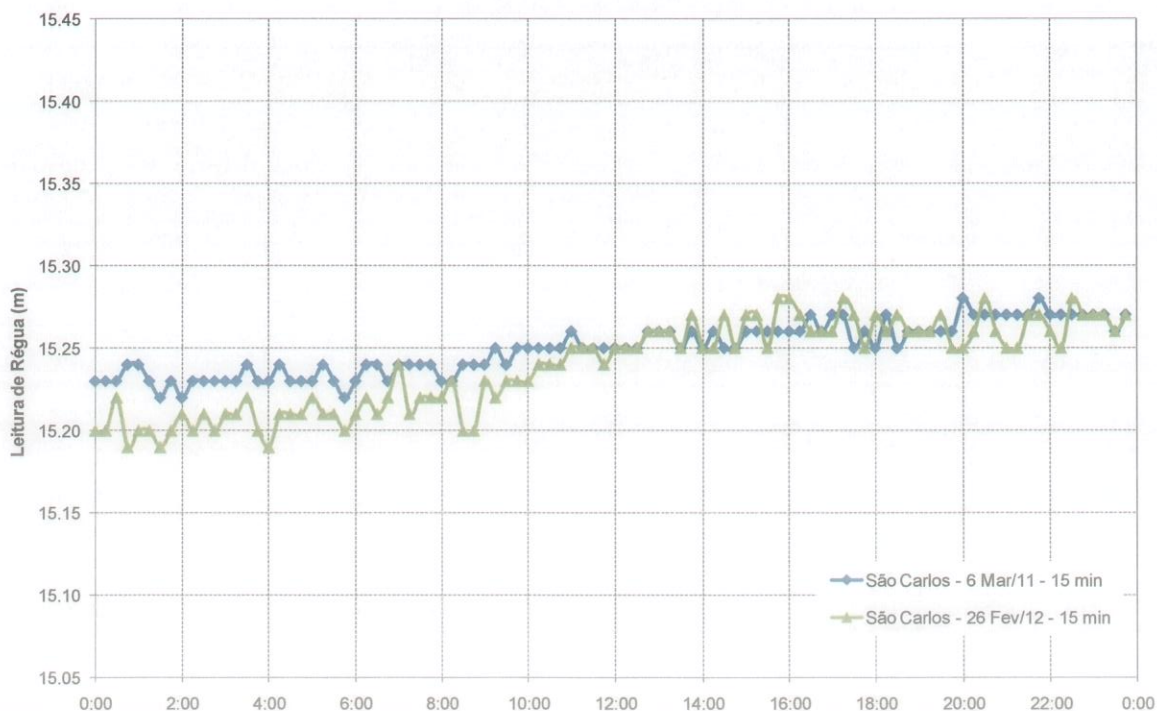



Figura 12. Registro do nível d'água na estação telemétrica de Papagaio durante a cheia de 2011 e 2012

