

ANÁLISE DOS EFEITOS DA REDUÇÃO DE MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA SOBRE A QUALIDADE DAS CURVAS-CHAVE NO RIO TRACUNHAÉM: UM ESTUDO DE CASO

Mercília Maria Farias de Barros¹; Cristiane Ribeiro de Melo²; Solange Cavalcanti de Melo³; Fabio Araújo da Costa⁴ & Paulo Abadie Guedes⁵

RESUMO: A bacia do rio Tracunhaém é monitorada através de duas estações fluviométricas operadas no âmbito da parceria entre Agência Nacional de Águas – ANA e Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, e está inserida na bacia do Rio Goiana-PE. As mudanças no clima diminuem significativamente as chuvas e, conseqüentemente, interferem nas medições hidrométricas. Associado às mudanças do clima, existem as mudanças ligadas à forma de operação das estações através dos anos. O objetivo deste trabalho é apresentar o histórico das medições de descarga através dos anos, analisar as variáveis que interferem no número de medições de descarga líquida, e incertezas ligadas às vazões geradas com curvas de descarga determinadas com poucas medições. Para a análise, utilizou-se o período comum de monitoramento das estações entre os anos de 1980 e 2009, formando uma série de dados de 30 anos. Os resultados obtidos indicam que a falta de medição está pouco ligada à ideia de que apenas as mudanças climáticas ocasionam as dificuldades encontradas para a determinação de uma curva-chave confiável. Os fatores logísticos ligados à operação das estações apresentam uma significativa parcela de contribuição.

ABSTRACT: The basin of the river Tracunhaém is monitored through two gauged stations operated under the partnership between the Agência Nacional de Águas - ANA and the Serviço Geológico do Brasil - SGB / MRCP. Climate changes significantly decrease the rains, and consequently interfere on hydrometric measurements. Associated with climate change, there are changes related to the way of operation for the stations over the years. The objective of this paper is to present the history of discharge measurements over the years, to analyze the variables that interfere on the number of measurements of liquid discharge, and uncertainties related to the flows generated by discharge curves determined with few measurements. For analysis, we used the common period of monitoring stations between the years 1980 and 2009, forming a series of data with 30 years. Results suggest that the lack of measurement is somewhat linked to the idea that only climate changes cause the difficulties encountered in the determination of a reliable discharge curve, generating flows of good quality.

PALAVRAS CHAVE: *DESCARGA LÍQUIDA, CURVA-CHAVE, RIO TRACUNHAÉM*

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: mercilia.barros@cprm.gov.br.

2) 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.

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) Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. SUREG-RE, Av. Sul, 2291 – Afogados, CEP 50.770-011, Recife, PE; Tel.: (81) 3316-1489; e-mail: fabio.araujo@cprm.gov.br.

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

1 - INTRODUÇÃO

A bacia do rio Tracunhaém é monitorada através de 02 estações fluviométricas, instaladas nos rios Tracunhaém e Capibaribe Mirim, operadas no âmbito da parceria entre Agência Nacional de Águas – ANA e Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. A maior parte das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional foi instalada entre os anos de 1960 a 1980. Com o passar dos anos, observou-se uma diminuição gradativa do número de medições de descarga por ano.

As mudanças no clima diminuem significativamente as chuvas e conseqüentemente, interferem nas medições hidrométricas. Segundo Cirilo (2008), estudos demonstram que a ocorrência de mudanças climáticas mais intensas para o final do século XXI, relativamente ao clima atual, vão acontecer na região tropical, especificamente na Amazônia e no Nordeste do Brasil.

Associado às mudanças do clima, onde o semiárido torna-se cada vez mais árido, existem as mudanças ligadas à forma de operação das estações através dos anos. Estas também causam impactos sobre o número de medições de descarga anuais, interferindo na qualidade das curvas-chave e vazões geradas.

