

# **PRIMEIRA CAMPANHA DE MEDIÇÕES DE VAZÃO COM ADCP (CORRENTÔMETRO COM EFEITO DOPPLER) NOS RIOS ACARAÚ, JAGUARIBE, BANABUIÚ E QUIXERE**

*Luiz da Silva Coelho<sup>1</sup>; José Francisco Rêgo e Silva<sup>2</sup>; & José Alexandre Moreira Farias<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- O objetivo deste artigo volta-se, além da descrição do ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) ou correntômetro acústico de efeito Doppler, também à apresentação dos resultados da primeira campanha de medição de descarga líquida com o uso do ADCP, realizada em maio de 2009 nas sub-bacias 35 (Acaraú) e 36 (Jaguaribe), pelos Técnicos e Pesquisadores em Geociências da área de Hidrologia da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza. O referido equipamento consiste em um aparato digital de grande agilidade e confiabilidade no processo de medição de descarga líquida, o qual permite a realização de várias medições simultâneas e maior rapidez no processo de medição, quando comparado ao método convencional com o uso do molinete, por exemplo.

**ABSTRACT** --- This article turns, beyond the description of ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) and Current Meter Doppler effect, also the presentation of the results of the first measurement campaign of liquid discharge using the ADCP, held in May 2009 35 sub-basins (Acaraú) and 36 (Jaguaribe), for the Técnicos e Pesquisadores em Geociências of the area of Hydrology of the CPRM – Serviço Geológico of the Brasil, Residence of Fortaleza. This equipment consists of a digital apparatus agility and reliability in the measurement process of liquid discharge, which allows you to perform several measurements simultaneously and more quickly in the process of measurement, when compared to the conventional method using the reel for example.

**Palavras-chave:** ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Medição. Descarga líquida. Vazão.

---

1 Pesquisador em Geociências. CPRM. Rua Antônio Sales 1.418, 60.135-101. Fortaleza-CE. E-mail: luiz.coelho@cprm.gov.br

2 Pesquisador em Geociências. CPRM. Rua Antônio Sales 1.418, 60.135-101. Fortaleza-CE. E-mail: jose.francisco@cprm.gov.br

3 Pesquisador em Geociências. CPRM. Rua Antônio Sales 1.418, 60.135-101. Fortaleza-CE. E-mail: jose.alexandre@cprm.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

Apesar da abundância dos recursos hídricos no Brasil, sua distribuição apresenta-se desigual, com maior concentração na região Amazônica. Entretanto, no restante do país, existe um considerável potencial hídrico distribuído em grandes bacias, formadas, principalmente, por pequenos e médios cursos d'água. A preservação destes recursos é uma necessidade e a otimização dos sistemas de aproveitamento depende de planejamento, estudos e conhecimento das reais características das bacias. Frente ao exposto, considera-se relevante o estudo de postos fluviométricos, através de medições periódicas de vazão, para as quais se utilizam, geralmente, métodos convencionais bastante conhecidos e aplicados, mas que demandam maior tempo para a execução, tornando-se muitas vezes inviável.

Em decorrência da elevada incidência de chuvas ocorridas em todo o Estado do Ceará no ano de 2009 e, considerando a carência de informações no ramo superior das curvas-chave, foi realizada no mês de maio do referido ano, mais precisamente nas sub-bacias 35 (Acará) e 36 (Jaguaribe), a primeira campanha de medição de vazão pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza, com uso do ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).

Os objetivos desta campanha consistiram na capacitação de técnicos para uso do ADCP, bem como na realização da medição de vazões com uso do referido equipamento, a fim de incorporar esta tecnologia na operação das estações fluviométricas da rede da ANA – Agência Nacional de Águas localizadas nos rios Acará, Banabuiú, Quixeré e Jaguaribe.

Portanto, este artigo contempla a descrição do ADCP e os resultados de medições de descargas realizadas.

