

## **HIDROCIDADES: BACIA HIDROGRÁFICA REPRESENTATIVA- EXPERIMENTAL DO RIO MORTO, BAIXADA DE JACAREPAGUÁ-RJ**

*Luciene Pimentel da Silva<sup>1</sup>; Wagner Accioly da Silva<sup>2</sup>; Marconi Fonseca de Moraes<sup>3</sup>.*

**Resumo** – No contexto do Projeto HIDROCIDADES, apresenta-se resultados parciais da implementação e operação hidrológica de bacia experimental-representativa em região de baixada e de expansão da cidade do Rio de Janeiro, com características de paisagem peri-urbana. A bacia tem área de drenagem de 9,42 km<sup>2</sup> e ocupa a área aproximada de dois setores censitários do IBGE. O monitoramento compreende variáveis climatológicas (chuva, temperatura, radiação solar, direção e velocidade do vento, umidade relativa e pressão atmosférica), níveis d'água em duas seções fluviométricas, medições de descarga e, análises *in situ* e coletas periódicas de amostras de água para análise de parâmetros micro biológicos. Em uma das seções fluviométricas as vazões são calculadas a partir da instalação de um vertedouro de seção retangular. São apresentados resultados parciais com a análise das precipitações, curva-chave e respostas chuva-vazão para o mês de abril de 2010, quando ocorreram enchentes graves em toda a cidade e que deixaram a região de estudo isolada por conta de enchentes agravadas pelo estágio de maré alta. Os resultados revelaram coerência nas observações pluviométricas e das respostas chuva-vazão. Observa-se a necessidade do aprofundamento dos estudos para a definição da curva-chave e da instalação de monitoramento pluviométrico específico no Parque Estadual da Pedra Branca.

**Palavras-Chave** – bacias representativas-experimentais; HIDROCIDADES; bacias peri-urbanas.

## **HIDROCIDADES: EXPERIMENTAL-REPRESENTATIVE MORTO RIVER CATCHMENT, LOW LANDS OF JACAREPAGUÁ – RJ, BRAZIL.**

**Abstract** – In the context of HIDROCIDADES Project, partial results of implementation and hydrologic operation for a low-land experimental-representative catchment located in a peri-urban landscape, in an expansion region of city of Rio de Janeiro, Brazil, are presented. The catchment's drainage area is 9.42 km<sup>2</sup> and approximately corresponds to two IBGE census sectors. Monitoring comprises climatological variables (rain, temperature, solar radiation, wind direction and velocity, relative humidity, atmospheric pressure), water levels in two stream flow sections, discharge measurements and, *in situ* analysis and water sampling for laboratory microbiological parameters analysis. In one of the stream flow sections, discharge is calculated based in a built rectangular weir. Partial results presented comprises rainfall analysis, stage-discharge relationship and rainfall-runoff responses for April, 2010, when an expressive flood occurred in Rio de Janeiro, which kept the study region isolated of the rest of the city for two days, aggravated by tidal effects. Results revealed observed rain heights and rainfall-runoff responses to be coherent. It was observed the need of further study in the definition of the stage-discharge relationship and also the implementation of another specific rain gauge for the Pedra Branca Park area.

**Keywords** – experimental-representative catchments; HIDROCIDADES; peri-urban catchments.

### **1 – INTRODUÇÃO**

Desde 2006 vem sendo desenvolvido o Projeto HIDROCIDADES (Pimentel da Silva *et al.*, 2008) que visa à conservação da água nos meios urbanos e suas periferias. A metodologia empregada pelo Projeto é a da pesquisa-ação (Thiollent, 2000) que pode promover uma desejável troca de saberes entre pesquisadores e objeto. Tomou-se como objeto de estudo a região da baixada

<sup>1</sup> Professora-Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Faculdade de Engenharia, UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pav. João Lyra Fo., sala 5029 E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-900, e-mail: luciene.pimenteldasilva@gmail.com.