Os projetos de gestão hídrica necessitam de dados confiáveis para execução de modelos e estudos hidrológicos. O que torna cada vez mais importante um monitoramento adequado das estações fluviométricas que caracterizam as bacias hidrográficas. São muitos os impactos nas análises hidrológicas quando associados a todas as mudanças e dificuldades enfrentadas para se reproduzir, da melhor forma possível, o real comportamento dos rios.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o histórico das medições de descarga através dos anos e analisar as variáveis que interferem no número de medições de descarga líquida em uma estação fluviométrica. Também é objetivo apresentar as imprecisões e incertezas nas vazões geradas com curvas de descarga determinadas com poucas medições.

2 – HISTÓRICO DAS MEDIÇÕES DE DESCARGA LÍQUIDA E FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DAS MEDIÇÕES

As estações fluviométricas operadas pela CPRM/ANA foram instaladas nas décadas de 1960 e 1970 pela extinta Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, passando pelo Departamento Nacional de Água e Energia elétrica - DNAEE, e por fim, repassadas para a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. No ano de 2000, com a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, as estações passaram a ser de responsabilidade da mesma.

As campanhas para medição de descarga líquida nas estações são programadas para ocorrerem 04 vezes por ano. O objetivo é caracterizar bem as vazões nos rios durante as fases de cheia e recessão, com dados medidos nas mais diversas cotas.

O histórico mostra que até o final da década de 1980, a prática da operação durante as cheias, era de realizar muitas medições em um único mês. Durante os períodos de maior vazão as equipes ficavam de plantão medindo as descargas incessantemente para melhor caracterizar o evento.

Com o passar dos anos a prática foi extinta e em seu lugar são realizadas medições extras em períodos não programados, mas que apresentam vazão em cota ainda não medida. Infelizmente, com a redução das chuvas, nem sempre é possível medir vazão nas quatro visitas anuais. Isto ocorre por falta total de água ou fluxo insuficiente, ficando o número de medições abaixo do programado.

Nos dias de hoje ainda se prioriza, em detrimento de outras atividades, a prática de medições extras em períodos de cheia, mas outra questão importante é a construção de muitos reservatórios barrando o fluxo dos rios que contribui para diminuição da vazão no trecho a jusante.

Nas regiões de semiárido e sertão os rios ficam completamente secos na maior parte do ano. A ausência de água no leito do rio não significa falta de informação, pois é de extrema necessidade uma boa caracterização dos períodos secos em tais regiões.

O número excessivo de barramentos e as tomadas d'água (clandestinas ou não) são fatores relevantes para a falta de informações, ou informações de má qualidade. Este cenário leva, muitas vezes, à extinção de algumas estações fluviométricas. Dessa forma, mesmo instaladas há anos, algumas estações antigas ainda apresentam número insuficiente de medições de descarga, impossibilitando o traçado da curva-chave, ou tornando-o precário.

Mesmo durante os períodos chuvosos existem características regionais, principalmente nas estações mais afastadas do litoral, que impedem as medições de descarga. Nessas regiões os rios apresentam respostas rápidas, sendo quase impossível que a equipe de hidrometristas esteja a postos para executar a medição em tempo hábil.

Acima de qualquer coisa, a segurança dos hidrometristas deve ser sempre levada em consideração. Durante as cheias de alguns rios a velocidade do fluxo é excessiva e pode trazer perigos à operação. Mesmo que o rio apresente níveis de vazão ainda não medidos e essenciais para uma boa extrapolação da curva de descarga, caso a medição ponha em risco os operadores da rede, a mesma não deve ser executada.

Além das dificuldades naturais, há fatores alheios que também dificultam as medições nos períodos ideais. A alguns anos atrás o fluxo financeiro e os períodos de liberação de verba para execução das atividades interferiram na execução das medições. Dessa forma, nem sempre era possível completar o total de visitas anuais. Era necessário, em alguns casos, determinar estações

prioritárias para operação. Atualmente tais dificuldades foram superadas e as 04 visitas anuais têm sido realizadas em todas as estações.

3 – ESTUDO DE CASO

3.1 – Caracterização da Área

A bacia do rio Tracunhaém está inserida na bacia do Rio Goiana, localizada na porção nordeste do Estado de Pernambuco. O rio Goiana é formado a partir da confluência dos rios Tracunhaém e Capibaribe Mirim, apresentando uma extensão de aproximadamente 18 km até a foz no Oceano Atlântico.