### ***1.1. ACUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER - ADCP: GENERALIDADES***

Em conformidade com Gamero (2006), o Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ou Correntômetro Acústico de Efeito Doppler, consiste em um instrumento utilizado para medição de perfis verticais da velocidade da água usando energia acústica (transmissão de ondas sonoras através da água). Assim, as partículas transportadas pela corrente de água refletem o som de volta para o instrumento que, por sua vez, capta o eco através de sensores, reconhecendo as diferentes profundidades e as velocidades das respectivas linhas de corrente através do efeito Doppler, este, entendido como sendo a mudança de frequência (Doppler shift) do sinal transmitido pelo sonar, gerada pelo movimento relativo entre o equipamento e o material em suspensão da água sob a

ação do feixe nas ondas sonoras. Acrescenta-se que, a depender do modelo, o ADCP apresenta variações de pode usar frequências, tais como 75, 125, 300, 600, 1200 e 2400 KHz.

Considerando que o material em suspensão e a corrente de água deslocam-se na mesma velocidade, a magnitude do efeito Doppler é diretamente proporcional a essa velocidade. Portanto, mensurando-se a frequência dos ecos que retornam do material em suspensão e, comparando-a com a frequência do som emitido, o ADCP determina a velocidade da partícula que, conforme já exposto, é a mesma da corrente da água.

Ao processar o sinal refletido pelas partículas em suspensão na água, o ADCP divide verticalmente a coluna líquida em um número discreto de segmentos, denominados células de profundidades (depht cells), determinando sua velocidade e direção. Caso se faça um gráfico da velocidade como função da profundidade, será obtido um perfil desde a proximidade da superfície até próximo ao fundo.

Ressalta-se que a espessura da depht cell tem que ser selecionada (dentro de certas restrições próprias do equipamento e das leis da física). Assim, com um ADCP na frequência de 1200 KHz estas depht cells podem atingir até 5cm. Em cursos d'água de pouca profundidade, é possível a realização de muitas medidas simultâneas de velocidade, ao invés de apenas 2 ou 3cm em cada ponto da seção transversal do canal. (GAMARO et al., 2006).

Especificamente em se tratando do ADCP modelo Rio Grande, tem-se que este, segundo afirmações de Carvalho (2008, p.77), “trabalha com quatro beens (tradutores ou sensores que convertem sinais elétricos em sonoros e vice-versa) os quais transmitem e recebem em conjunto sinais elétricos e sonoros” (Figura 1).



Figura 1 - ADCP modelo Rio Grande, Fonte: Piton, 2007

Para fornecer a velocidade em coordenadas terrestres, o ADCP possui uma bússola interna que mede sua orientação relativa ao campo magnético da Terra, podendo determinar a direção do fluxo d'água e o seu movimento em relação ao fundo e, desta forma, informar a direção do fluxo d'água em coordenadas terrestres. O ADCP, além de calcular as velocidades das colunas de água, também mensura a amplitude da correlação, informação esta utilizada principalmente como um valor da qualidade da medição quando da análise dos dados.

Antecedendo a utilização do ADCP e, com todos os equipamentos já instalados, Carvalho (2008) recomenda que se proceda a um teste de comunicação no sentido de se verificar o envio e recebimento de sinais (ADCP-computador), procedimento este realizado através do script BBTALK fornecido pela empresa fabricante (RDI). Ainda precedendo o processo de medição e, após os testes iniciais, deve-se configurar o WinRiver, alimentando-o com alguns dados básicos, tais como a profundidade máxima do canal, velocidade máxima da água e do barco, profundidade a qual os beens foram posicionados e local para armazenamento dos dados.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A medição com ADCP tem como grande objetivo, um maior detalhamento na emissão de seus dados, já que consistem em um método baseado no efeito Doppler, além de aparato digital, o que torna seus dados mais confiáveis quando comparado a outros instrumentos voltados para o mesmo fim.

As medições apresentadas posteriormente neste artigo foram realizadas após um treinamento intensivo junto à equipe de campo no escritório da CPRM-REFO.

Para a execução das medições, foram utilizados os seguintes instrumentos: ADCP de 1200 MHz da RDI Instruments, notebook com software compatível com o equipamento, bateria de 12v, transferidor de voltagem, além de uma embarcação tipo chata, combustível, equipamento de segurança (salva vidas) e rádio comunicação.

Para cada medição, realizaram-se entre quatro e dez travessias com embarcação em velocidade constante, e com o ADCP em nível de submersão média de 30cm para diminuir a área extrapolada na área de superfície.

