

INFLUÊNCIA DOS BARRAMENTOS NAS CURVAS-CHAVE DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS INSTALADAS NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE

*Cristiane Ribeiro de Melo*¹; *José Francisco Rego Silva*²; *Solange Cavalcanti de Melo*³ & *Paulo Abadie Guedes*⁴

RESUMO - Em rios intermitentes os escoamentos apresentam variações, no espaço e no tempo, fazendo com que o potencial hídrico nem sempre esteja adaptado às demandas. Em algumas regiões é necessário a construção de barramentos, ou barragens, a fim de possibilitar a utilização do escoamento disponível não só para o consumo humano e animal, como também para a indústria. Entretanto, uma das consequências dessas construções é a diminuição da vazão natural dos rios, principalmente em trechos a jusante do barramento. A interrupção do escoamento natural faz com que as estações fluviométricas instaladas a jusante dessas áreas registrem apenas as vazões regularizadas dos barramentos ou a pouca vazão fruto da contribuição da bacia entre o barramento e a estação. Em muitas situações ocorre a total ausência de água nos períodos de recessão. O presente trabalho tem como objetivo analisar a influências dos barramentos existentes na bacia do rio Capibaribe nas medições de descarga líquida e na qualidade das vazões geradas através do uso da curva-chave.

ABSTRACT - In intermittent rivers, runoff shows variations both in space and time, which lead to a water potential that is not always enough to satisfy the demands. In some regions it is necessary to build dams and levees, in order to enable the resource usage not only for human or animal consumption, but also for the industry. However, a relevant consequence of those constructions is to decrease the natural flow of rivers, especially in the downstream portions. The interruption of natural flow has impact on the fluviometric stations downstream, which measure only the regularized flow of the dam, plus the low flow from the contribution of the basin between the dam and the station. In many situations, there is total absence of water during periods of recession. This paper aims to study the influences of existing reservoirs in the basin of the Capibaribe river over the measurements of liquid discharge and also over the quality of flow data generated by using the key curve.

Palavras-chave - Capibaribe, Barramento e Curva-chave.

1)Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. SUREG-RE, Av. Sul, 2291 – Afogados, CEP 50.770-011, Recife, PE; Tel.: (81) 3316-1468; e-mail: cristiane.melo@cprm.gov.br.

2)Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. REFO, Av. Antônio Sales, 1418 – Joaquim Távora, CEP 60.135-101, Fortaleza, CE; Tel.: (85) 3878-0200; e-mail: jose.francisco@cprm.gov.br.

3) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. SUREG-RE, Av. Sul, 2291 – Afogados, CEP 50.770-011, Recife, PE; Tel.: (81) 3316-1464; e-mail: solange.melo@cprm.gov.br.

4)Instituto Federal de Pernambuco IFPE. Av. Prof. Luiz Freire, 500 - Cidade Universitária, CEP 50740-540, Recife, PE. Tel.: (81) 9904-5997; e-mail: paulo.guedes@recife.ifpe.edu.br.

1 – INTRODUÇÃO

As políticas públicas voltadas para a perenização total ou parcial de rios visam criar alternativas tentando minimizar o déficit hídrico existente. Uma das formas de convivência com a situação da falta de água nos rios intermitentes é a construção de barragens, que armazenam o volume máximo possível para assegurar as demandas necessárias para o período de estiagem.

Entretanto, segundo CPRM (2001), o barramento de um rio proporciona alterações no regime de vazões a jusante, afetando a descarga líquida, de sedimentos e erosão. Essa alteração do fluxo natural resulta em um conjunto de fenômenos que merecem atenção nos estudos hidrológicos e ambientais a serem realizados.

A série de cotas pode ser obtida ao longo do tempo, pela leitura de uma régua ou outro aparelho. Entretanto a vazão diária é normalmente obtida através de método indireto conhecido como curva-chave. A curva-chave é definida através de medidas amostrais de vazão ao longo do tempo no local de observação de níveis. Com estas medidas é possível determinar a curva-chave, ou relação cota versus descarga, e a partir desta, obter a série de vazões de forma indireta (Tucci, 2000).

A bacia do rio Capibaribe é de grande importância para a Região Metropolitana do Recife - RMR, em especial, para a cidade do Recife. A bacia, nos últimos anos, tem sido muito estudada visando assegurar a eficiência do controle das cheias, manutenção do abastecimento de água para a população, e também a viabilização da sua navegabilidade no seu curso inferior (SRH, 2010).

Os quatro maiores açudes da bacia do rio Capibaribe, dois deles no curso principal, representam aproximadamente 91% do total acumulado na bacia e são utilizados tanto para controle de cheias como para o abastecimento. São em torno de treze, para os mais diversos fins, sendo o principal abastecimento humano.

O grande número de barramentos distribuídos em toda a bacia tem afetado cada vez mais as vazões naturais e suas respectivas medições.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influências dos barramentos existentes na bacia do rio Capibaribe nas medições de descarga líquida e, conseqüentemente, na qualidade das vazões geradas através do uso da curva-chave.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O rio Capibaribe nasce entre os municípios de Poção e Jataúba, no estado de Pernambuco, cortando 42 municípios até chegar a sua foz na cidade do Recife, percorrendo uma extensão total de 270km. Possui uma área de drenagem de 7.454,88km², ou seja, 7,58% do território pernambucano.

Segundo SRH (2010), a bacia do rio Capibaribe abrange as regiões de agreste, mata e litoral, havendo um ambiente no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal. Além disso, há também contrastes socioeconômicos que exigem um modelo de gestão hídrico e ambiental, que atenda às suas peculiaridades sub-regionais e locais.

O rio percola por vários centros urbanos, servindo de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. Apresenta regime fluvial intermitente nos seus alto e médio cursos e torna-se perene a partir do município de Limoeiro, no seu baixo curso (SIRH, 2012).

