

POTENCIAIS PROBLEMAS DAS MEDIÇÕES ACÚSTICAS DE VAZÃO NA AMAZÔNIA

Paulo Everardo Gamaro¹

RESUMO Os rios Amazônicos tem as maiores dimensões do planeta, e 14% da água doce da Terra. O estudo desta biodiversidade se inicia nas medições, neste caso de vazão, e a melhor e mais econômica maneira de se fazer isto é se utilizando medidores acústicos Doppler. Mas medir em tais dimensões se faz necessário um conhecimento do aparelho, e de como este se comportará. Antever os possíveis problemas em medições desta magnitude. é evitar problemas em futuras medições evitando desperdício da já curta verba para tal e de tempo.

ABSTRACT The Amazonia rivers have the biggest dimensions in the planet and has 14% of the fresh water on Earth. The study of this biodiversity begins with measurements, in this case discharge, and the best way and more economic way to do this is using the Acoustic Doppler meters. But measure in such dimensions needs the knowledge of the equipment and how it will respond. It is Need to pre evaluate possible problems in this size of measurements is a way to do not waste time and money.

Palavras-Chave – ADCP, Medições de Vazão, Amazônia

¹Engenheiro da Itaipu Binacional, fone 0xx45 35206824, email: pemg@itaipu.gov.br

POTENCIAIS PROBLEMAS DAS MEDIÇÕES ACÚSTICAS DE VAZÃO NA AMAZÔNIA

INTRODUÇÃO:

Os primeiros medidores acústicos Doppler foram criados para ambientes marítimos, especialmente para uso em baías e perto da costa, porém estes instrumentos eram utilizados estáticos, montados em bóias ou em montagens no fundo fazendo levantamentos de direções e intensidade de correntes.

Medir com o aparelho parado é uma grande vantagem quanto ao processamento do sinal, pois se retira uma das variáveis do sistema.

Para se utilizar estes aparelhos em embarcações mais recursos tiveram que ser acrescentados para possibilitar este uso. Um destes recursos é o cálculo da velocidade do barco, isto é feito através do chamado bottom tracking, ou seja mede-se a velocidade do barco utilizando o efeito Doppler em relação ao fundo.

Foram também desenvolvidos os instrumentos especialmente para rios, mas o foram para rios com dimensões muito aquém das que temos na Amazônia, isto requer uma análise mais cuidadosa para as seções que são utilizadas normalmente na Amazônia, e o conhecimento das capacidades e limites de cada aparelho usado.

Isto porque somente o fato de se medir na Amazônia deve-se ter atenção há alguns fatores tais como: Problemas com o sinal devido as grandes profundidades, A embarcação utilizada pode interferir nas velocidades do ADCP, e causar o efeito ringing devido ao motor criar ruído também no sinal, Velocidades muito altas da água implicam velocidades altas do barco que podem levar no mínimo a maiores DP das velocidades, Cuidados com as extrapolações de fundo, superfície e margens, quantidade de sedimentos: perda de alcance, fundo móvel, etc.

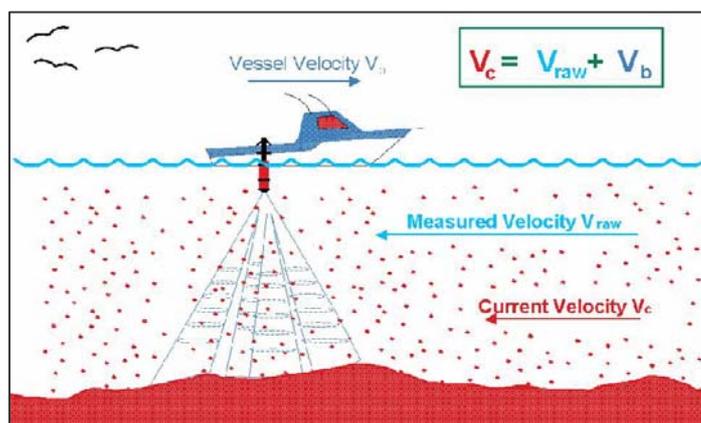


Figura 1 Medição Acústica Doppler – fonte RDInstruments

OPERAÇÃO DE MEDIDORES DOPPLER

Para analisarmos os problemas acima citados devemos entender como os diferentes medidores acústicos Doppler funcionam e no que tal ambiente (Amazônia) requer cuidados diferenciados.

Basicamente estes aparelhos medem através da emissão de ondas sonoras “lê” o retorno do eco deste som nas micro partículas em movimento junto com a água, e através do efeito Doppler calcula a velocidade, ou velocidade e vazão.

De simples porem é só a descrição, emitir em uma frequência conhecida tem todo um conhecimento de acústica e da tecnologia, mas ler o eco destas partículas é ainda mais complicado.

O som ao viajar pela água vai perdendo sua força pelos efeito do espriamento e atenuação, e como toda emissão acústica possui um ruído, esta perda da força vai aproximando o sinal do ruído, até o ponto que não pode mais ser usado como medição, uma vez esteja contaminado pelo ruído próprio.

Alem disso há os ruídos inerentes do meio medido e da medição em si (montagem do aparelho, velocidades do barco etc...). Portanto “ler” e utilizar estes “ecos” requer um complicado processamento de sinais.

As diferentes empresas que produzem os medidores acústicos Doppler, que por sinal são os mesmos que os idealizaram desde o inicio, mas a partir de uma ruptura foram criando outras companhias/empresas, se utilizam de diferentes enfoques na maneira de processar o sinal, cada qual com as suas vantagens e desvantagens, que precisam ser conhecidas para podermos julgar qual equipamento é pertinente para qual local ou situação.