<sup>2</sup> Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PEAMB) – UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pav. João Lyra Fo., sala 5029 F, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-900, e-mail: wagner.accioly@gmail.com.

<sup>3</sup> Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental –ESA da Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF. : Rua José Lonrenço Kelmer n/s Plataforma 4.(32) 2102 3419 r.31 E-mail: marconi.moraes@ufjf.edu.br

de Jacarepaguá, área de expansão da cidade do Rio de Janeiro, onde foi estabelecida a participação da Comunidade da Vila Cascatinha e da Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa. Foram promovidas várias oficinas visando à educação ambiental e às práticas para conservação da água. No local, a partir de 2008, foi implantada uma pequena bacia hidrográfica experimental e representativa da paisagem sócio-física-ambiental da região hidrográfica da baixada de Jacarepaguá.

As bacias experimentais têm, entre outras funções, a de desempenhar o papel de um laboratório *in situ*, onde se busca a caracterização do solo, planta, água e atmosfera, bem como suas inter-relações. Dado que a região hidrográfica experimental seja representativa dessas características, as informações podem ainda, através de metodologias adequadas, serem extrapoladas para áreas mais abrangentes. Ressalta-se a importante contribuição que os estudos em bacias experimentais e representativas podem dar na compreensão dos efeitos das mudanças climáticas globais. Pode-se ainda, buscar na escolha da bacia experimental, a representatividade das condições sócio-econômicas associadas (Pimentel da Silva *et al.*, 2005). LANNA (1983), TOEBES e OURVVAEV (1970), apud ABRH, 2001, destacam ainda as contribuições que os estudos em bacias experimentais e representativas podem dar no preenchimento de lacunas na pesquisa básica, determinação dos efeitos de mudanças naturais e antrópicas no regime hidrológico, predição hidrológica, formação de uma rede básica de estações, extensão de séries históricas, estudo de efeitos de mudanças no uso/ocupação do solo, elaboração de projetos de drenagem e de controle de enchentes, e capacitação de técnicos e estudantes. Destaca-se ainda, que no Brasil há grande carência de dados hidrológicos de pequenas bacias. Observa-se no inventário de postos fluviométricos da Agência Nacional de Águas que há poucos postos em bacias com áreas de drenagem menores que 500 km<sup>2</sup>. O monitoramento das pequenas bacias reveste-se, portanto, de fundamental importância para a complementação da rede de informações hidrológicas, além de sua natural vocação para estudo do funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes no ciclo hidrológico (ABRH, 2001). A carência de postos de observações hidrológicas é ainda mais crítica em bacias costeiras, como é o caso da bacia representativa-experimental do rio Morto.

Este estudo pretende focar na operação da bacia representativa-experimental do rio Morto e seus principais resultados que poderão nortear o planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos através de medidas estruturais e não-estruturais para conservação da água na origem.

## 2 – METODOLOGIA

Inicialmente, foi desenvolvido um estudo de diagnóstico com base no levantamento cadastral junto às agências de governo local (município) e do Estado do Rio de Janeiro, entrevistas com gerentes e atores na gestão dos recursos hídricos; visitas de campo para levantamento da rede de drenagem, observação da existência e condições de postos de monitoramento climatológico e hidrológico, condições e operação do manancial da represa do Sacarrão e da rede de abastecimento de água, ligações e destinação de efluentes e, resíduos sólidos. Foram feitas visitas ao Posto de Saúde local para prospecção de doenças de veiculação hídrica. No estudo de diagnóstico foi observada a existência e condições de postos de monitoramento hidrológico na região. Foram identificados um posto fluviométrico e um pluviométrico na bacia em estudo os quais foram operados entre os anos de 1972 e 1980 (Pimentel da Silva *et al.*, 2012). A escolha da bacia foi norteadas pelas dimensões da área de drenagem, de forma a permitir o domínio da região e sua adequada instrumentação; por sua representatividade física-ambiental; sua representatividade sócio-cultural-econômica; pela disponibilidade de informações preliminares como dados sócio-