A Figura 1 ilustra a bacia do rio Capibaribe em relação ao estado de Pernambuco.

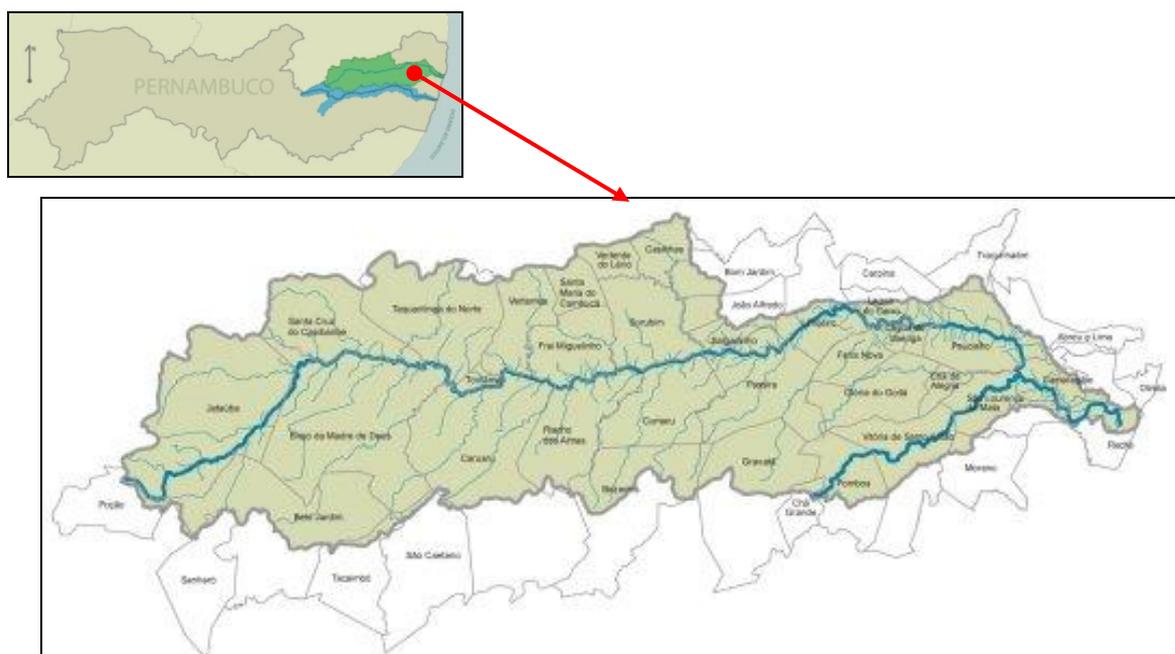


Figura 1 - Bacia do rio Capibaribe em Pernambuco

Fonte: SRHE, 2012

Como a bacia passa por três regiões diferentes, segundo PERH (1998), para avaliação das potencialidades, a bacia do rio Capibaribe deve ser dividida em três partes, sendo elas: Alto Capibaribe, a montante do município de Toritama, com área de drenagem igual a 2750 km²; Médio Capibaribe, entre os municípios de Toritama e Limoeiro, com 5650 km²; e Baixo Capibaribe, entre os municípios de Limoeiro e São Lourenço da Mata, com 1230km².

Os principais usos da água na bacia são o abastecimento público, a recepção de efluentes domésticos, e a recepção de efluentes industrial e agroindustrial.

A Tabela 1 apresenta a rede hídrica, de maior porte, da bacia hidrográfica do rio Capibaribe de acordo com a margem.

Tabela 1 Rede hídrica principal da bacia do rio Capibaribe

Margem direita	Margem esquerda
Rio Tapacurá	Riacho Jundiá
Riacho Tabocas	Riacho do Pará
Riacho Carapotós	Riacho Tapera
Rio Cachoeira	Riacho do Arroz
Riacho Goitá	Riacho da Topada
Riacho Cassatuba	Riacho Caiá
Riacho Grotta do Fernando	Rio Camaragibe

Fonte: SRH, 2010

Segundo o PERH (1998) a precipitação anual média para a bacia é de 1095mm. O volume armazenado nos açudes interanuais é da ordem de 808 milhões de metros cúbicos, dispondo de sete açudes com capacidade superior a 10 milhões de metros cúbicos.

3 - CURVA DE DESCARGA

A curva-chave define uma equação matemática que representa as medições do tipo cota versus vazão existentes, apresentando os menores desvios relativos às vazões medidas, ajustando-se pelo método dos Mínimos Quadrados.

Segundo JACCON & CUDO (1989), de um modo mais geral, toda relação cota versus descarga pode ser representada (na sua totalidade, ou por trechos sucessivos) por expressões matemáticas cujas formas mais utilizadas são as formas exponencial e polinomial.

A equação exponencial (Equação 1) apresenta-se do tipo:

$$Q = a(h - h_0)^n \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q - vazão;

h – nível ou cota medida;

h₀ – nível do zero da régua ou o nível onde a vazão é nula;

a e n – parâmetros ligados à vazão local.

A análise dos desvios entre as vazões medidas no campo e as calculadas pelas equações potenciais deverão ser avaliados, considerando-se as diferentes amplitudes e períodos de validade das curvas.

$$D(\%) = \frac{(Q_{medida} - Q_{calculada}) \times 100}{Q_{medida}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

Q_{medida} – vazão medida no campo;

$Q_{calculada}$ – vazão calculada pela curva cota-descarga ou curva-chave.

Para que uma curva de descarga seja considerada de boa qualidade, é desejável que os desvios das medições de descarga líquida utilizadas para compor a curva sejam próximos de zero. Desvios de até $\pm 10\%$ são aceitáveis, uma vez que os erros incorridos no processo de medição são avaliados nessa ordem de grandeza.