DIFICULDADES AMAZÔNICAS

A grande maioria dos equipamentos acústicos utilizados para medir na Amazônia são de um fabricante que usa como enfoque de medição, a emissão em banda larga (Broadband).

Este enfoque permite se utilizar de métodos mais precisos (*Pulse-to-pulse Coherent Processing*) e outros mais robustos para a medição, o grande problema dos métodos mais precisos são suas limitações que impossibilitam seu uso nos rios amazônicos.

O que nos leva a analisar apenas o método chamado “ Spread spectrum” ou processamento Broadband para este fabricante,

Há ainda alguns equipamentos de outra empresa que se aproveita do método chamado Processamento Incoerente ou Narrowband, que também é possível sua utilização nos rios amazônicos.

MÉTODOS UTILIZADOS

Processamento BroadBand

Neste método os sistemas (aparelhos) emitem pulsos com sub pulsos codificados e correlacionados por tempo entre si (figura 2), processam então a mudança de fase do eco dos sucessivos pulsos.

Imagine dois pulsos separados por um tempo t chamado de *lag*, ao colidirem com uma partícula parada na água retornam o eco sucessivamente ainda separados pelo mesmo tempo t , não houve efeito Doppler, fonte e objetos parados, mas se a partícula esta em movimento sendo carregada pela água este novo tempo é igual $t \pm \Delta t$. Com este *delta t* é possível calcular a velocidade da água.

$$V_{\text{agua}} = \frac{C}{2} * \frac{t}{\Delta t} \quad (1)$$

C =velocidade do som ; t =lag ; Δt = diferença do lag no eco;

Na pratica devido as inúmeras partículas na água, logo inúmeros ecos de um mesmo pulso, não é possível simplesmente medir este tempo, então se utiliza medir o tempo através da mudança de fase (Figura 3).

$$t = \frac{p}{D_f} \quad (2)$$

Sendo p = phase lag e D_f = frequência

Mas a fase é periódica, e se repete a cada 360° , isto é um potencial de erros de velocidade ambígua, Em linhas simplistas para evitar isto as mesmas partículas devem ficar a um certo alcance dos feixes sonoros para que todos possam retornar o eco.

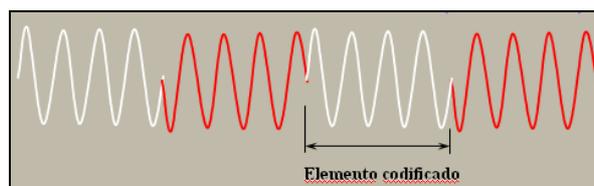


Figura 2 Pulso com sub pulsos codificados

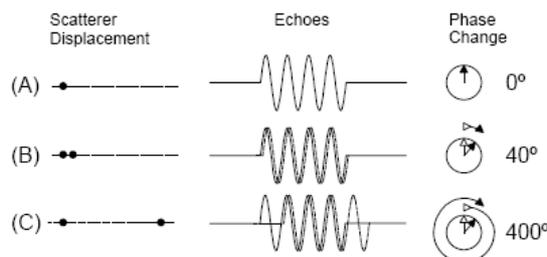


Fig 3 Retardamento na propagação e mudança de fase causada pela movimentação da partícula. Ecos são retardados quando as partículas estão afastadas da fonte do som, isto se chama “propagation delay

“ ou retardamento de propagação. Propagation delay causa a mudança na fase relativa do eco.
(Practical Primer RDI 1996)

As medidas de velocidade feitas são verificadas através do Desvio Padrão. Para uma medição com emissão em BroadBand, no modo 1 que é o que deve ser usado na maioria das seções na Amazônia, o Desvio Padrão (fórmula 3) para este modo em condições normais² é de 18 cm/s.

Como estas condições normais não são facilmente encontradas todas em uma mesma seção, os desvios padrões em certos locais são bem maiores que este valor, e alguns artifícios devem ser buscados para diminuí-los.

$$\sigma_H(V) = \frac{1,5V_a}{\pi} \left[\frac{(R^2 - 1)2C \cos \theta}{F_0 D} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

V_a = Velocidade ambígua ; F_0 = Frequência emitida ; C = Velocidade do som ; D = Célula de profundidade
 θ = ângulo do transdutor ; R = correlação no lag de tempo

As leituras das velocidades produzidas são agrupadas no que chamamos células de profundidade (*depth cell*) ou *bins* e a média destas velocidades passa a ser o valor da velocidade da célula, como os perfis possuem em geral varias células a media das células é a média do perfil.

Pouco pode ser feito para diminuir o Desvio Padrão. Em geral medindo mais pontos melhora a média, e para medir mais amostras podemos aumentar o tamanho da célula, ou emitir mais pulsos no mesmo período de tempo. Sendo os pulsos em Broadband mais complexos de se processar não há como se aumentar o número de pulsos no mesmo período de tempo, no entanto como se utiliza de banda larga, a frequência realmente medida não se restringe a frequência nominal do aparelho, mas se espalha perto desta, e portanto consegue fazer varias medições em um único pulso e com isto baixando o Desvio Padrão para um único pulso, portanto já é inerente ao pulso esta busca de minorar o DP. A outra maneira seria usar uma célula maior que implica na perda de discretização do perfil e perda de área medida junto das margens, porque células maiores inicia-se a medição mais longe da margem.