Os rios Tracunhaém e Capibaribe Mirim nascem, respectivamente, nos municípios de São Vicente Férrer e Bom Jardim. O rio Tracunhaém nasce na Serra Verde, a uma altitude de 300 m e tem uma extensão de 115 km (SEPLAN, 2005). A Figura 1 ilustra a localização da bacia do rio Tracunhaém.

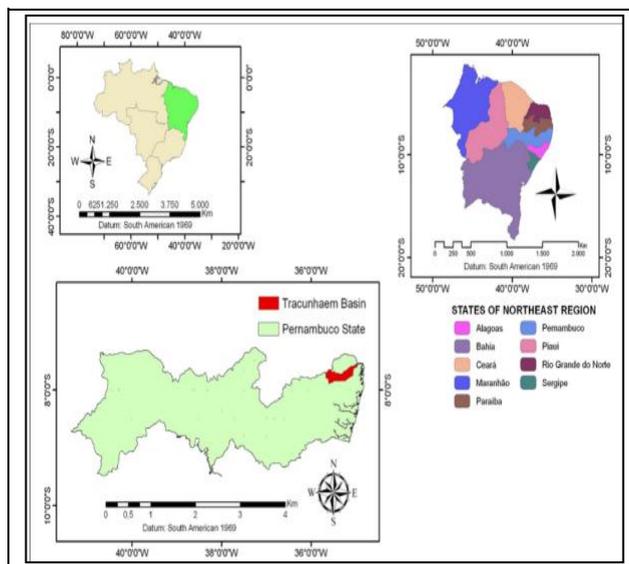


Figura 1- Bacia do rio Tracunhaém (fonte: Monteiro, 2010).

3.2 – Metodologia

A bacia do rio Tracunhaém exemplifica uma bacia hidrográfica que apresenta as características de diminuição das medições através das décadas causadas pelas mudanças do clima e da forma de operação hidrométrica. A bacia não apresenta barramentos significativos, não se sabe da ocorrência de barramentos clandestinos, e não sofreu grande influência das cheias ocorridas nos anos de 2000 e 2010 no estado de Pernambuco. Por isto ela foi escolhida para esta análise.

Na região existem duas estações instaladas e operadas em parceria pela ANA e SGB/CPRM. Os dados utilizados para análise encontram-se disponíveis no sistema HIDROWEB no site da ANA. A Tabela 1 apresenta as estações fluviométricas instaladas na bacia do rio Tracunhaém.

Para a análise das características hidrológicas, utilizou-se o período comum de monitoramento das estações entre os anos de 1980 e 2009, formando uma série de dados de 30 anos. O restante do período foi excluído por não representar uma década de dados. O diagrama unifilar com a localização das estações fluviométricas na bacia pode ser visualizado na Figura 2.

Tabela 1- Estações fluviométricas da bacia do rio Tracunhaém

Estação	Código	Rio	Latitude	Longitude	Instalação	Área (km ²)
Nazaré da Mata	39040000	Tracunhaém	07°45'15"	35°13'59"	04/1967	692
Eng. Itapissirica	39080000	Tracunhaém	07°36'47"	35°03'53"	05/1967	1.230