Medições fora da tendência no período de validade deverão ser avaliadas e caso tenha ocorrido erro no processo de cálculo, o mesmo deverá ser corrigido, se possível. Caso contrário, a medição poderá ser excluída da análise, se necessário.

Sempre que a amplitude de cotas observadas for maior do que a de cotas medidas, é necessário extrapolar a curva-chave. Para extrapolação do ramo superior utilizam-se métodos baseados na geometria da seção, tais como: Logarítmico; Área x velocidade; Stevens (*fórmula de Chézy*) e Mannig.

Segundo COLLISCHONN & TASSI (2011), a velocidade média de escoamento permanente uniforme em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água pode ser estimada a partir de equações relativamente simples, como as de Chézy e de Manning.

A equação de Manning relaciona a velocidade média da água em um canal com o nível da água no mesmo e a declividade. A equação é apresentada a seguir (Equação 3):

$$u = \frac{R_h^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

u - velocidade média da água em m/s^1 ;

R_h - raio hidráulico da seção transversal;

S - declividade (metros por metro, ou adimensional); e

n - coeficiente empírico, denominado coeficiente de Manning.

Um conduto livre apresenta entre os seus elementos: profundidade (A), largura (B), perímetro molhado (P), profundidade hidráulica (gh) e raio hidráulico (Rh). O perímetro molhado (P) é a linha

que limita a seção molhada junto às paredes e ao fundo do canal. A Profundidade hidráulica (y_h) é a razão entre a área molhada e a largura superficial. Raio hidráulico (R_h) - relação entre a área molhada (A) e o perímetro molhado (P).

A Figura 2 ilustra os elementos de um conduto livre.

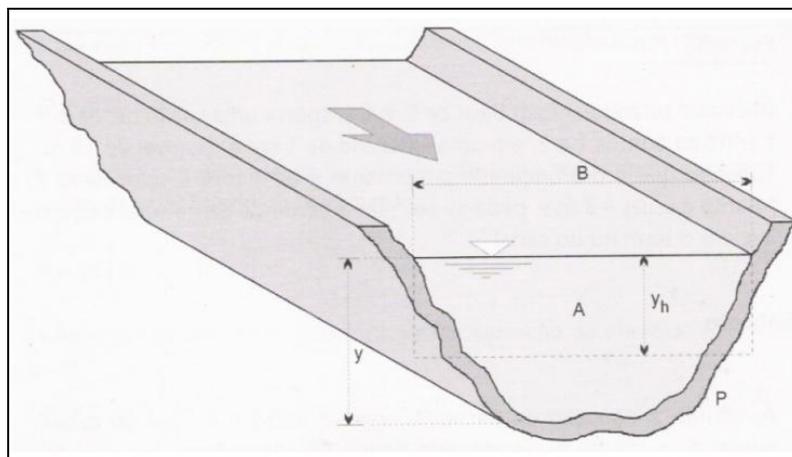


Figura 2 - Elementos do conduto livre

O raio hidráulico é definido de acordo com a Equação 4.

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

A - área da seção;

P - perímetro molhado.

Das Equações 3 e 4, deduz-se que quanto maior o nível da água, maior a velocidade média da água no canal e, conseqüentemente, maior vazão.

4 - BARRAMENTOS INSTALADOS NA BACIA

Uma forma de se aproveitar os recursos hídricos em regiões onde não há perenização natural dos cursos d'água é através da regularização de vazões utilizando reservatórios. De uma maneira geral, esses reservatórios vertem com pouca frequência e praticamente cortam os cursos da água a jusante deles, definindo novos inícios de área de contribuição efetiva para aproveitamentos a jusante (SRH, 2010).

A bacia do rio Capibaribe possui aproximadamente 13 barramentos outorgados, localizados da nascente à foz, além dos inúmeros barramentos provisórios existentes em todo o curso. Os principais reservatórios são: Jucazinho, Carpina, Tapacurá, Goitá e Poço Fundo.

O reservatório Jucazinho, inaugurado em 1999, nos municípios de Surubim e Cumaru, está localizado nas coordenadas geográficas de $7^{\circ}57'53,41\text{S}$ e $35^{\circ}44'33,52\text{W}$.

O reservatório de Carpina, inaugurado em 1978, no município de Feira Nova, foi construído com a finalidade de evitar possíveis enchentes na região metropolitana do Recife. Encontra-se nas coordenadas geográficas de $7^{\circ}53'41\text{S}$ e $35^{\circ}20'14\text{W}$. No entanto, a Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA vem operando o reservatório para abastecimento.

O reservatório de Tapacurá, inaugurado em 1973, no município de São Lourenço da Mata, situa-se nas coordenadas geográficas de $8^{\circ}02'12\text{S}$ e $35^{\circ}09'46\text{W}$. Foi construído para funcionar como parte do esquema de proteção do Recife contra as enchentes do rio Capibaribe, laminando uma vazão máxima do rio Tapacurá, em $130\text{m}^3/\text{s}$, para servir ao suprimento hídrico da capital e de outras localidades sob sua área de influência da região metropolitana do Recife.

O reservatório de Goitá, concluído em maio de 1978, localiza-se nas coordenadas $7^{\circ}58'12\text{S}$ e $35^{\circ}06'45\text{W}$, nos municípios de Glória de Goitá e Paudalho, tendo o objetivo de controle de enchentes, mas também é utilizado para regularização de vazão no rio.

O reservatório Poço Fundo encontra-se nas cidades de Jataúba e Santa Cruz do Capibaribe. Esse reservatório atende principalmente demandas para irrigação e abastecimento da cidade de Santa Cruz do Capibaribe.

A Tabela 2 apresenta os principais barramentos que interferem no comportamento hídrico da bacia.