Processamento NarrowBand

Os modernos sistemas NarrowBand emitem pulsos nesta banda e processam diretamente a velocidade ao lerem o efeito Doppler (fórmula 4), por terem pulsos mais simples, isto é emitem um único pulso e medem o efeito Doppler deste pulso, e por isso emitem maior quantidade de pulsos por segundo para diminuir o Erro Padrão das velocidades (fórmula 5). Este sistema tem uma

² WV170, WS50, corrente homogênea e pouca turbulencia

vantagem teórica sobre o anterior pois não tem problema de descorrelacionar o sinal, porém carece precisa ser mais testado na prática na Amazônia.

$$F_{doppler} = -2F_{fonte} \frac{V}{C} \quad (4)$$

$F_{doppler}$ = Frequência recebida do eco ; F_{fonte} = frequência emitida ; V = velocidade da água ;
 C = velocidade do som

Portanto também é inerente do sistema, baixar o Desvio padrão emitindo mais pulsos, sobrando apenas aumentar o tamanho da célula também.

$$\sigma = \frac{235}{F_0 D \sqrt{N}} \quad (5)$$

F_0 = Frequência Emitida ; D = tamanho da célula ; N = pulsos por segundo ; σ = erro padrão

POTENCIAIS PROBLEMAS AMAZÔNICOS

Os rios amazônicos possuem velocidades e profundidades muito maiores que a maioria dos rios brasileiros, que dizer dos rios americanos para onde normalmente foram projetados os medidores Doppler, apesar de equipamentos com frequência maiores são preparados para profundidades maiores e maiores velocidades, não foram testados em nenhum local parecido com a nossa Amazônia.

A força do sinal e as grandes profundidades

A força do sinal, ou também chamado Intensidade, é a magnitude da reflexão acústica da água.

E é o determinante do alcance do sinal; O alcance máximo de perfilamento é determinado quando a Intensidade do sinal se aproxima do nível do ruído, ou quando encontra algum limite físico (p ex. o fundo)

Sendo os rios amazônicos mais profundos as vezes dependendo da frequência e o tipo de equipamento utilizado o sinal fica perto do nível do ruído, com isso é bem possível que as últimas células de velocidade estejam comprometidas e a qualidade da medição destas células degradadas, ou ainda estando o sinal enfraquecido algumas características da água comuns perto do leito (p ex. turbulência) acabem invalidando aquela porção da medição e por conseguinte a qualidade daquela medição se não a invalidar será uma medição de baixíssima qualidade.

O sinal emitido perde sua força devido aos efeitos: Espriamento, Atenuação e Cavitação.

Espraiamento ou espalhamento é o efeito geométrico que representa o enfraquecimento regular do sinal acústico conforme ele se espalha para longe da fonte (Urlick R. 1967). As perdas por este efeito variam com o alcance de acordo com o logaritmo do alcance (Formula 6).

$$TL = 10 \log r^2 \quad (6)$$

TL= Perda de Transmissão, r = *alcance ou distancia do transdutor*

Absorção ou atenuação (α) é a forma real de perda, e envolve um processo de conversão de energia acústica em calor, e por isso representa realmente uma perda verdadeira de energia acústica para o meio onde a propagação ocorre.

$$\alpha = \frac{10 \log I_1 - 10 \log I_2}{r_2 - r_1} \text{ dB/kyd} \quad (7)$$

I_2 = intensidade na distancia r_2 do transdutor

I_1 e r_1 mesmo acima na distancia 2

Cavitação: É o efeito da formação de bolhas na face do transdutor, e na sua frente, formados a partir do aumento de potencia no transdutor para emissão da energia acústica. A isto se deve a ruptura da água causada pelas pressões negativas.

Todos estes fatores atuam em maior grau devido a distancia do transdutor ao fundo do rio.

Normalmente para medirmos em uma certa profundidade escolhemos uma freqüência que tenha o alcance nominal maior, mas este alcance nominal tem outros fatores que influem nele alem da freqüência, entre eles maior quantidade de material em suspensão, temperatura da água, salinidade, camada de bolhas etc.

Na Amazônia a quantidade de material em suspensão pode ocasionar dois tipos de problemas:

1. Em quantidade que aumenta o alcance.

Neste caso ocorre o problema em que se excede o alcance nominal da freqüência/ equipamento, ficando o sinal vulnerável a descorrelação e outros problemas nestas profundidades.

2. Em quantidade que diminui o alcance.

Aqui grandes concentrações (> 10.000mg/l) chegam a diminuir o alcance para 10% do seu valor, ou até inviabilizar a leitura de fundo.

Exemplo(figura 4): O equipamento tem alcance nominal de 52 metros (RDInstruments Application Note FSA004-1999) para o tamanho da célula utilizada (100 cm), perfilou 83 m e o sinal se aproxima perigosamente de seu ruído, havendo possível contaminação nas células em azul escuro do ultimo gráfico da figura 4.

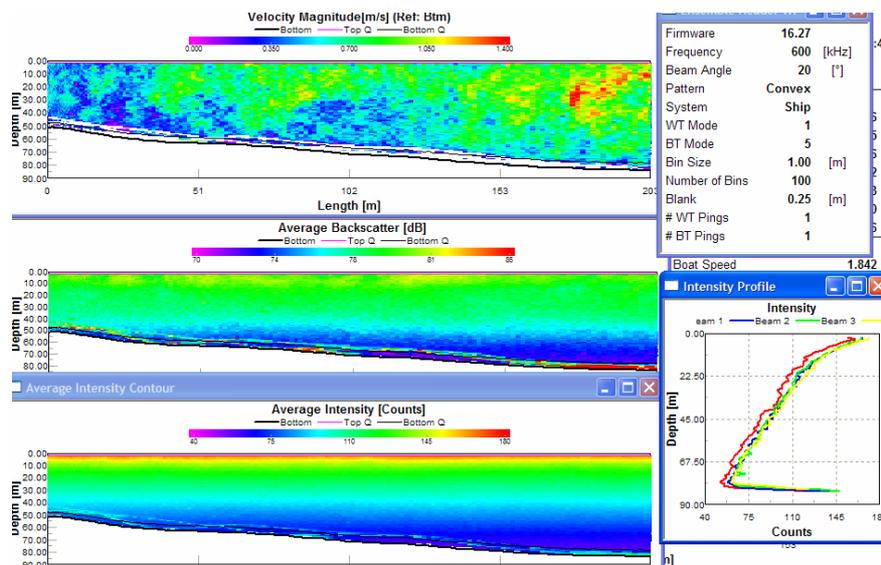


Figura 4 –Perfis da Força do sinal, Backscatter e velocidade para uma profundidade de 90m