econômicos, mapeamento, dados hidrometeorológicos. Destaca-se que a região de drenagem da bacia corresponde a aproximadamente dois setores censitários do IBGE, permitindo a incorporação aos estudos de informações sócio econômicas, sobre uso da água e disposição de efluentes líquidos e resíduos sólidos; informações muito importantes, considerando a dimensão mais abrangente do Projeto HIDROCIDADES. A bacia em estudo está localizada na baixada de Jacarepaguá, no bairro de Vargem Grande, pertencente à XXIV Região Administrativa e Área de Planejamento 4 (**Figura 1**). Com uma área de 9,42 km<sup>2</sup> e cotas altimétricas ente 8m (exutório) e 800m, a bacia do Rio do Morto é caracterizada por duas regiões: uma bem preservada a partir da cota 100 pertencente à Área de Proteção Ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca (área de 2,49 km<sup>2</sup>); e outra, à jusante, entre as cotas de 8 m e 100m, urbanizada e com sinais de degradação ambiental face à ações antrópicas. O rio Morto surge a partir das confluências dos rios Branco e rio do Sacarrão. O rio do Sacarrão tem como afluente o rio do Sacarrão Pequeno enquanto o rio Morto tem como afluente o canal do Morro do Bruno (**Figura 2**). Para determinação das características fisiográficas foram adotados mapeamentos restituídos nas escalas 1:50.000, 1:10.000 e 1:2.000 (escala cadastral) a partir de levantamento aerofotogramétrico de 1999, cedidos da base cartográfica municipal, de competência do Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos – IPP, Diretoria de Informações Geográficas – DIG. Os arquivos encontram-se no formato SEQ ou DXF, e ainda no formato Shape File (SHP) e Map Units File (ADF), para manipulação e visualização via Sistemas de Informações Geográficas. Neste caso foi adotado o sistema ArcGis, na versão 9.2, associado à extensão ArcHydro, no reconhecimento automático dos limites da bacia hidrográfica através dos divisores de água, assim como apropriação do perímetro e outros elementos fisiográficos. Para a determinação dos parâmetros fisiográficos foram tomadas as relações apresentadas em vários textos da hidrologia, neste caso em particular Villela e Mattos (1975), onde o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), o fator de forma ( $K_f$ ), densidade de drenagem ( $D_d$ ) e a extensão média do escoamento superficial ( $l$ ) foram calculados. Na **Tabela 1** são apresentadas as características fisiográficas da bacia (Pimentel da Silva *et al.* (2010). Na bacia está em operação uma estação climatológica completa, dois postos fluviométricos para monitoramento dos níveis d'água, monitoramento de vazões fluviais e coleta de amostras para a análise de parâmetros de qualidade da água (**Figura 2**). Ambos postos fluviométricos e estação climatológica (**Figura 3**) estão em funcionamento e sendo operados no contexto do Projeto HIDROCIDADES. A localização do posto fluviométrico mais a jusante, próximo a ponte da Estrada dos Bandeirantes, foi estabelecida aproximadamente no mesmo local da seção fluviométrica do posto Vargem Alegre, operado na década de 70, pela extinta<sup>3</sup> Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) do Rio de Janeiro.