Tabela 2 - Principais barramentos na bacia do rio Capibaribe

Bacia hidrográfica	Descrição	Nome	Rio
Capibaribe	Barragem	Machados	Riacho Açudinho
	Barragem	Oitis	Brejo da Madre de Deus
	Barragem	Gercino Pontes	Riacho Tabocas
	Barragem	Tabocas Praça	Riacho Tabocas
	Barragem	Mateus Vieira	Riacho da Bica
	Barragem	Jucazinho	Capibaribe
	Barragem	Carpina	Capibaribe
	Barragem	Cursaí	Cursaí
	Barragem	Gloria de Goitá	Goitá
	Barragem	Tapacurá	Tapacurá
	Barragem	Várzea do Una	Várzea do una
	Barragem	Matriz da Luz	Muribara

A Tabela 3 apresenta as principais características técnicas dos reservatórios.

Tabela 3 - Características técnicas dos reservatórios

Reservatório	Área da bacia (km ²)	Volume total (10 ⁶ m ³)	Volume para atenuação de enchentes (10 ⁶ m ³)	Volume útil (10 ⁶ m ³)	Vazão afluente média (100%) (L/s)	Evaporação média (L/s)	Vertimento médio (L/s)	Vazões regularizadas (L/s)		
								100% de garantia	90% de garantia	80% de garantia
Jucazinho	4.171	327,00	100,00	227,00	6.336,50	594,30	2.891,90	2.972,80	3.890,90	4.634,80
Carpina	5.999	270,00	189,00	81,00	6.918,90	1.255,30	4.483,30	1.690,50	2.529,80	3.165,50
Tapacurá	360	98,70		98,70	2.257,50	439,80	734,10	1.302,40	2.175,40	2.673,40
Goitá	450	52,00	36,90	15,60	2.002,20	63,50	844,10	862,30	1.259,60	1.613,50
Poço Fundo	854	27,75	-	27,75	1.473,10	348,20	967,40	256,50	542,30	728,20
Oitis	46	3,02	-	3,02	192,20	21,70	127,80	51,70	85,80	111,00
Várzea do Una	38	11,60	-	11,60	397,60	59,10	162,10	229,40	342,60	430,70
Jataúba	72	0,94	-	0,94	150,40	15,00	118,50	21,90	39,10	53,80
Machados	116	1,23	-	1,23	393,20	16,80	342,00	40,80	72,50	93,70
Engenheiro G. Pontes	384	11,22	-	11,22	786,20	65,20	449,30	295,20	426,60	518,10
Cursai	58	7,70	-	7,70	471,80	67,50	217,10	232,00	380,10	485,10

Fonte: SRH, 2010

5 - ESTUDO DA DIMINUIÇÃO DAS VAZÕES PARA MEDIÇÃO DE DESCARGA

A bacia do rio Capibaribe é hidrologicamente monitorada através da Rede Hidrometeorológica Nacional, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas - ANA, tendo como operadora o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, através de 08 estações fluviométricas instaladas no rio principal e 08 em seus contribuintes. Do total de estações, 04 delas encontram-se extintas, em sua maioria pela falta de dados a serem monitorados.

A Figura 3 ilustra a distribuição das estações fluviométricas através do diagrama unifilar da bacia. A Tabela 4 apresenta as estações instaladas na bacia e seus períodos de operação.