Com relação aos riscos no decorrer da execução da medição, podem-se mencionar a elevada quantidade de energia elétrica utilizada pelo ADPC, além de tombamento, sobrecarga nos equipamentos e colisão com sedimentos e outros corpos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das medições encontram-se expostos a seguir, valendo acrescentar que, dentre os trinta e dois dados emitidos pelo ADCP, seis foram contemplados neste estudo, quais sejam: vazão total, vazão medida, área total, largura, velocidade e velocidade da embarcação.

A estação medida da bacia do Acaraú foi Sobral, cujas coordenadas são de 03° 41'20"S e 40° 20'29,4"W, encontra-se instalada na margem esquerda do Rio Acaraú, cerca de 290m a jusante da ponte e da barragem vertedoura na cidade de Sobral, tendo como código 35275000. Nesta estação, as medições ocorreram nos dias 13, 14 e 15 de maio de 2009, tendo-se obtido os seguintes resultados:

#### RIO ACARAU EM SOBRAL - 13\_05\_2009

File Name	Total Q [m³/s]	Meas. Q [m³/s]	Total Area [m²]	Width [m]	Q/Area [m/s]	Flow Speed [m/s]
ACARAU1002r.000	<b>1.222.864</b>	796.348	824.47	225.02	1.483	1.375
ACARAU1003r.000	<b>1.248.691</b>	819.100	866.78	237.80	1.441	1.353
ACARAU1004r.000	<b>1.220.897</b>	797.229	855.45	231.56	1.427	1.324
Average	<b>1.230.817</b>	804.225	848.90	231.46	1.450	1.351
Std. Dev.	<b>15.510</b>	12.889	21.90	6.39	0.029	0.026
Std./  Avg.	<b>0.01</b>	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02

#### RIO ACARAU EM SOBRAL - 14\_05\_2009

File Name	Total Q [m³/s]	Meas. Q [m³/s]	Total Area [m²]	Width [m]	Q/Area [m/s]	Flow Speed [m/s]
ACARAU001r.000	<b>812.177</b>	486.830	630.48	225.66	1.288	1.184
ACARAU002r.000	<b>804.823</b>	485.775	679.01	233.98	1.185	1.124
ACARAU003r.000	<b>832.494</b>	512.290	691.69	234.06	1.204	1.178
ACARAU004r.000	<b>849.826</b>	529.334	711.31	234.34	1.195	1.099
ACARAU005r.000	<b>844.313</b>	515.331	696.85	237.90	1.212	1.166
ACARAU006r.000	<b>830.197</b>	518.190	730.15	239.65	1.137	1.055
ACARAU008r.000	<b>836.120</b>	524.523	715.51	234.72	1.169	1.132
ACARAU009r.000	<b>850.317</b>	538.076	740.16	237.15	1.149	1.107
ACARAU012r.000	<b>836.402</b>	521.828	691.11	237.35	1.210	1.112
ACARAU013r.000	<b>834.005</b>	527.107	736.60	236.56	1.132	1.075
Average	<b>833.067</b>	515.928	702.29	235.14	1.188	1.123
Std. Dev.	<b>14.791</b>	17.251	32.68	3.83	0.046	0.043
Std./  Avg.	<b>0.02</b>	0.03	0.05	0.02	0.04	0.04

#### RIO ACARAU EM SOBRAL - 15\_05\_2009

File Name	Total Q [m³/s]	Meas. Q [m³/s]	Total Area [m²]	Width [m]	Q/Area [m/s]	Flow Speed [m/s]
ACARAU15000r.000	<b>605.263</b>	340.439	577.96	229.92	1.047	1.044
ACARAU15001r.000	<b>590.537</b>	332.111	579.23	225.78	1.020	0.997
ACARAU15002r.000	<b>593.125</b>	335.087	579.30	226.47	1.024	1.010
ACARAU15003r.000	<b>582.561</b>	333.714	602.30	232.16	0.967	0.979
ACARAU15004r.000	<b>575.571</b>	330.359	577.69	227.86	0.996	0.973
ACARAU15005r.000	<b>583.305</b>	333.174	587.08	229.92	0.994	0.993
ACARAU15006r.000	<b>584.428</b>	333.164	592.72	239.35	0.986	0.974
ACARAU15007r.000	<b>578.663</b>	326.859	588.72	236.41	0.983	1.000
ACARAU15008r.000	<b>579.191</b>	322.917	569.20	234.12	1.018	0.993
ACARAU15009r.000	<b>580.538</b>	328.846	588.60	239.52	0.986	0.985
Average	<b>585.318</b>	331.667	584.28	232.15	1.002	0.995
Std. Dev.	<b>8.807</b>	4.795	9.45	5.05	0.024	0.021
Std./  Avg.	<b>0.02</b>	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