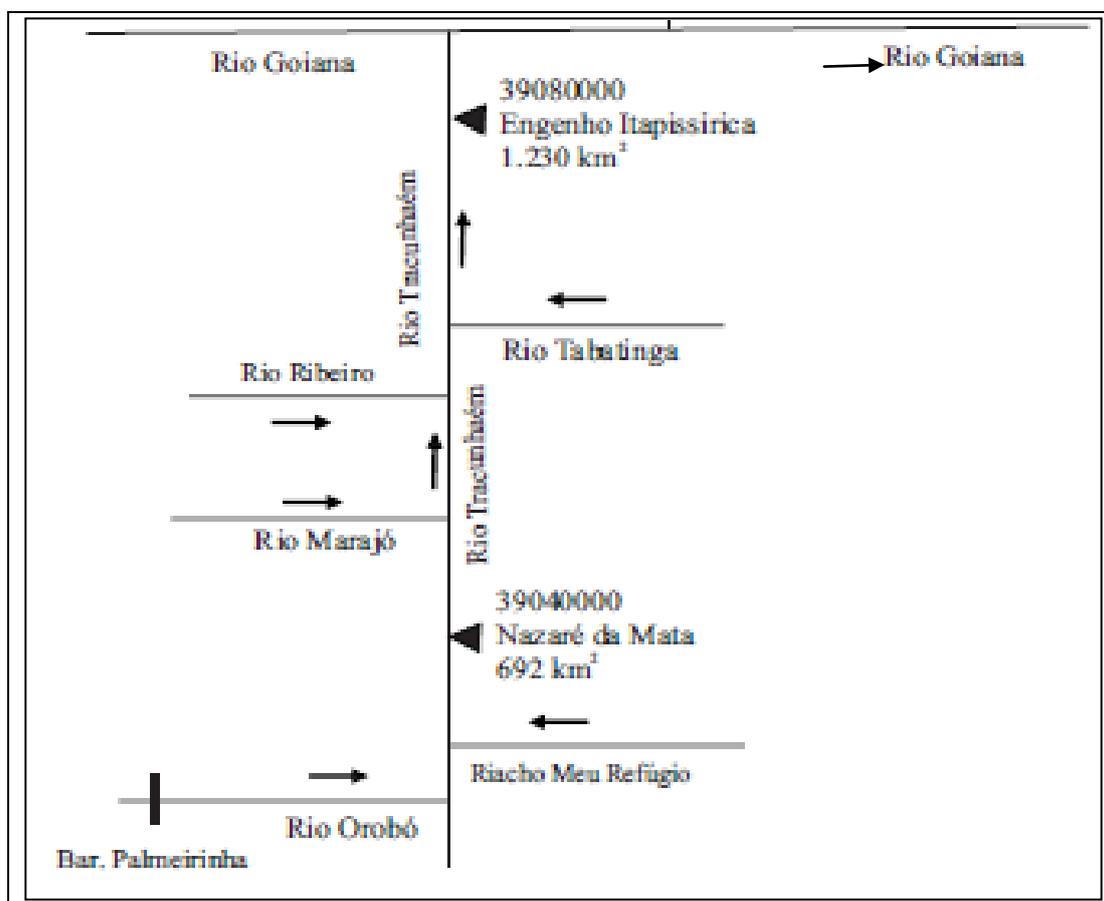


Figura 2 - Diagrama unifilar da bacia do rio Tracunhaém

Não há estações pluviométricas, instaladas e operadas pela ANA/CPRM, na bacia do rio Goiânia. Dessa forma, utilizaram-se as estações próximas para avaliar a precipitação ocorrida na região. Na Tabela 2, encontram-se as estações pluviométricas utilizadas, que estão localizadas próximas à bacia do rio Tracunhaém e que atendem às condições necessárias da série de dados.

Foram avaliados os percentuais de não cumprimento do número de medições de descarga líquida programadas e apresentado o declínio do número de medições por década nas estações,

confrontando-as com as características pluviométricas da região. Por fim, são apresentadas as curvas de descarga líquida das estações e as dificuldades encontradas de acordo com o número de medições disponíveis, para a determinação da equação das mesmas.

Tabela 2 - Estações pluviométricas próximas à bacia do rio Tracunhaém

Estação	Código	Latitude	Longitude	Município	Instalação
Paudalho	00735066	07°53'39''	35° 10'24''	Paudalho/PE	09/1967
Salgadinho	00735067	07°56'34''	35° 38'03''	Salgadinho/PE	12/1962

3.3 - Curvas de descarga

A curva-chave define uma equação matemática que represente as medições existentes, apresentando os menores desvios relativos às vazões medidas, ajustando-se, pelo método dos Mínimos Quadrados, uma equação exponencial do tipo:

$$Q = a (h - h_0)^n \quad (1)$$

Em que: Q é vazão em m³/s; h é o nível d'água em m (leitura na régua); a, n e h₀ são constantes para o posto, a serem determinados; h₀ corresponde ao valor de h para vazão Q = 0.