Grandes turbulência

Em qualquer rio as grandes velocidades em fundos com rugosidade muito alta causam turbulências que podem vir a afetar as medições, mas este tipo de problema esta mais disposto a acontecer na Amazônia. Turbulências generalizadas em um perfil ao longo de uma seção até certa magnitude são suportadas pelos medidores Doppler, mas algumas turbulências localizadas podem invalidar áreas de medição pela não homogeneidade do tramo (Figura 6).

Os medidores Doppler tem como principio aceitar que as águas no foco dos feixes em células de igual profundidade são homogêneas, porem a distancia que estes focos ficam afastados em grandes profundidades fica dificil o principio da “homogeneidade”. Como exemplo se observarmos a estação de Itacoatiara com aproximadamente 90 metros de profundidade, as células mais próximas do fundo para cada feixe estarão espaçadas de 61 metros entre si , a chance de se apresentarem homogêneas em um leito muito rugoso é quase nula.

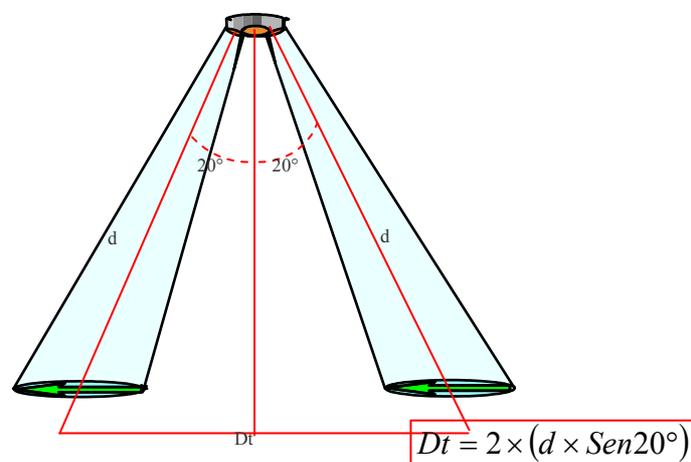


Figura 5 Distancia das ultimas células para um ADCP com 20° de ângulo dos sensores

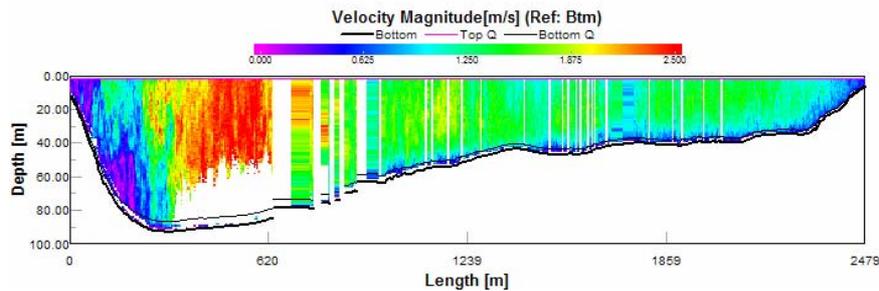


Figura 6 - Mostrando problemas devido a turbulência perto do fundo e profundidade muito grande para frequência-Itacoatiara rio Amazonas

Altas velocidades da água e barco:

Seções com velocidade da água alta (>2m/s) obrigam os barqueiros trafegarem também em alta velocidade, ou para se manterem na seção, ou por descuido, isto acarreta que para impedir problemas de velocidade ambígua tem-se que aumentar o comando da velocidade ambígua máxima, e isto aumenta o desvio padrão das velocidades da água. Além de que “quanto maior a velocidade do barco maior o ruído” (Trade off Triangle RDInstruments-2003)

Tabela 1 –Desvio Padrão causado apenas pela Velocidade ambígua

| Comando WV | Velocidade Ambígua | Desvio Padrão | |
|------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| | | 600 kHz célula 1m | 1200 kHz célula 0,5m |
| WV100(min) | 100 cm/s | 4,9 cm/s | 4,9 cm/s |
| WV170 | 170 cm/s | 6,6 cm/s | 6,6 cm/s |
| WV480(max) | 480 cm/s | 10,2 cm/s | 10,2 cm/s |

Problema com Fundo Móvel

Os medidores de vazão acústicos Doppler necessitam de uma referencia para medir o deslocamento do barco, uma vez que medem a velocidade da água em relação ao aparelho(velocidade relativa), e a velocidade do barco precisa ser subtraída para se obter a velocidade real da água. (Gamero, PE, XV Simpósio da ABRH 2003) . Quando isto não é possível devido a problemas para detectar o fundo, como deslocamento de sedimentos junto do leito, outros aparelhos ou técnicas tem que ser usadas para se obter a medição (Gamero,P.E.-XVI Simpósio da ABRH 2005).