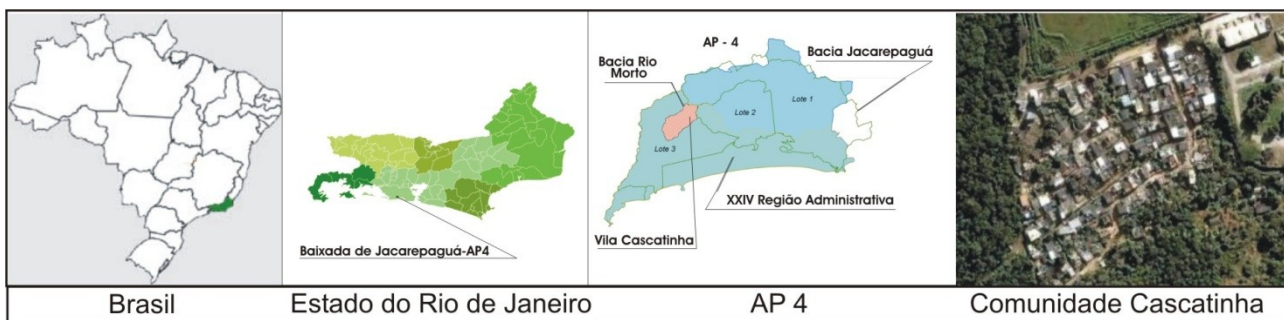


Figura 1 – Localização da Região de Estudo (Bacia do Rio Morto) - Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro. Fonte: Rosa (2003); Anuário Estatístico do Rio de Janeiro – Instituto Pereira Passos - PMRJ e Software Google Earth.

<sup>3</sup> Com a extinção da SERLA, suas funções foram incorporadas ao Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

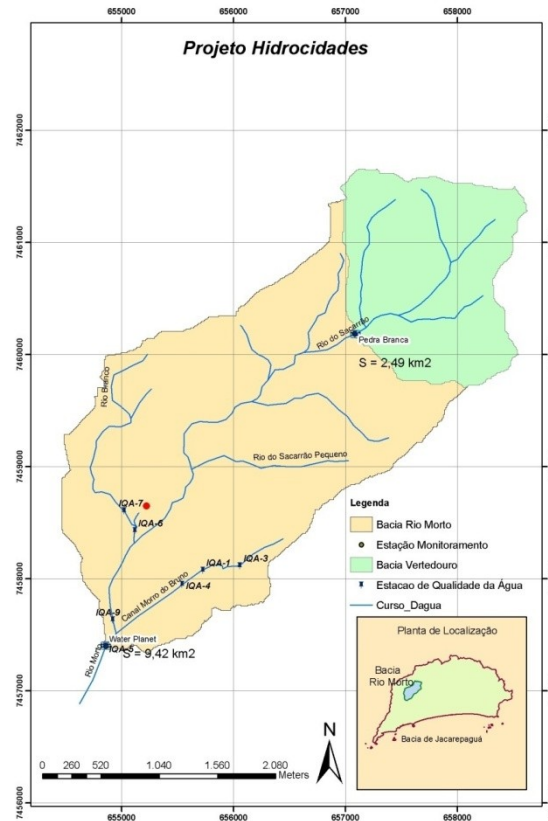
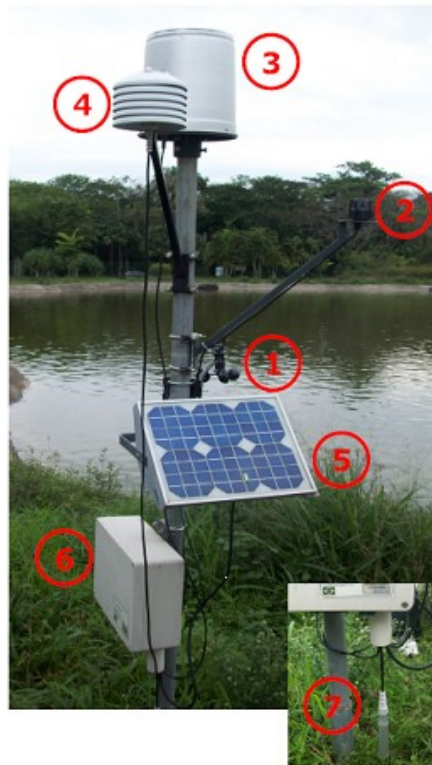


Figura 2 – Localização da Estação Climatológica, Seções Fluviométricas e dos Pontos de Coleta para Análise da Qualidade da Água na Bacia do Rio Morto.