4 - RESULTADOS

Mesmo tendo sido instaladas em 1967, as estações apresentam as primeiras medições de descarga em 07/04/1973 (estação 39040000) e 04/05/1967 (estação 39080000). A Figura 3 apresenta o total de medições de descarga nas estações entre as décadas de 1980 e 2000.

Durante todo o período, em 77% dos anos, para a estação Nazaré da Mata (cód. 39040000), não foi possível executar as 04 medições de descarga previstas. Para a estação de Engenho Itapissirica (cód. 39080000), localizada a jusante, tal situação ocorreu em 53% do tempo.

Uma parte da deficiência de medições na década de 1990 é explicada pela transição da operação da rede hidrometeorológica nacional entre as agências responsáveis. O momento de readequação trouxe como consequência uma deficiência de recursos para execução das atividades de campo.

Entretanto, na mesma década, ocorreu na região uma diminuição na pluviometria. O que possivelmente vem corroborar com o menor número de medições de descarga líquida. A Figura 4 ilustra o total precipitado nas estações citadas entre décadas de 1980 a 2000.

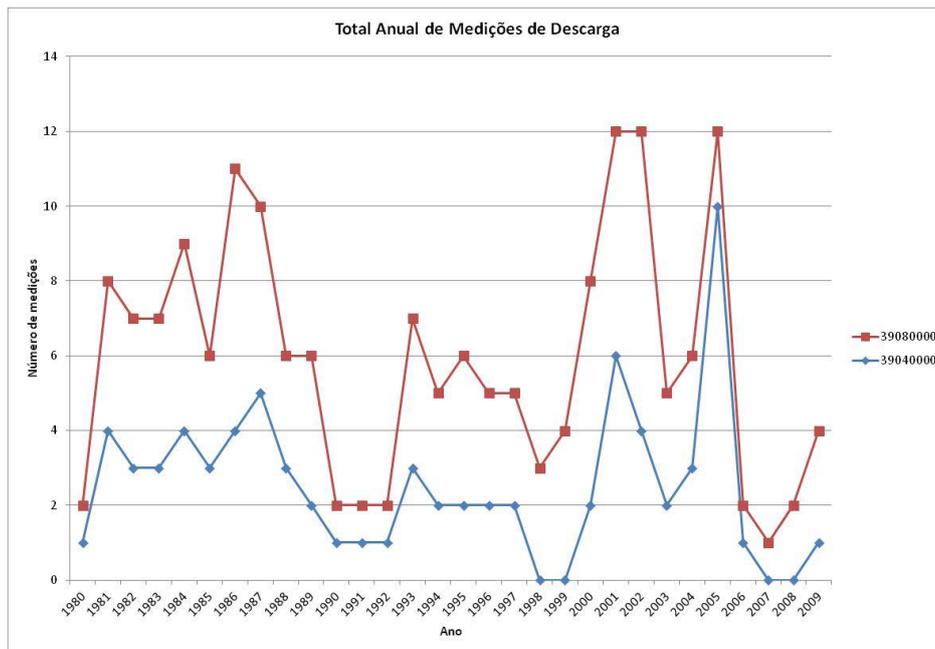


Figura 3 - Número de medições de descarga por ano das estações Nazaré da Mata (em azul) e Engenho Itapissirica (em vermelho)