A bacia Amazônica transporta até a foz do rio Amazonas segundo Gibbs (1967) 500×10^6 t/ano, este valor foi reavaliado no programa CAMREX de 1982 a 1984 que estimou em 1100×10^6

t/ano, 50% originário do rio Solimões e 25% do rio Madeira, sendo aproximadamente 5% arraste de fundo, com isto podemos prever que um dos maiores problemas possa ser o de Fundo Móvel.

É imperativo o uso da técnica de detecção de fundo móvel antes de uma medição (Gamaro P.E.-2005), isto de posse dos dados acima se torna mais importante ainda na Amazônia (Figura 7).

A não detecção do Fundo Móvel e utilização da medição com equipamentos Doppler gera erros em cascata, primeiramente sub- dimensionando a medição em si, em seguida a Curva de Descarga da estação, influenciando também nas medições de sedimentos. De acordo com os estudos de sedimentos na bacia³ estariam mais propensos a estes erros as estações sobre os rios : Juruá, Purus, Madeira e afluentes, Solimões e Amazonas

Abaixo apresentamos um exemplo da estação de Manacapuru uma tabela com as velocidades do fundo (fundo móvel) dos testes em 20 verticais realizadas nos anos de 2005 e 2006, medição realizada com ADCP WorkHorse-Monitor de 300 kHz , que teóricamente é menos sensível ao fundo móvel.

Este conjunto de velocidade de fundo causam na seção um erro de 4% imagina-se que este valor dobre em cheias.

Tabela 2 Velocidade do Fundo e relevância, valores > 1 são relevantes

| Vmb m/s | 2005 % Relev | vertical | Vmb m/s | 2006 % Relev | |
|------------|-----------------|----------|------------|-----------------|-----------------------|
| 0.005 | 1.25 | 1 | 0.001 | 0.12 | Measurement on day 22 |
| 0.006 | 0.92 | 2 | 0.018 | 2.24 | |
| 0.020 | 2.84 | 3 | 0.013 | 1.54 | |
| 0.012 | 1.27 | 4 | 0.003 | 0.31 | |
| 0.023 | 2.09 | 5 | 0.008 | 1.00 | |
| 0.018 | 1.66 | 6 | 0.025 | 2.66 | |
| 0.017 | 1.78 | 7 | 0.021 | 2.13 | |
| 0.010 | 0.91 | 8 | 0.019 | 1.65 | |
| 0.035 | 3.02 | 9 | 0.007 | 0.54 | |
| 0.030 | 2.60 | 10 | 0.008 | 0.71 | |
| 0.012 | 0.98 | 11 | 0.011 | 0.92 | measurement on day 23 |
| 0.100 | 9.73 | 12 | 0.020 | 1.72 | |
| 0.036 | 4.39 | 13 | 0.001 | 0.06 | |
| 0.044 | 5.12 | 14 | 0.016 | 1.31 | |
| 0.047 | 6.29 | 15 | 0.048 | 4.25 | |
| 0.059 | 8.49 | 16 | 0.006 | 0.53 | |
| 0.007 | 0.94 | 17 | 0.001 | 0.15 | |
| 0.016 | 2.23 | 18 | 0.015 | 1.96 | |
| 0.009 | 1.33 | 19 | 0.007 | 1.11 | |
| 0.006 | 1.31 | 20 | 0.025 | 5.53 | |

³ O Fluxo de Sedimentos em suspensão nos rios da bacia Amazônica Brasileira- Filizola Jr

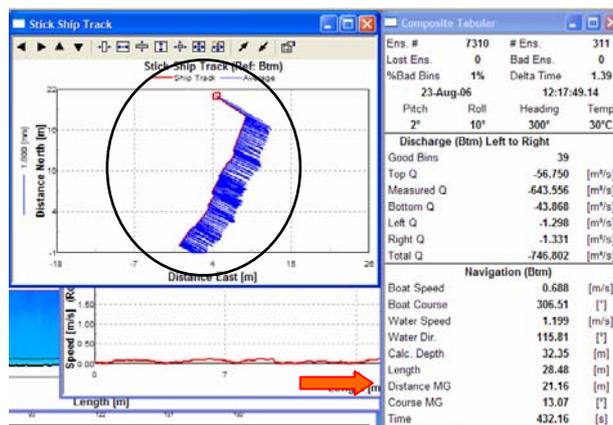


Figura 7 - “Ship Track”Mostrando teste de fundo móvel em Manacapuru, o barco esta ancorado

Problemas de Pitch e Roll

Devido as grandes larguras dos rios Amazônicos, aliado das quase sempre altas velocidades e o efeito do vento, e passagem de grandes embarcações, a frequência de ondas é grande, ao se fazer a travessia para medir o aparelho fica mais exposto as oscilações denominadas pitch e roll.(figura 8a) Estas oscilações fazem com que as células do aparelho fiquem desalinhadas para diferentes feixes acústicos (figura 8b), apesar de possuir um comando que permite “mapear” as células (EX), grandes ângulos de inclinação trazem erros, especialmente em profundidades tão grandes.