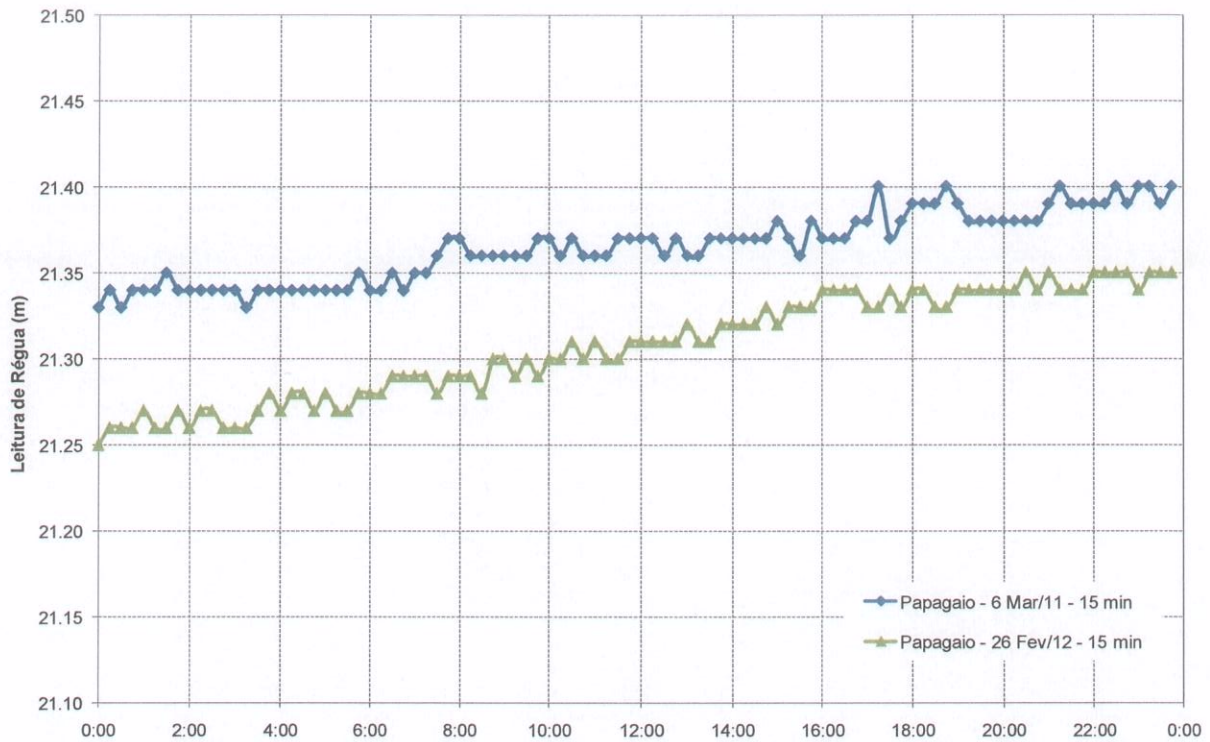


Figura 13. Registro do nível d'água na estação telemétrica de Humaitá durante a cheia de 2011 e 2012

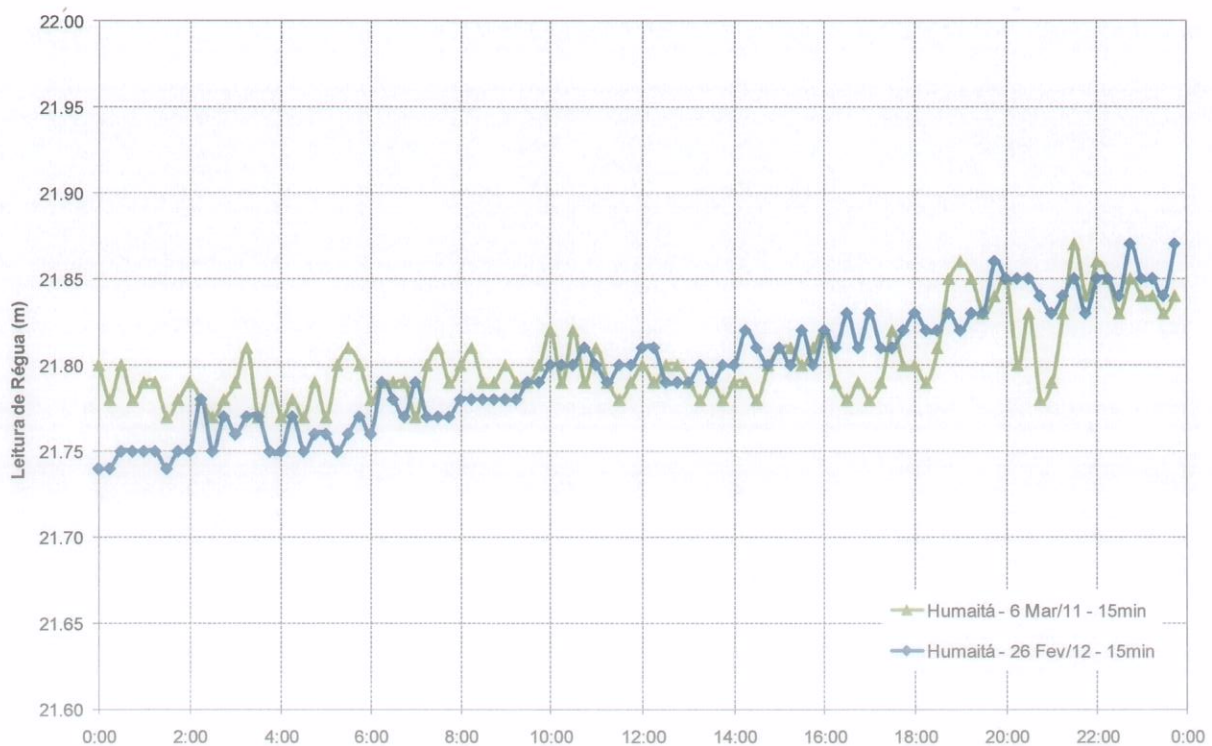
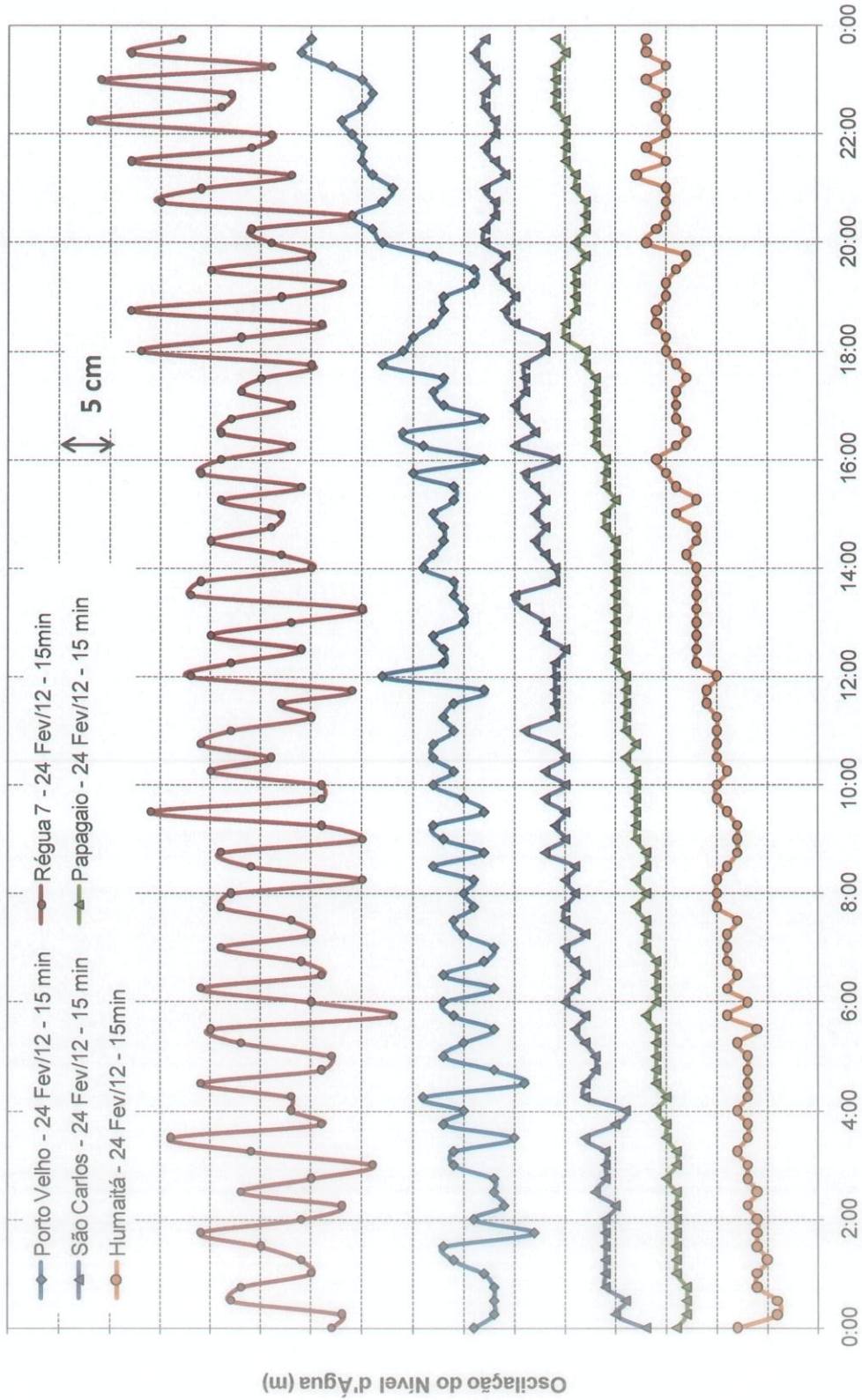