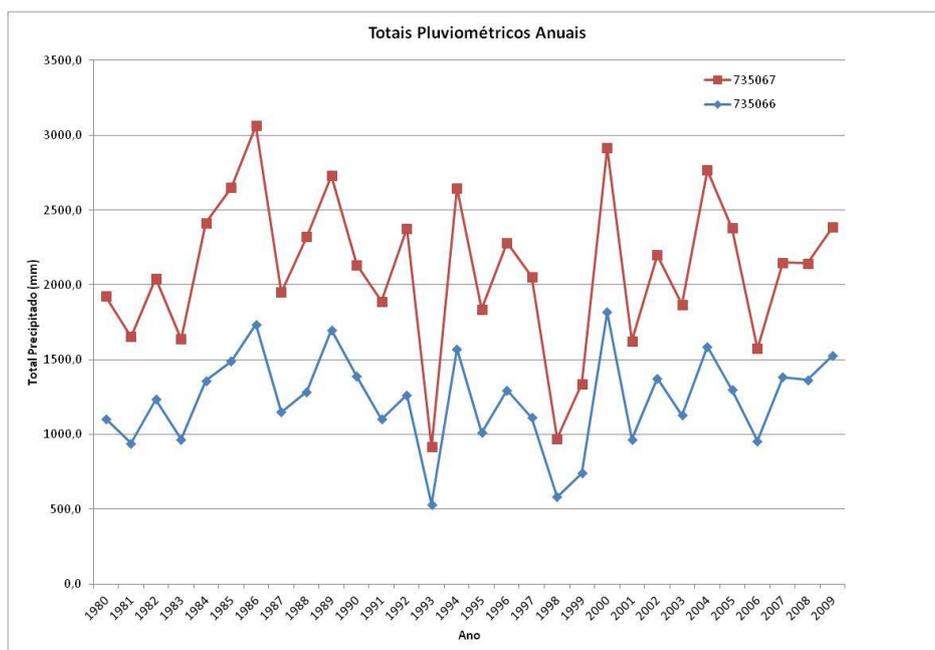


Figura 4 - Totais pluviométricos das estações Paudalho (em azul) e Salgadinho (em vermelho)

A análise anual nos mostra que o número de medições acompanha o comportamento pluviométrico na região. Ou seja, o número de medições de descarga líquida oscila de acordo com a pluviometria. O mesmo comportamento ocorre na década de 1990, onde ocorreram problemas operacionais. Dessa forma, conclui-se que há uma grande necessidade de programar as visitas à bacia nos meses de maior pluviometria, o que nem sempre é possível.

Geralmente se dispõem de poucas medições para cotas altas, ou muito baixas, que ocorrem em situações extremas, de cheias ou estiagem. Estas são faixas de grande interesse para a maioria

dos estudos hidrológicos. A avaliação das curvas de descarga das duas estações, apresentadas nas Figuras 5 e 6, mostra a vulnerabilidade das curvas e formação de tendências, em relação à escassez das medições de descarga, apresentadas anteriormente.

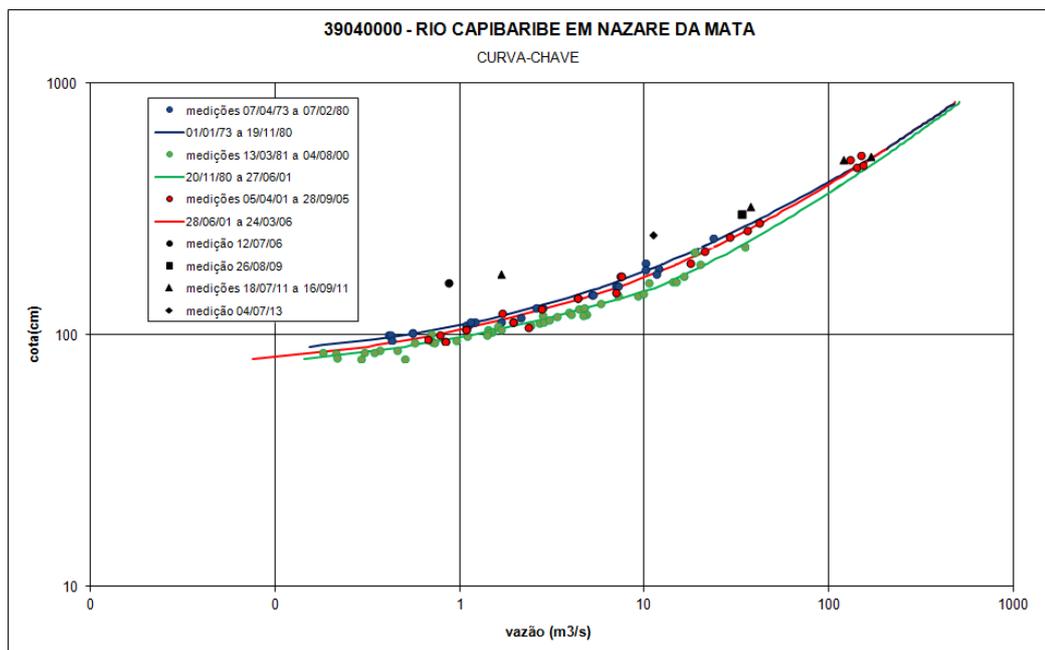


Figura 5 - Curva de descarga da estação Nazaré da Mata (cód. 39040000)