**Tabela 1.** Características Fisiográficas da Bacia do Rio Morto (Pimentel da Silva *et al.*, 2010)

Características Fisiográficas	Resultados
Área da bacia (A)	9,42 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	18,42 km
Coefficiente de compacidade (K <sub>c</sub> )	1,68
Fator de forma (K <sub>f</sub> )	0,226
Densidade de drenagem (D <sub>d</sub> )	1,934km/km <sup>2</sup>
Extensão média do escoamento superficial (l)	0,129km
Declividade da Bacia	0,0083m/m





Sensores da Estação Climatológica:

1. Direção e velocidade do vento
2. Radiação solar direta
3. Precipitação
4. Temperatura e umidade relativa do ar
5. Painel solar
6. Abrigo da bateria e datalogger
7. pressão atmosférica

Figura 3 – Estação Climatológica SL 2000 localizada dentro dos limites do Parque Aquático na bacia de estudo.



Figura 4 – Vertedouro na Seção fluviométrica do rio Sacarrão (à esquerda) e medição de vazão com FlowTracker no rio Morto (à direita).

Na medição de vazão na seção da Pedra Branca foi implantado um vertedouro de seção retangular (**Figura 4**), uma régua e um linígrafo com encapsulamento Sitron e lógica desenvolvida pela HIDROMECC. Devido a dificuldades de acesso ao local, optou-se pela instalação de um sistema de transmissão de dados via GSM. Os dados de nível são registrados e enviados em intervalo de 5 minutos. A vazões, para essa seção foram calculadas com a aplicação da equação teórica para vertedor de seção retangular, Eq. [1].

$$Q = 1,838 \left( L - \frac{2H}{10} \right) H^{\frac{1}{2}}$$

Eq. [1]

No caso da estação fluviométrica do rio Morto, foi instalada régua e um linígrafo igual ao da Pedra Branca. Neste último caso, a vazão tem sido medida através de um Perfilador Acústico Doppler de Velocidade (*Acoustic Doppler Velocimeter – ADV*), o *FlowTracker* desenvolvido pela SonTek (**Figura 4**). Este equipamento calcula automaticamente a vazão e velocidade de um curso d'água através do fornecimento das distâncias entre as seções/trechos e das profundidades, realizadas pelo operador por meio da medição a vau. Foram realizadas medições no período de 20/03/2009 até 14/05/2012.

A estação climatológica SL 2000 desenvolvida pela SOLAR INSTRUMENTAÇÃO também opera com registros a cada 5 minutos e foi localizada dentro dos limites da bacia de estudo no Parque de Águas local. Isso contribuiu para a garantia da integridade da estação, já que o Parque é cercado, tem controle de frequência e fica sobre vigilância todo o tempo.

### 3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As observações pluviométricas na bacia de estudo foram analisadas face às observações da estação pluviométrica da Prefeitura. Na **Figura 5** é apresentada graficamente a correlação entre os totais pluviométricos mensais na estação climatológica da bacia de estudo e estação RIOCENTRO. Observa-se que os registros estão bem correlacionados. A estação RIOCENTRO da Prefeitura da cidade está distante cerca de 20 km da estação da bacia do rio Morto operada pelo Projeto HIDROCIDADES.

A partir das medições de descarga realizadas até o momento no posto de jusante, *Water Planet*, foi desenvolvida uma primeira versão da curva-chave (**Figura 6**). Foi adotada a opção de ajuste matemático único para todas as medições. Observa-se dispersão razoável dos pontos, talvez causada pelo forte movimento de fundo observado na seção fluviométrica, devido às atividades urbanas, que geram sedimentos: desmatamentos, resíduos de construção, esgotos. No futuro com um maior número de medições, o ajuste poderá ser revisto.