Por sua vez, as estações medidas da bacia do Jaguaribe foram: Morada Nova II, Peixe Gordo e Quixeré, respectivamente nos dias 18, 19 e 20 de maio de 2009.

- a) Morada Nova II apresenta as coordenadas 05° 07'19"S e 38° 26'47"W, encontra-se instalada na margem direita do Rio Banabuiú, no Sítio Casa Nova no município de Morada Nova, tendo como código 36580000.

RIO BANABUIU EM MORADA NOVA - 18\_05\_2009

File Name	# Ens.	Start Time	Total Q [m <sup>3</sup> /s]	Meas. Q [m <sup>3</sup> /s]	Total Area [m <sup>2</sup> ]	Width [m]	Q/Area [m/s]	Flow Speed [m/s]
MORADANOVA000r.000	219	15:13:13	<b>389.917</b>	240.796	438.79	155.79	0.889	0.897
MORADANOVA001r.000	205	15:17:48	<b>395.631</b>	242.288	440.35	159.23	0.898	0.948
MORADANOVA002r.000	182	15:21:25	<b>385.104</b>	241.634	429.68	150.55	0.896	0.842
MORADANOVA003r.000	219	15:24:41	<b>393.280</b>	245.013	438.71	157.40	0.896	0.873
MORADANOVA005r.000	200	15:33:28	<b>395.002</b>	250.120	446.87	158.91	0.884	0.867
MORADANOVA006r.000	171	15:36:59	<b>377.223</b>	241.201	431.57	144.07	0.874	0.895
MORADANOVA007r.000	195	15:40:48	<b>386.322</b>	240.653	433.94	154.37	0.890	0.884
MORADANOVA008r.000	156	15:44:16	<b>391.477</b>	245.708	431.46	148.98	0.907	0.903
MORADANOVA009r.000	181	15:47:57	<b>392.251</b>	246.066	447.73	156.05	0.876	0.907
MORADANOVA010r.000	106	15:51:12	<b>383.854</b>	242.164	439.30	147.07	0.874	0.859
Average	183		<b>389.006</b>	243.564	437.84	153.24	0.889	0.887
Std. Dev.	34		<b>5.806</b>	3.073	6.25	5.26	0.011	0.030
Std./ Avg.	0.18		<b>0.01</b>	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03

- b) Peixe Gordo situa-se nas coordenadas 05° 13'29,7"S e 38° 12'01,3"W, instalada na margem esquerda do Rio Jaguaribe, junto a ponte na BR-116, no povoado de Peixe Gordo, município de Tabuleiro do Norte, e tem como código 36390000.

RIO JAGUARIBE EM PEIXE GORDO - 19\_05\_2009

File Name	# Ens.	Start Time	Total Q [m <sup>3</sup> /s]	Meas. Q [m <sup>3</sup> /s]	Total Area [m <sup>2</sup> ]	Width [m]	Q/Area [m/s]	Flow Speed [m/s]
PEIXEGORDO000r.000	245	09:13:44	<b>900.589</b>	457.330	980.15	414.16	0.919	0.871
PEIXEGORDO001r.000	335	09:21:08	<b>884.086</b>	446.625	962.64	411.17	0.918	0.848
PEIXEGORDO002r.000	349	09:27:16	<b>904.688</b>	435.365	925.11	414.54	0.978	0.861
PEIXEGORDO005r.000	351	09:47:30	<b>890.459</b>	454.700	942.95	402.01	0.944	0.888
PEIXEGORDO006r.000	365	09:54:09	<b>868.349</b>	430.123	908.85	404.19	0.955	0.886
PEIXEGORDO007r.000	374	10:01:34	<b>890.553</b>	463.806	957.01	402.97	0.931	0.904
PEIXEGORDO008r.000	413	10:09:32	<b>897.454</b>	444.531	942.88	416.81	0.952	0.919
PEIXEGORDO009r.000	409	10:20:39	<b>915.473</b>	475.064	953.76	401.89	0.960	0.964
Average	355		<b>893.956</b>	450.943	946.67	408.47	0.945	0.893
Std. Dev.	52		<b>14.199</b>	14.823	22.22	6.32	0.021	0.037
Std./ Avg.	0.15		<b>0.02</b>	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04