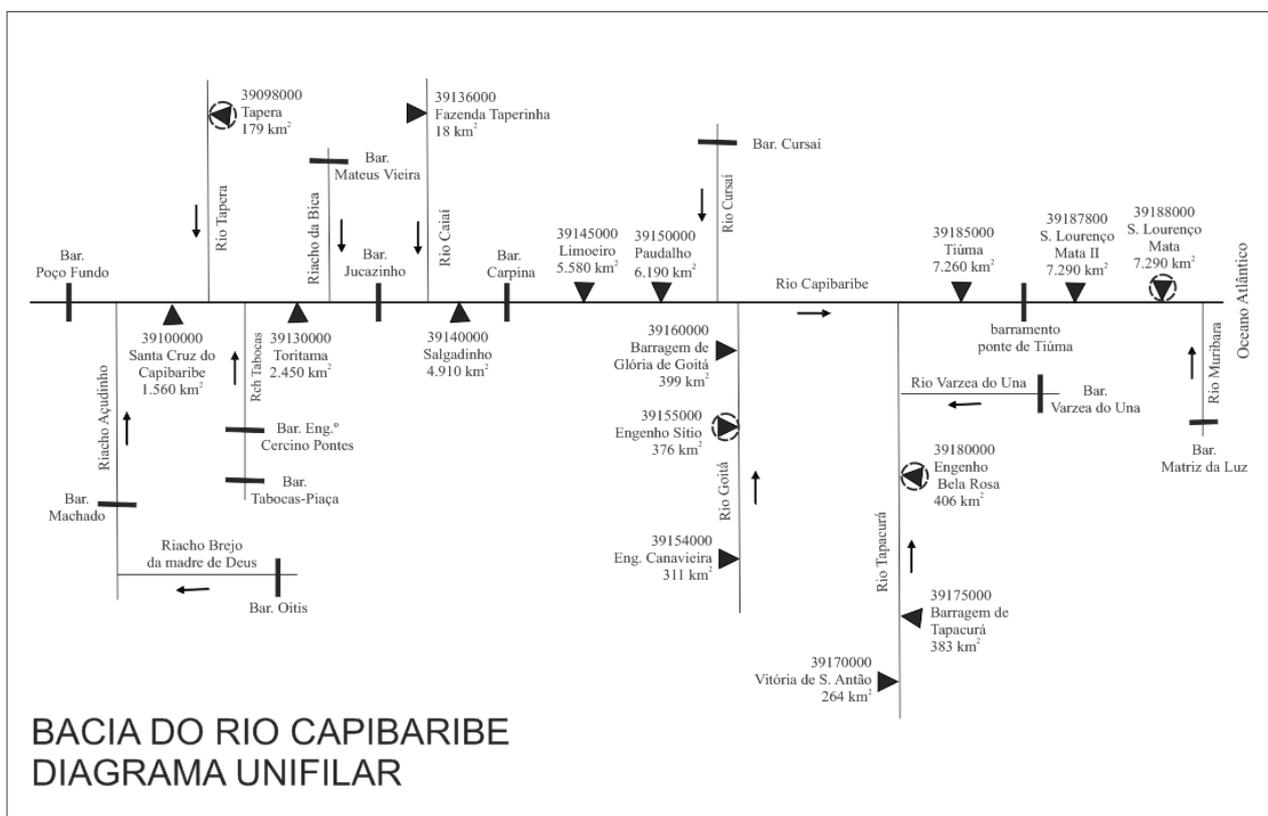


Figura 3 - Diagrama unifilar da bacia do rio Capibaribe

Com a diminuição significativa das vazões ao longo dos anos causadas pelos barramentos, torna-se cada vez maior o número de estações que deixam de ser operadas pela falta de dados. As estações circuladas no diagrama, apresentadas na Figura 3, correspondem às estações extintas.

Tabela 4 - Estações monitoradas pela ANA/CPRM na bacia do rio Capibaribe

Código	Estação	Rio	Coordenadas		Área (km ²)	Período de operação
39029100	Engenho Itapirema de Baixo	Itapirema	7°41'00"	34°53'00"	198	08/2004
39040000	Nazaré da Mata	Tracunhaém	7°45'15"	35°13'59"	692	04/1967
39080000	Engenho Itapissirica	Tracunhaém	7°36'47"	35°03'53"	1230	05/1967
39082000	Engenho Volta	Capibaribe Mirim	7°31'19"	35°17'18"	329	12/2002
39083000	Engenho Retiro	Sirigi	7°33'28"	35°07'03"	472	10/1977
39084000	Caricé	Capibaribe Mirim	7°32'34"	35°04'07"	1320	10/1999
39098000	Tapera	Riacho Tapera	7°57'00"	36°12'00"	179	05/1986 a 06/1997
39100000	Sta Cruz do Capibaribe	Capibaribe	7°57'43"	36°12'08"	1560	04/1986
39130000	Toritama	Capibaribe	8°00'46"	36°03'28"	2450	01/1954
39136000	Fazenda Taperinha	Caiaí	7°50'39"	35°44'15"	18	11/2004
39140000	Salgadinho	Capibaribe	7°56'34"	35°38'03"	4910	01/1962
39145000	Limoeiro	Capibaribe	7°52'44"	35°27'07"	5580	04/1956
39150000	Paudalho	Capibaribe	7°53'39"	35°10'24"	6190	08/1966
39154000	Engenho Canavieira	Goitá	7°58'19"	35°12'24"	311	04/1999
39155000	Engenho Sítio	Goitá	7°58'11"	35°09'34"	376	04/1967 a 10/1999
39160000	Barragem Glória de Goitá	Goitá	7°58'05"	35°06'57"	399	08/1996
39170000	Vitória de Santo Antão	Tapacurá	8°06'49"	35°17'02"	264	04/1967
39175000	Barragem de Tapacurá	Tapacurá	8°02'18"	35°09'43"	383	05/1986
39180000	Engenho Bela Rosa I	Tapacurá	8°01'00"	35°07'00"	406	04/1967 a 11/1993
39185000	Tiúma	Capibaribe	7°58'50"	35°04'45"	7260	07/1966
39187800	São Lourenço da Mata II	Capibaribe	7°59'55"	35°02'21"	7290	05/1989
39188000	São Lourenço da Mata	Capibaribe	8°01'00"	35°03'00"	7290	01/1956 a 12/1993

5.1 - Estudo de caso: Análise das estações Santa Cruz do Capibaribe e Toritama

Quando as estiagens são frequentes ocorrem modificações no regime das vazões naturais a jusante das barragens, pois a vazão regularizada na estação fluviométrica torna-se inferior à vazão mínima antes da construção do barramento.

As estações fluviométricas de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, mais próximas da cabeceira da bacia hidrográfica, são exemplos desse comportamento na bacia.

Avaliação das Cotas Observadas

Instaladas entre a Barragem Poço Fundo e Jucazinho, além dos barramentos existentes nos rios contribuintes a esse trecho, as estações apresentam séries de cotas quase inexistentes, como mostrado na Figura 4.