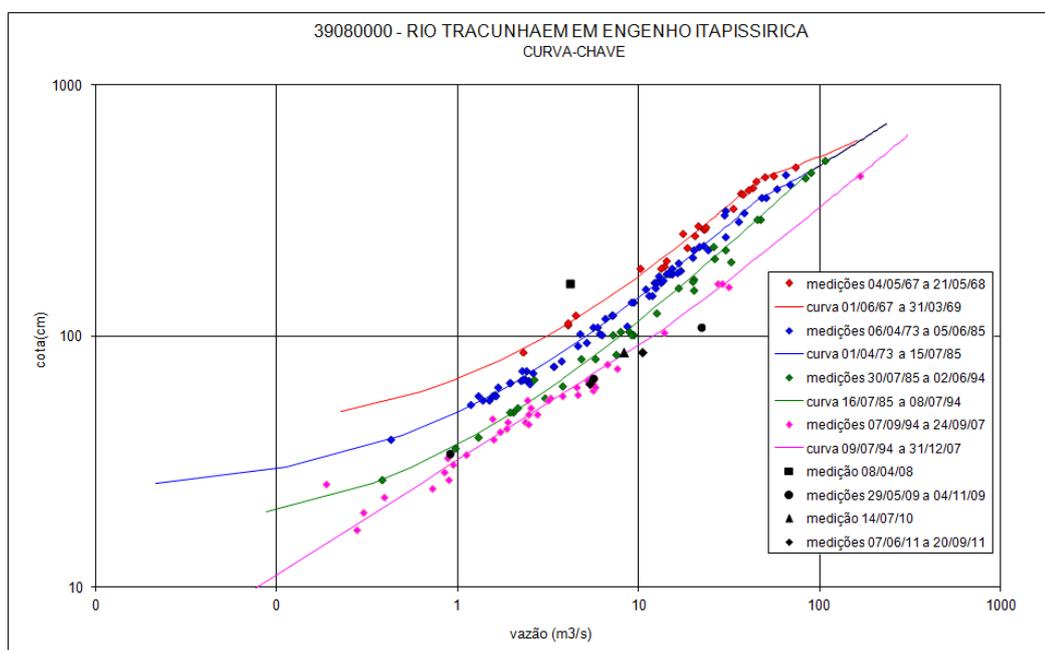


Figura 6 - Curva de descarga da estação Engenho Itapissirica (cód. 39080000)

Além da deficiência de pontos, a falta de medição de descarga em alguns anos aumenta as incertezas. Dessa forma, a determinação da curva-chave correspondente ao ano faltoso fica restrita apenas ao cotograma e perfil transversal, além da experiência do analista. A situação é ainda mais delicada quando ocorre em anos seguidos, como na série de medições de descarga da estação

Nazaré da Mata (cód. 39040000) que não possui medições nos anos de 1998, 1999, 2007, 2008, 2010 e 2012.

O fato de existir apenas uma medição para representar certo ano também é um fator que gera dificuldades na determinação, não só da equação da curva de descarga para um determinado período, mas do período de validade da mesma. Isso ocorre principalmente em ocasiões onde o desvio em relação à última curva válida é excessivo, levando ao questionamento da qualidade e veracidade da vazão medida. Tal deficiência pode ocasionar erros na vazão gerada ou na determinação do surgimento de uma nova equação de acordo com a tendência das medições.

No caso da estação Nazaré da Mata, observa-se que há apenas uma medição para o ano de 2006 que se afasta da última tendência válida. Caso o analista possua total confiança na qualidade da medição, o mesmo determinará uma nova curva para o período. Entretanto, observa-se que não há medição para os anos de 2007 e 2008. Isto impossibilita avaliar a precisão da nova equação, que será determinada com um único ponto, além da dúvida do surgimento de uma nova tendência que será confirmada com as medições de 2009 e 2011.