Figura 14. Registro do nível d'água nas estações telemétricas de Régua 7, Porto Velho, São Carlos, Papagaio e Humaitá




5. CONCLUSÃO

Pelo exposto nos parágrafos precedentes pode-se concluir que:

- a) A oscilação do nível d'água é decrescente no sentido jusante entre a UHE Santo Antônio e a localidade de Humaitá. Na média estas oscilações são:

LOCAL	OSCILAÇÃO	MEDIÇÃO
Régua 7 (próximo à UHE)	20 cm	Telemetria
ST 256,0	20 cm	Régua
ST 255,1	17 cm	Régua
Cai n'Água	15 cm	Régua
ST 251,9	12 cm	Régua
Porto Velho - ANA(porto)	8 cm	Telemetria
São Carlos	4 cm	Telemetria
Papagaio	2 cm	Telemetria
Humaitá	4 cm	Telemetria

- A análise da oscilação do nível d'água na estação de Porto Velho, quando comparada à oscilação natural do nível d'água do rio Madeira em diversas estações fluviométricas, permite entrever que o fenômeno da alteração da oscilação do nível d'água é causado pela influência da UHE Santo Antônio e fica restrito às imediações da cidade de Porto Velho.
- A avaliação geotécnica feita por meio do mapeamento visual indica uma melhora nas características geomecânicas do solo das margens a partir das imediações do local conhecido como Cai n'Água onde começa a existir predominância de solo residual ao aluvial encontrado a montante.
- Este comportamento decrescente da oscilação do nível d'água somado à melhora das características geomecânicas dos solos quanto à resistência a ações erosivas indica que o efeito de desbarrancamento das encostas deve cessar no limite até onde a Santo Antônio Energia, hoje, está providenciando a proteção de margens com enrocamento, conforme TAC – Termo de Ajustamento

de Conduta firmado com o Ministério Público Estadual (Foto 7). Entretanto pontualmente, em locais entre a seção denominada “Cai n’Água e a seção “Montante Ponte” podem ser necessárias proteções/intervenções em função do comportamento observado durante o ano de 2012.

- Após a cheia de 2012, quando os níveis d’água de jusante abaixarem, toda a região protegida com o enrocamento deverá ser revisitada com vistas a se verificar a necessidade de correções pontuais.



Foto 7 – Detalhe da proteção de enrocamento na área do “bairro Triangulo”. Área crítica, com árvores tombadas.

Porto Velho, RO, 12 de Março de 2012.



João Carlos Mattoso Salgado

Eng. Civil

CREA : N ° 91-1-00105-1