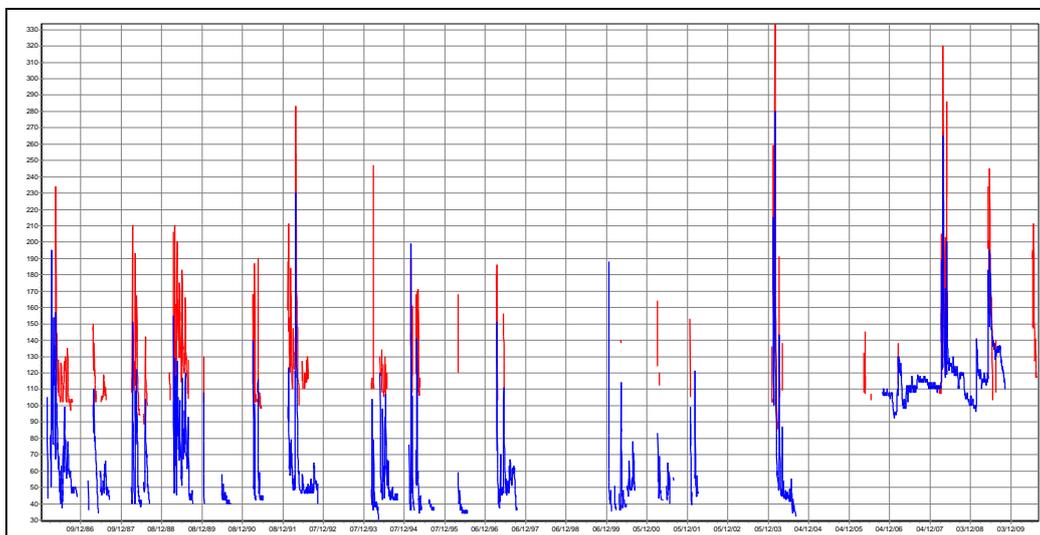


Figura 4 - Cotagrama das estações Santa Cruz do Capibaribe (vermelho) e Toritama (azul) no período de 1986 a 2009

Em média é possível medir o nível da água apenas entre os meses de abril e julho, ficando os outros meses, em sua maioria, em situação de rio cortado ou água parada. De toda a série de cotas apresentada na estação de Santa Cruz do Capibaribe (1986 a 2010), em 92% do tempo o rio encontrava-se sem água.

A estação Toritama apresenta mais dias com nível de água medido, mas não necessariamente com velocidade suficiente para medição de vazão. Na referida estação, para o mesmo período da estação de montante (Santa Cruz do Capibaribe), observa-se que em 53% dos meses a estação apresentava o *status* de rio cortado.

Assim como as estações a jusante dos barramentos passam a ter suas vazões regularizadas pela operação das barragens, é importante observar que as estações localizadas a montante sofrem mudanças causadas pelo remanso.

O remanso causado pelo barramento altera a declividade da superfície da água e em consequência a capacidade de escoamento no trecho considerado. Ocorre um aumento, muitas vezes significativo, nas cotas para as mesmas vazões encontradas em cotas mais baixas medidas antes da construção dos barramentos.

As Figuras 5 e 6 ilustram a situação encontrada nas estações de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe em visita realizada em outubro de 2011.



Figura 5 – Água parada na Estação Santa Cruz do Capibaribe (cód. 39100000)



Figura 6 – Rio cortado na Estação Toritama (cód. 39130000)

Análise das Medições de Descarga

Em todo o seu período de operação, a estação de Santa Cruz do Capibaribe possui apenas 05 medições de descarga líquida, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Série de medições de descarga da estação Santa Cruz do Capibaribe

Data	Cota (cm)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m ³ /s)	Área (m ²)
26/04/1988	164	10,00	0,303	33,03
17/05/1989	138	3,60	0,215	16,73
25/06/1989	125	2,00	0,190	10,54
18/02/2004	128	2,23	0,299	7,43
28/05/2009	240	63,70	1,246	51,2

Observa-se que há um grande período de tempo ocorrido entre as medições, ocasionando grande dificuldade na construção de uma curva-chave que melhor represente as vazões. É importante notar que além de serem em pequeno número, as medições são realizadas praticamente na mesma faixa de cotas, impossibilitando garantias na extrapolação da curva.

Não há registro de medições na estação de Santa Cruz do Capibaribe entre a medição de 2009 e o ano de 2011. Há mais uma vez uma grande lacuna de medições na estação, tornando cada vez maior a possibilidade de inconsistência das vazões calculadas por método indireto de curva-chave.

A Figura 7 ilustra as medições de descarga na estação fluviométrica de Santa Cruz do Capibaribe no Rio Capibaribe.

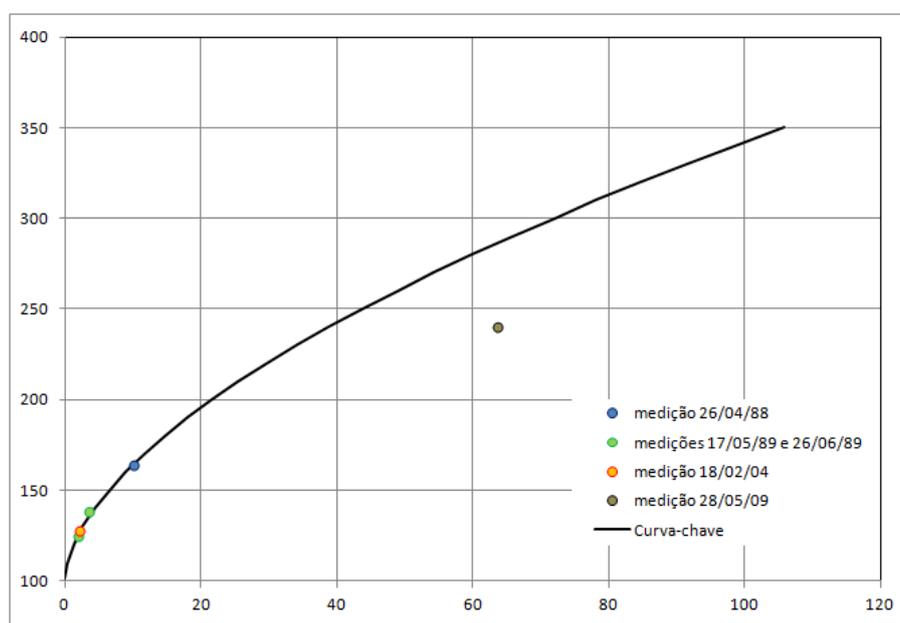


Figura 7 - Medições de Descarga da estação Santa Cruz do Capibaribe (cód. 39100000)

Se construíssemos uma curva-chave que melhor represente a distribuição das relações cota-descarga medidas, seria possível observar que a medição de 28/05/2009 encontra-se em outra tendência, o que dificulta a determinação de uma curva para o período de novo controle pela ausência de pontos. Isto poderia também indicar que a curva deve ser refeita desde o início, para se adequar à medição de 28/05/2009.