A estação de Engenho Itapissirica apresenta uma boa distribuição das medições durante um longo período. Mas a única medição de 2008, realizada no início do ano, apresenta grande dispersão. A falta de medição para o resto do ano impede a tomada de decisão de permanecer com a curva atual, mas não há anomalias na estação que justifiquem a mudança de curva. Dessa forma, torna-se necessário esperar um ano civil para que as medições de 2009 venham a confirmar a suspeita de que não houve mudança na curva. Provavelmente, houve alguma deficiência na medição que não foi identificada durante o processo de avaliação das mesmas.

As incertezas apresentadas contribuem para uma curva-chave pouco precisa, ou até mesmo inconsistente, oferecendo apenas duas alternativas. A primeira, é ficar sem qualquer dado de vazão até que ocorram novas medições. A segunda é, tentar fazer o possível com o mínimo de confiabilidade até surgirem medições que balizem a curva atual.

Em bacias onde o número de medições é diminuto, o preenchimento de falhas pode potencializar os erros inseridos nas curvas-chave deficientes, propagando o erro em novas vazões e em outras estações. Isto ocorre caso a estação com dificuldades seja tomada como apoio no preenchimento. Dessa forma, é preferível deixar a lacuna a correr o risco de gerar vazões que não representam a realidade.

5 - CONCLUSÃO

De acordo com o exposto, conclui-se que o número de medições de descarga e, conseqüentemente, as curvas-chave são extremamente vulneráveis e dependentes de muitas

variáveis. Mesmo ocorrendo uma diminuição nas chuvas devido às mudanças climáticas, ou excesso de chuva em outras ocasiões, a diminuição do número de medições nem sempre está vinculada apenas aos fatores climáticos. As adversidades ligadas à logística para operação hidrométrica também contribuem significativamente para a diminuição das medições.

Atualmente, em alguns períodos, não é possível realizar todas as medições. As medições extras são priorizadas em detrimento de outras atividades. Não existe mais a operação com a equipe acampada, mas há facilidade de comunicação além de muitas estações telemétricas.

Um fator que tem auxiliado é o uso de equipamentos de medições com tecnologia acústica. Entretanto, a grande quantidade de reservatórios e a não ocorrência de enchentes nas bacias nos últimos anos, depois que o fluxo de recursos normalizou, diminuem a prioridade de medições extras. Para conseguir hoje realizar mais medições, devem-se priorizar os períodos de cheia, com as equipes medindo em uma única bacia, acompanhando a subida e descida do nível nos rios.

Portanto, é possível concluir que a falta de medição não decorre exclusivamente devido às mudanças climáticas. Logo, estas mudanças não são as únicas responsáveis pelas dificuldades encontradas para a determinação de uma curva-chave de boa qualidade. Independente da real causa da falta de dados para composição da curva de descarga, torna-se evidente que em situações de escassez de pontos medidos é essencial um cuidado especial com relação às vazões geradas.

Sugerem-se futuros estudos que considerem os efeitos naturais para a melhoria das políticas de operação. Estes devem levar em conta que as mudanças na logística podem afetar significativamente as atividades em outra bacia.

BIBLIOGRAFIA

ANA, 2011. Nota Técnica nº 245/2011/SGH-ANA, de 30 de setembro de 2011

Cirilo, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. Revista Estudos Avançados 22 (63), 2008.

HIDROWEB. Dados hidrológicos. Disponível em:<<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: junho/2014.

Monteiro, K. A.; Missura, R.; Correa, A. C. B., 2010. Application of the hack index – or stream Length-gradient index (SL index) – to the Tracunhaém river watershed, Pernambuco, Brasil. São Paulo, UNESP, Geosciences, v. 29, n. 4, p. 533-539, 2010.

SEPLAN, 2005. Bacia Hidrográfica do Rio Goiana e Sexto Grupo de Bacias Hidrográficas de Pequenos Rios Litorâneos – GL6. Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco nº 2. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Planejamento – SEPLAN. Recife, 2005.