Em abril de 2010 a cidade do Rio de Janeiro foi atingida por fortes chuvas. A região de estudo acabou à época isolada do resto da cidade, por conta de enchentes que permaneceram por cerca de dois dias. As vazões calculadas para o evento de abril de 2010 são apresentadas junto às chuvas correspondentes na **Figura 7**. Observa-se coerência nas respostas chuva-vazão. Não foi possível a obtenção de medições de descarga durante as cheias. Estuda-se no momento a instalação de uma segunda estação fluviométrica para detecção da declividade da linha d'água e de sistema automático para medição do campo de velocidades para cálculo das vazões de cheia. Outra possibilidade é a simulação das vazões durante enchentes com a aplicação de modelos de simulação matemática.

A **Figura 8** apresenta as chuvas e vazões correspondentes na seção de montante do rio Sacarrão, que controla as vazões da região preservada do Parque Estadual da Pedra Branca. Neste caso, foi aplicada a equação teórica para vertedor de seção retangular. As respostas chuva-vazão para abril de 2010 apresentou certa coerência e são apresentadas na **Figura 8**. Conforme esperado as vazões no posto da Pedra Branca são menores do que no posto *Water Planet*, assim como o hidrograma gerado a jusante, representativo da área urbanizada, é mais acentuado, enquanto o correspondente à seção da Pedra Branca é mais amortecido, devido a maior área permeável. No entanto observa-se que as respostas de vazão estão antecipadas em relação ao hietograma. Acredita-

se que se deve ao fato de as chuvas terem penetrado na bacia de montante para jusante, o que provavelmente ocasionou que a precipitação pluviométrica tenha atingido primeiro a seção do Parque da Pedra Branca. Estuda-se a localização de um segundo posto pluviométrico próximo à seção fluviométrica do rio Sacarrão, para buscar respostas chuva-vazão mais coerentes.

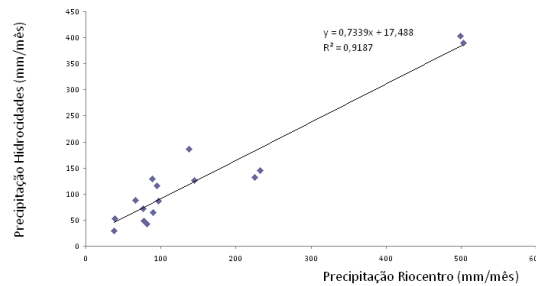


Figura 5 – Correlação dos dados de precipitação acumulada mensal das estações entre setembro de 2008 e maio de 2013, somente os meses sem falhas de ambas as estações.

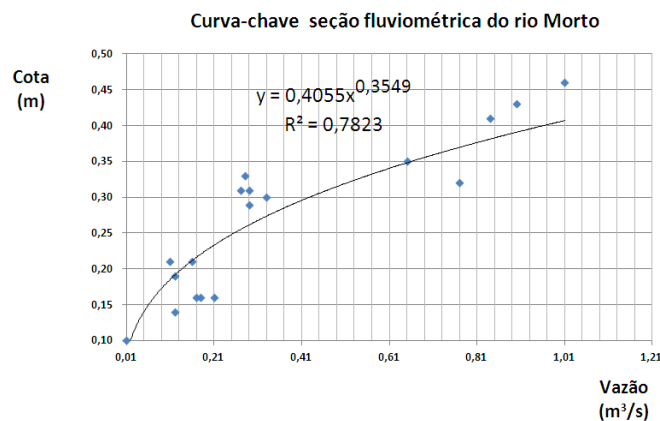


Figura 6 – Curva-chave da estação fluviométrica do rio Morto (*Water Planet*).