Entre os anos de 1989 e 2004 não há medições. A extensão da validade da curva, caso seja considerada uma única para todo período, é garantida apenas pela medição do h_0 e dos perfis transversais. Sem tais dados seria impossível utilizar o ponto de 2004, impossibilitando gerar qualquer vazão confiável entre os anos de 1990 e 2003.

A construção de uma curva utilizando a tendência de pontos entre os anos de 1988 e 2004 tem como principal incerteza a falta de pontos no ramo alto. Isto torna a extrapolação pouco precisa, pois a maior cota medida no período é de 337cm, muito acima da amplitude de cotas medida.

Dificuldades também podem ser vistas na série de medição de descarga da estação Toritama. Mesmo apresentando 43 medições, ente sua instalação e o ano de 2009, a mesma possui medições escassas a partir do ano de 1994. Chega a passar mais de 05 anos sem qualquer medição, como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Número de medições anuais da estação Toritama

Ano	Número de medições	Ano	Número de medições
1973	09	1985	02
1974	04	1986	03
1975	03	1987	02
1976	01	1988	02
1977	04	1989	02
1978	01	1994	01
1979	02	1997	01
1981	01	2004	01
1984	03	2008	01

A Figura 8 ilustra as medições de descarga na estação fluviométrica de Toritama no Rio Capibaribe.

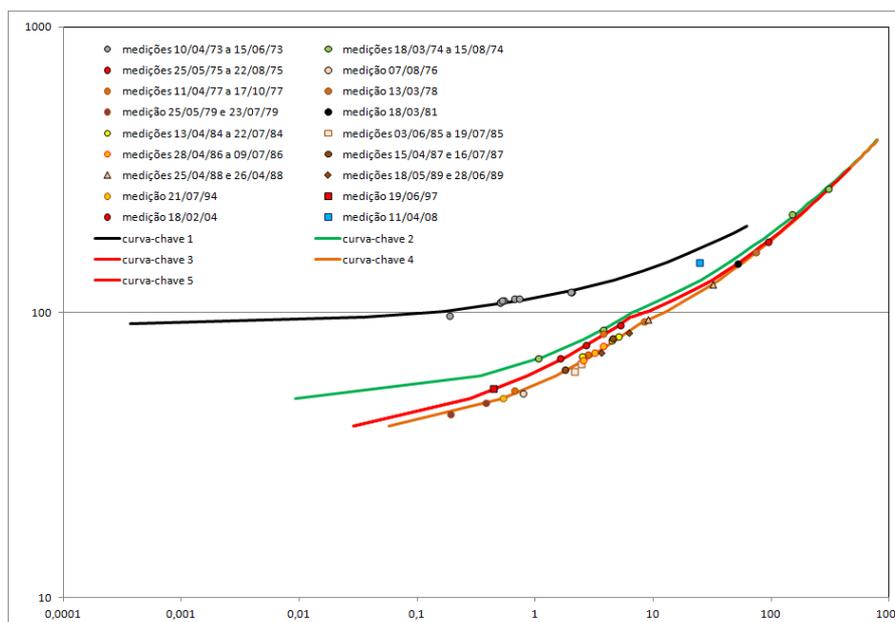


Figura 8 - Medições de Descarga da estação Toritama (cód. 39130000)

As medições de descarga da estação Toritama, apresentadas na Tabela 6, determinam 04 possíveis tendências de curvas, no período de 1973 a 2004. Entretanto, a única medição existente após o período, no ano de 2008, tende a uma nova curva, não podendo ser considerada participante de nenhuma das tendências anteriores.

É importante lembrar que, como ocorrido na estação Santa Cruz do Capibaribe, não há outra medição na série entre o ano de 2009 e 2011. Logo, é impossível calcular vazão pelo método indireto, deixando uma grande lacuna na série de dados.

A estação fluviométrica de Toritama, em relação à estação de Santa Cruz do Capibaribe, apresenta um diferencial que explica a quantidade reduzida de medições de descarga líquida. A mesma encontra-se instalada numa região onde há um número significativo de confecções. Na região é muito comum a construção de barragens provisórias, construídas com sacos de areia, para acumular água que será utilizada na lavagem de jeans.

As barragens provisórias quando construídas nas épocas de medições programadas, interferem nas relações entre a vazão e a cota. Estas aumentam as variáveis que interferem na qualidade da vazão líquida medida. Consequentemente, causam dispersão e incertezas dos pontos medidos, trazendo dificuldades aos ajustes da curva-chave.

Segundo SRH (2010) as demandas hídricas necessárias à indústria de confecções no município de Toritama é crescente, considerando o número de requerimentos de outorga protocolados na CPRH nos últimos meses. As outorgas emitidas pela SRH/PE nesta localidade são sazonais, apenas para captações nos meses em que há disponibilidade hídrica. Porém, como a atividade industrial é permanente durante todos os meses do ano, poderá haver risco de construção de pequenos barramentos no leito do rio para acumulação de água nos períodos de estiagem pelos usuários, o que não está legalmente autorizado pelos órgãos competentes.

6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

O fato de não ser possível medir descarga natural nas estações fluviométricas a jusante de barramentos, faz com que muitas séries de vazões fiquem defasadas no tempo, como consequência da falta de curvas-chave por muitos anos.

A falta de equações por insuficiência de pontos medidos (cota versus descarga) faz com que seja quase impossível obter resultados de boa qualidade através desse método indireto de determinação da descarga líquida.

Nem sempre a falta de medição é o único problema. Uma dificuldade relevante dentre as encontradas na construção da curva-chave, é o número reduzido de medições de descarga de modo geral ou em níveis d'água muito baixos e/ou muito altos.