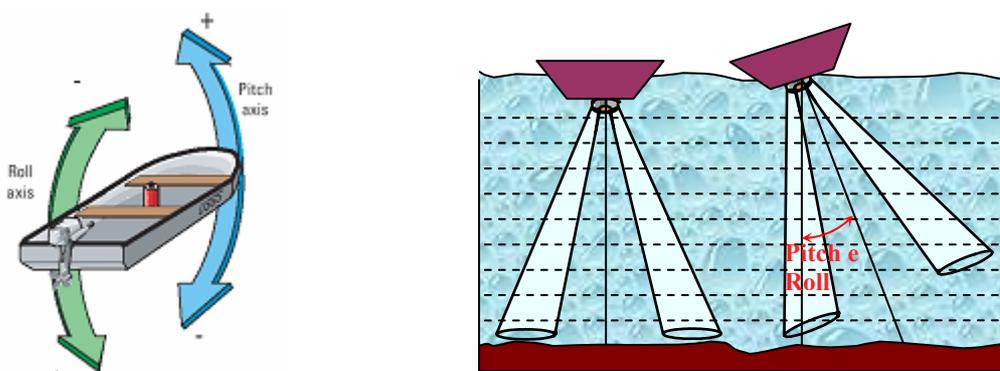


Figura 8 -Mostrando as oscilações e o desalinhamento das células

Temperatura e Salinidade

A velocidade do som varia com a temperatura e salinidade, apesar de não ser comum acontecerem estas variações a ponto de ocasionarem erros nas medições, há locais na Amazônia que tanto um quanto outro podem interferir (p ex. encontro das águas, ou perto da foz do Amazonas). Abaixo apresentamos a tabela com as variações da velocidade do som (tabela 3)

Um erro de 1% na velocidade do som implica em aproximadamente um erro de 1% nas medidas de velocidade.

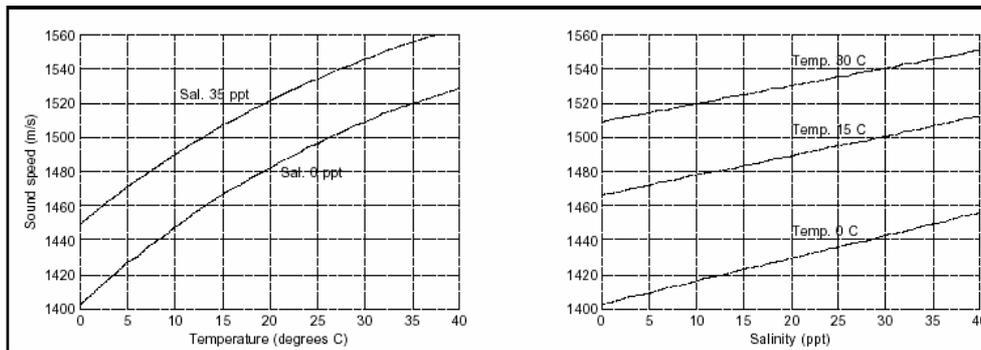


Tabela 3 Variações da velocidade do som devido a temperatura e salinidade

Turbulência do Barco

A turbulência causada pelo casco do barco (Figura 9) causa uma mudança de direção da corrente, ao ficar perpendicular aos transdutores passa a não existir o efeito Doppler nestas células, logo não há vazão nas primeiras células, e a vazão final fica menor. Quanto o aparelho fica mergulhado para evitar este erro deve ser mais avaliado, mas como regra geral deveria ficar mais fundo que a distancia da linha d'água a parte mais profunda do casco.

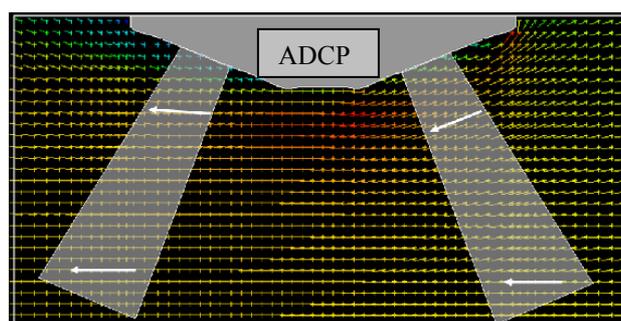
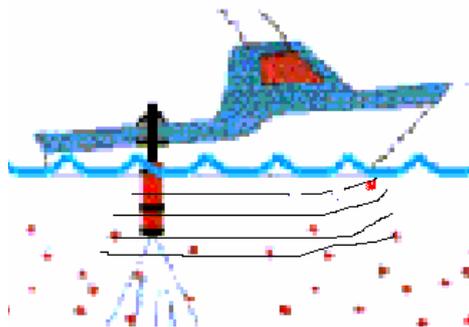


Figura 9 Turbulência do casco do barco por ser maior

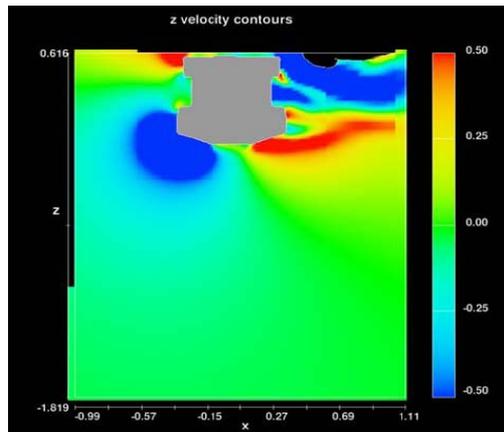


Figura 10 Gráfico de velocidades mostrando a diminuição das velocidades devido a turbulência-fonte USGS

Ruído Causado pelos motores e cabos longos:

Os motores usados em barcos necessários para se medir nos rios Amazônicos, e o tamanho dos cabos que conectam o Aparelho ao notebook são fontes de ruído, que podem atuar em conjunto ou separadamente, há níveis em que estes ruídos mais o ruído próprio da fonte acústica afetam as primeiras células e causam um efeito semelhante ao efeito ringing (figura 11), invalidando as medidas de velocidade da água nestas células.