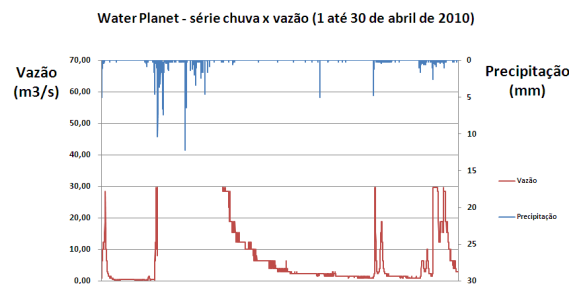


Figura 7 – Respostas Chuva-Vazão para a estação de monitoramento *Water Planet*

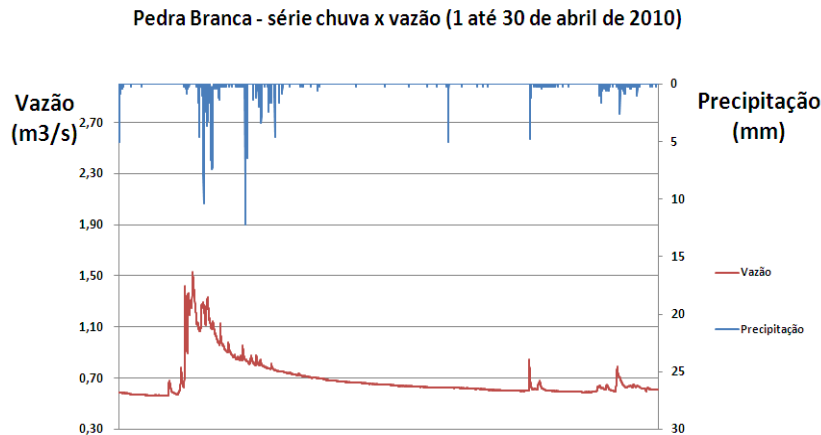


Figura 8 – Respostas Chuva-Vazão para a estação de monitoramento Pedra Branca

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados a metodologia empregada na implementação da bacia experimental/representativa do Projeto HIDROCIDADES, assim como as respostas chuva-vazão para o evento pluviométrico emblemático crítico que ocorreu na Cidade do Rio de Janeiro em abril de 2010, que casou sérias enchentes em toda a cidade. A situação da região de estudo, costeira, foi agravada pelos efeitos da maré, o que levou que a região baixa do rio Morto permanecesse alagada por dois dias, isolando a região das partes mais centrais da cidade. Observou-se coerência nas variáveis monitoradas e nas respostas chuva-vazão. Mas será necessário o aprofundamento nos estudos para definição da curva-chave e instalação de posto pluviométrico no Parque da Pedra Branca a fim de melhorar a precisão na detecção dos processos pluviométricos.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq processos nos. 500.129/2006-1 e 557.524/2009-1 e a FAPERJ processos no. E-26/110.148/2009 pelos apoios financeiros. À FINEP - através da rede de Pesquisa Bacias Representativas de Uso Misto (BRUM). Ao Instituto Pereira Passos (IPP) da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, pela disponibilização das bases cartográficas. Ao INEA pela Cooperação local e Aos moradores da Comunidade da Vila Cascatinha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRH (2001). Hidrologia Aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Organizado por João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva. – Porto Alegre: ABRH.
- PIMENTEL DA SILVA (2012). HIDROCIDADES: Diagnóstico da Bacia de Estudo do Rio Morto, Região da Baixada de Jacarepaguá - RJ. In: IX Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2012, Belo Horizonte. IX Encontro Nacional de Águas Urbanas.
- PIMENTEL DA SILVA (2010). Characterization of physical parameters and environmental sanitation for experimental-representative catchment located in the lowlands of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 5, p. 232-244.
- PIMENTEL DA SILVA (2008). HIDROCIDADES - Cities, Quality of Life and Water Resources: Integrated Water Resources Management and Urban Planning for Low-Land Region of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh.
- Rosa (2003). Procedimentos Computacionais para Integração de Sistemas de Informações Geográfica com Modelos Hidrológicos Chuva-Vazão. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba. Livro de Resumos.
- THIOLLENT(2000). Metodologia da pesquisa-ação. 9ª ed. São Paulo. Cortez.