Deparamo-nos com medições únicas anuais, na maioria das vezes, em cotas baixas ou muito baixas. Isto dificulta significativamente a determinação da equação e extrapolações. Tal dificuldade é fruto da mobilidade acentuada do leito do rio e da variação da seção de controle, alterando a relação cota-descarga. Esta alteração é percebida de forma mais acentuada para níveis d'água baixos.

Uma das formas, de aproveitamento incorreto, é a utilização das curvas-chave de outros períodos para determinar as vazões nos anos sem medição e em cotas baixas, sem os devidos testes de adequação do ponto medido à curva existente. Esse “aproveitamento” torna os desvios do ponto medido inaceitáveis em relação à curva utilizada. Faz com que a vazão calculada esteja significativamente distante para mais ou para menos da reprodução da vazão real.

Antes de concluir que não há ponto suficiente, determinando que realmente existe a formação de uma nova tendência, é importante observar se há erros na medição. É necessário verificar que a medição única de certo período não se enquadra em outras curvas, o que viabilizaria obter vazão para o período com poucos dados.

Para tal é necessário verificar se a medição em campo foi realizada de forma correta, se não há problemas com o molinete e sua equação, ou se não há erro de transcrição na ficha de medição entregue para análise. Outra forma é observar desvios dos pontos nas relações cota versus vazão, cota versus velocidade e cota versus área, detectando dispersões dos pontos em relação à série.

Em meio às tantas possibilidades de se obter vazões de má qualidade, que não reproduzem corretamente as condições e vazões ocorridas no período desejado nas estações fluviométricas de medição, corre-se o grande risco de gerir erroneamente os recursos no rio estudado. Ou seja, ter dados de má qualidade como entrada em programas e análises hidrológicas.

Operar uma estação fluviométrica envolve custos financeiros altos, pois existem custos ligados à instalação da estação, manutenção da estação e de equipamentos, observação diária das réguas, deslocamento de equipe, etc. Assim, outra consequência do barramento em algumas regiões é o cancelamento da operação de algumas estações, ou seja, extinção da estação fluviométrica pela impossibilidade de se obter dados hidrológicos significativos.

É importante lembrar que em rios barrados é muito comum a ocorrência de incrementos negativos de vazão. Ou seja, a vazão da estação de montante apresenta-se maior que a vazão calculada na estação de jusante. Isto pode trazer muitas dúvidas durante a fase de análise das vazões geradas, além da importância que deve ser dada à confiabilidade das informações obtidas sobre as condições de operação das estações.

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Determinar a vazão diária numa seção fluvial é uma tarefa demorada e que exige custos elevados. Dessa forma, a estimativa da descarga líquida em um rio é determinada de forma indireta através da construção da curva-chave. A curva-chave interpola valores, entre cotas máximas e mínimas, das medições de descarga realizadas no campo.

A grande dificuldade encontrada para reproduzir uma equação que melhor estime a vazão num determinado período é o número e a qualidade de medições existente. Em regiões onde há barramentos a montante das estações de medições de descarga líquida a vazão natural muitas vezes diminui significativamente a ponto de não ser possível medi-la. Não havendo pontos para a construção da curva, não é possível fazer uma estimativa de boa qualidade das vazões de forma indireta.

Sem dados de boa qualidade, corre-se o risco da falta de confiabilidade dos projetos e programas que utilizam estas vazões geradas erroneamente. Muitos projetos acabam recorrendo, pela falta de dados, ao uso de modelos chuva-vazão para compensar as deficiências nas séries de vazão medida.

Uma opção utilizada para tentar amenizar a situação encontrada nas estações com poucas medições de descarga é a utilização do Método de Manning para analisar a tendência da extrapolação determinada para a curva, desde que haja levantamento do perfil transversal da estação, no ponto medido.

Em situações eventuais, normalmente nos períodos de inverno onde há descarga líquida acima das cotas medidas em situações normais, recomenda-se o deslocamento das equipes para realização de medições extras para compensar a falta de dados ocorrida nas campanhas programadas para o ano.

No caso de barramentos clandestinos que potencializam a falta de descarga líquida em regiões que já possuem barramentos outorgados, as ações seguintes são sugeridas ações para minimizar os impactos: fiscalizações e identificações das áreas com maior número de barramentos clandestinos.

É o caso da estações de Toritama e Santa Cruz do Capibaribe.

BIBLIOGRAFIA

COLLISCHONN, W; TASSI, R. (2011). Introduzindo Hidrologia. Apostila. IPH UFRGS. Versão 8. Capítulo 13. Março 2011

CPRM, 2001. Sistema de Informação para a Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Atividades Impactantes Sobre o Meio Ambiente da Região Metropolitana do Recife. Recife, 2001.

HIDROWEB, 2012. Dados hidrológicos. Acesso via internet: <http://hidroweb.ana.gov.br/> em Maio/2012

JACCON, G; CUDO, K.J. (1989). Curva-chave - Análise e Traçado. Ministério de Minas e Energia - MME. Departamento Nacional de Energia Elétrica - DNAEE. Brasília, 1989.

PERH-PE, (Plano Estadual de Recursos Hídricos). 1998. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Diretoria de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Recife – PE.

SIRH, 2012. Bacia do rio Capibaribe. Acesso via internet: http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/bacia_rio_capibaribe.php e http://www.sirh.srh.pe.gov.br/hidroambiental/bacia_capibaribe/index.php/abertura em 05/05/2012 em Maio/2012.

SRH, 2010. Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. TOMO I - Diagnóstico Hidroambiental. Volume 01/03 - Recursos Hídricos. Recife, 2010.

TUCCI, Carlos E. M., Hidrologia – Ciência e Aplicação, ABRH - 2000. Porto Alegre – RS.