- c) Quixeré encontra-se nas coordenadas 05° 04'59,4"S e 37° 59'52,3"W, instalada na margem direita do Rio Quixeré, junto a ponte na CE-377, na entrada da cidade de Quixeré, e tem como código 36760000.

RIO QUIXERE EM QUIXERE - 20\_05\_2009

File Name	# Ens.	Start Time	Total Q [m <sup>3</sup> /s]	Meas. Q [m <sup>3</sup> /s]	Total Area [m <sup>2</sup> ]	Width [m]	Boat Speed [m/s]
QUIXERE002r.000	242	09:14:36	<b>647.607</b>	313.966	512.15	231.52	0.998
QUIXERE003r.000	345	09:20:30	<b>638.328</b>	340.742	563.55	260.11	0.770
QUIXERE005r.000	451	09:32:28	<b>690.889</b>	335.962	587.42	287.79	0.611
QUIXERE006r.000	306	09:40:30	<b>645.193</b>	329.380	518.86	237.42	0.852
QUIXERE007r.000	345	09:46:44	<b>682.461</b>	337.947	560.95	264.16	0.767
QUIXERE009r.000	412	09:58:33	<b>680.258</b>	338.840	529.74	249.61	0.649
Average	350		<b>664.123</b>	332.806	545.44	255.10	0.775
Std. Dev.	74		<b>22.846</b>	10.025	29.64	20.37	0.140
Std./ Avg.	0.21		<b>0.03</b>	0.03	0.05	0.08	0.18

#### 4. CONCLUSÕES

As medições de descarga líquida com utilização do ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) em seções com grandes larguras já se tornou uma realidade tanto pela rapidez do procedimento, como pela possibilidade da realização de várias medições simultâneas.

No Ceará, os rios situados nas bacias do Coreaú, Acaraú e Jaguaribe, em períodos de cheias, têm sua largura consideravelmente ampliada e, com ausência de medições em cotas altas para elaboração da curva chave, o uso do ADCP apresenta-se como um eficaz procedimento de mensuração.

Este trabalho buscou expor as primeiras medições de descarga líquida com a utilização do ADCP, realizados pela CPRM – Residência de Fortaleza, as quais, se passarem por análise criteriosa, revelarão algumas imperfeições, resultantes, principalmente, da existência de vasta quantidade de vegetação ocupando boa parte do leito dos rios medidos.

Trata-se de uma característica inerente aos rios situados no semi-árido, os quais, durante os meses de estiagem do ano, ocupam apenas cerca de 25% do canal natural e, durante os meses chuvosos, ocorre uma ocupação natural de vegetação, podendo-se encontrar arbustos e até árvores de grande porte, bem como significativa diferença de profundidades do leito, também chamada de canal principal e canal de cheia.

#### BIBLIOGRAFIA

a) Livro

GAMARO, P. E. M. Medidores de vazão acústica Doppler. Foz do Iguaçu: ANA, 2006. (Apostila do II curso de medidores de vazão acústica Doppler, ministrada no curso da Agência Nacional das Águas e da Itaipu Bibacional).

PITON, C. L. Evolução tecnológica nas medições de vazões em rios. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Dinâmica de Cataratas – UDC, 2007.

TUCCI, C. E. M.; PEREIRA, R. S.; NETO, A. S. Princípios da hidrometria. Disponível em: <<http://www.iph.ufrgs.br/posgrad/disciplinas/hip01/Cap13-Hidrometria.pdf>>. Acesso em: 11 jun 2011.

b) Artigo em anais de congresso ou simpósio

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física. Recife-PE, Vol. 01, n. 1, Mai/Ago 2008, 73-85.