Alem de que “quanto maior a velocidade do barco maior o ruído” (Trade off Triangle RDInstruments-2003)

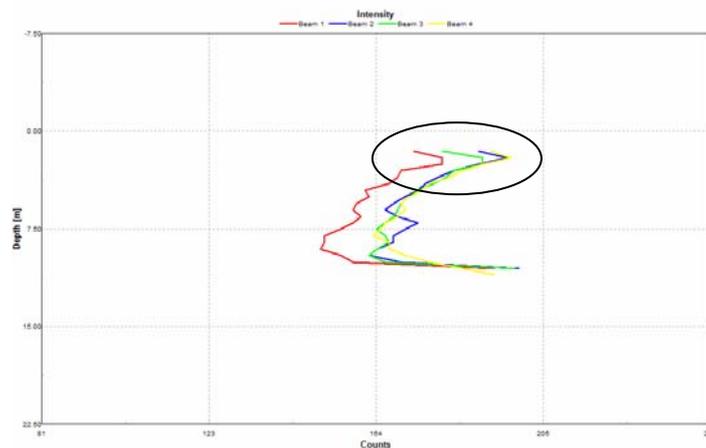


Figura 11 - Efeito ringing devido aos motores do barco

Camadas estratificadas e Intrusão salina

Normalmente a estratificação de camadas não afeta as medições de velocidade da água pelos ADCPs, mas no caso de intrusão salina não há como prever o comportamento até haver uma melhor avaliação das medições com este problema. Na foz do rio Amazonas haverá este problema, percebe-se (Figura 12) que existe uma camada dividindo o perfil, a ponto de aumentar a intensidade, completamente contrario ao que seria natural, isto cria erros nas medições destas

células, além disso não temos dados para avaliar quão distante da foz estará propenso a isso, sabemos também que não é constante.

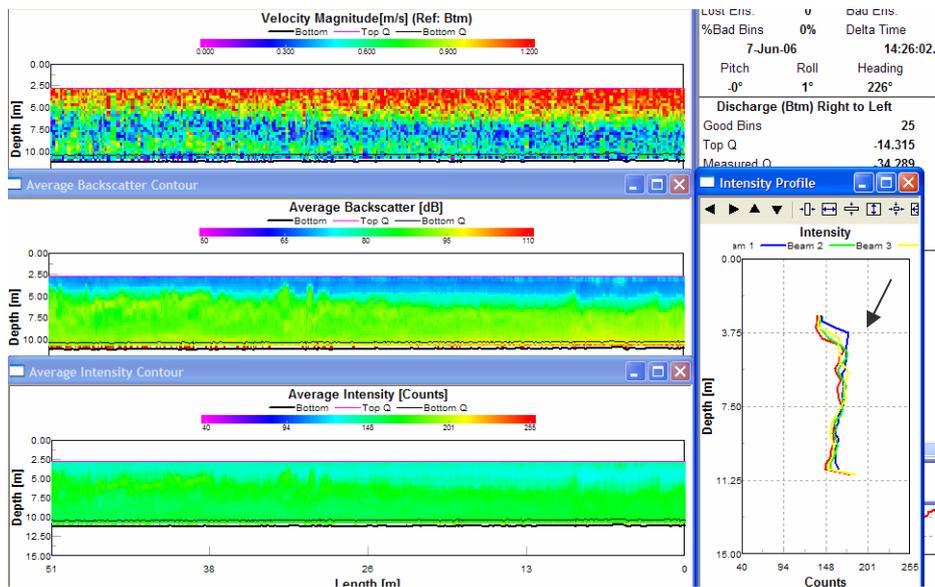


Figura 12 – Exemplo de forte intrusão salina, o barco esta ancorado

Outros Problemas

Existem muitos outros problemas que ainda não temos a real noção do que acontece, casos como o rio Negro, rio com material de origem orgânica, onde vemos duas situações diferentes situação com poucos sedimentos e possivelmente com de granulação alta onde o eco de um interfere com os dos outros, formando uma camada de uma margem a outra na seção causando efeitos de alta reflexão (figura 13).

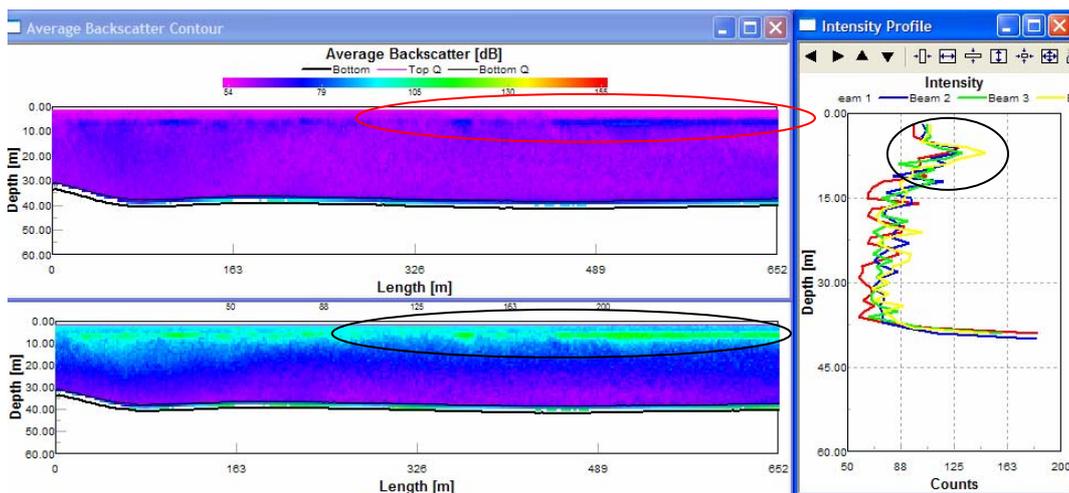


Figura 13 Problema de alta quantidade de sedimentos em uma camada causando problema e contaminação no sinal.-rio Negro (Ponta do Ismael)

Ou ainda no rio Negro mais a montante, uma seção com número de sedimentos bons, porem também com a camada com forte reflexão mas que diminui a intensidade do sinal abaixo (figura 14).

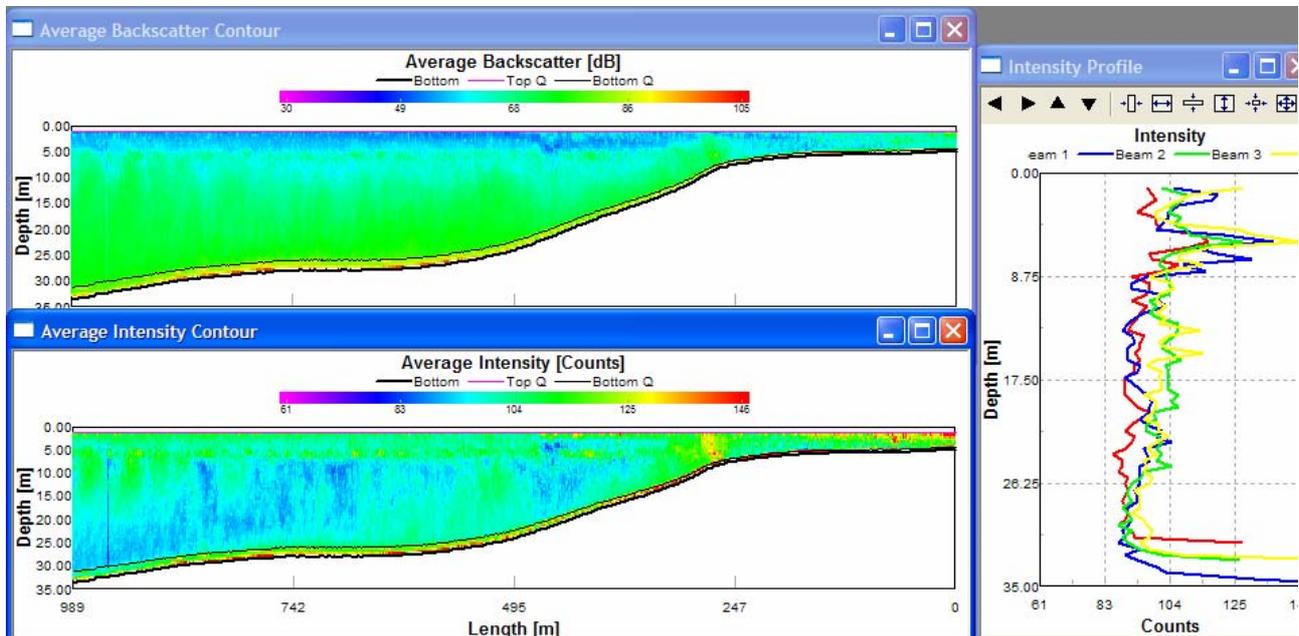


Figura 14 Rio Negro com quantidade boa de eco, mas afetado por possível camada de sedimentos causando forte reflexão e a seguir decréscimo irregular do sinal acústico.

Conclusões e Recomendações

Pelo aqui exposto verificamos que o ambiente da bacia Amazônica não pode ser tomado como um outro qualquer ao utilizarmos para medir vazão medidores acústicos Doppler, seja qual for o uso que será feito deste dado. Mais estudos dos locais de medição devem ser feitos para melhor avaliação, tais como tipo de sedimentos em cada tipo de rio (vide acima rio Negro) velocidades.

O ideal seria um plano conjunto com o fabricante para o desenvolvimento de um equipamento mais preparado para este tipo de ambiente, com isso poderiam ser levantados configurações e/ou métodos para se medir em tais locais.

Recomendo também desde já uma maior interação com os fabricantes para buscar nos atuais aparelhos melhores configuração para os problemas encontrados e a encontrar.

AGRADECIMENTOS

Marcio Souza Silva – IEPA Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do estado do Amapá, por ter me cedido as medições na foz do Amazonas

Marco Oliveira – CPRM – Serviço Geológico do Brasil (Manaus) por ter me cedido as medições do Amazonas

BIBLIOGRAFIA:

Livro

URICK R. (1967) Principles of UnderWater Sound , Mc Graw Hill 423 p.

Livro

Filizola N.P. (1999) O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos rios da Bacia Amazônica Brasileira. Agencia Nacional de Energia Elétrica, 63 p.

BroadBand Primer (1996) 2nd edition , TRDInstruments

Acoustic Doppler Profiler (ADPTM) Principles of Operation (2000) , Sontek Technical Notes

Simpson M. (2001) United States Geological Survey Open File Report 01-1

Cabrera R.(2004). A Comparison of Doppler Velocity Profiling techniques, Sontek Technical Notes

Gamaro P (2005) - Primeira Análise Dos Métodos Para Correção Ou Medição De Vazão Em Seções Com Fundo Móvel ,XV I Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos -ABRH

Gamaro P (2003) Compensação Das Vazões Medidas Com ADCP Em Seções Com Fundo Móvel XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos -ABRH

Mueller D.S.(2002)- Use of Acoustic Doppler Instruments for Measuring Discharge in Stream Flows with appreciable Sediment Transport, Proc. Hydraulic Measurements & Experimental Methods 2002 Estes Park CO ASCE

Field Service Technical Paper 001 (1996)–Broadband ADCP Advanced Principles of Operation, TRDInstruments