

# ESTUDOS INTEGRADOS DE BACIAS EXPERIMENTAIS PARAMETRIZAÇÃO HIDROLÓGICA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PIABANHA

*Ligia Maria N. de Araújo<sup>1</sup>, Amanda Moraes<sup>2</sup>, Mariana D. V. Boas<sup>3</sup>, Nelson Ferreira Fernandes<sup>4</sup>, Daniel Medeiros Moreira<sup>5</sup>, Soriano C. dos Santos<sup>6</sup>, Paulo S. T. de Barros<sup>7</sup>, André B. Negreiros<sup>8</sup>, Otto Rotunno Filho<sup>9</sup>, Afonso A. M. Araújo<sup>10</sup>, Jorge H. A. Prodanoff<sup>11</sup> & Flávio C. B. Mascarenhas<sup>12</sup>*

**RESUMO** --- Para avaliar o comportamento hidrológico de uma região do bioma Mata Atlântica que, no entanto, apresenta uso do solo e cobertura vegetal já alterados por ocupação agrícola e urbanização, encontram-se em implantação uma bacia representativa e três experimentais nela embutidas contendo uma rede de monitoramento com registradores automáticos de chuva e nível d'água, estação meteorológica padrão, estação de medição de fluxos superficiais e umidade do solo, e piezômetros. Serão monitoradas áreas de variadas magnitudes, possibilitando o estudo dos processos hidrológicos em variadas escalas. Com os dados coletados serão calibrados modelos de simulação de sistemas hídricos, de avaliação de processos erosivos, carga de sedimentos e poluição por fontes difusas. Este artigo descreve a metodologia de estudo e o andamento do projeto de pesquisa EIBEX-I, financiado pelo MCT-FINEP-CT-HIDRO, apresenta os critérios de escolha dos locais dos experimentos e ainda o comportamento dos dados coletados até momento. Na região do estudo evidenciam-se problemas relacionados a enchentes, erosão e poluição difusa, além da inadequação da rede hidrometeorológica existente para caracterizar o seu regime hidrológico. Tais questões configuram fortes razões para a realização dos estudos, com a adequação de produtos intermediários da pesquisa para apoiar a gestão dos recursos hídricos.

**ABSTRACT** --- In order to evaluate the hydrologic behavior of a region belonging to the Atlantic Forest Bioma although presenting land use and vegetation cover already modified by agriculture and urbanization, it is being installed a representative basin containing three experimental basins with a monitoring network composed by automatic rain and stage gages, standard meteorological station, surface flow and moisture measurement station and monitoring wells. Areas of varied magnitude will be monitored providing data for the research on hydrologic processes with varied scales. Using the collected data some hydrologic, erosive processes, sediment load assessment and non-point source pollution models will be calibrated. This paper describes the study methodology and the course of the research project EIBEX-I, supported by MCT-FINEP-CT-HIDRO, presents the criteria for selecting sites for the experiments and also the behavior of collected data till now. In the studied region problems related to floods, erosion and non-point source pollution, besides the inappropriate existing hydrometric network to characterize hydrologic regime are evident. Such issues express strong arguments for developing the study adapting intermediary research products to support water resources management.

- 1) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [ligianna@rj.cprm.gov.br](mailto:ligianna@rj.cprm.gov.br)
- 2) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [amandamorais@rj.cprm.gov.br](mailto:amandamorais@rj.cprm.gov.br)
- 3) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [marianadvb@rj.cprm.gov.br](mailto:marianadvb@rj.cprm.gov.br)
- 4) Professor – IGEO - UFRJ – CCMN – Ilha do Fundão, 21941-590, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [nelsonff@acd.ufrj.br](mailto:nelsonff@acd.ufrj.br)
- 5) Engenheiro Cartógrafo – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [danielmm@rj.cprm.gov.br](mailto:danielmm@rj.cprm.gov.br)
- 6) Engenheiro Civil - Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [soriano@sa.cprm.gov.br](mailto:soriano@sa.cprm.gov.br)
- 7) Técnico de Hidrologia – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [pstb@rj.cprm.gov.br](mailto:pstb@rj.cprm.gov.br)
- 8) Geógrafo – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [andrebnegreiros@hotmail.com](mailto:andrebnegreiros@hotmail.com)
- 9) Professor – COPPE - UFRJ – CT – Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [otto@hidro.ufrj.br](mailto:otto@hidro.ufrj.br)
- 10) Professor – UFPR – LEMMA – Francisco H. dos Santos 210, 81531-990 C.P.: 19.100, Curitiba – RJ. E-mail: [afonsoaraujo@hidro.ufrj.br](mailto:afonsoaraujo@hidro.ufrj.br)
- 11) Professor – COPPE - UFRJ – CT – Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [jorgep@coc.ufrj.br](mailto:jorgep@coc.ufrj.br)
- 12) Professor – COPPE - UFRJ – CT – Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [flavio@hidro.ufrj.br](mailto:flavio@hidro.ufrj.br)

## **Palavras-Chave:** Bacias experimentais e representativas, monitoramento, rio Piabanha

- 1) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [ligiamna@rj.cprm.gov.br](mailto:ligiamna@rj.cprm.gov.br)
- 2) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [amandamorais@rj.cprm.gov.br](mailto:amandamorais@rj.cprm.gov.br)
- 3) Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [marianadvb@rj.cprm.gov.br](mailto:marianadvb@rj.cprm.gov.br)
- 4) Professor – IGEO - UFRJ – CCMN – Ilha do Fundão, 21941-590, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [nelsonff@acd.ufrj.br](mailto:nelsonff@acd.ufrj.br)
- 5) Engenheiro Cartógrafo – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [danielmm@rj.cprm.gov.br](mailto:danielmm@rj.cprm.gov.br)
- 6) Engenheiro Civil - Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [soriano@sa.cprm.gov.br](mailto:soriano@sa.cprm.gov.br)
- 7) Técnico de Hidrologia – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [pstb@rj.cprm.gov.br](mailto:pstb@rj.cprm.gov.br)
- 8) Geógrafo – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [andrebnegreiros@hotmail.com](mailto:andrebnegreiros@hotmail.com)
- 9) Professor – COPPE - UFRJ – CT –Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [otto@hidro.ufrj.br](mailto:otto@hidro.ufrj.br)
- 10) Professor – UFPR – LEMMA – Francisco H. dos Santos 210, 81531-990 C.P.: 19.100, Curitiba – RJ. E-mail: [afonsoaraujo@hidro.ufrj.br](mailto:afonsoaraujo@hidro.ufrj.br)
- 11) Professor – COPPE - UFRJ – CT –Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [jorgep@coc.ufrj.br](mailto:jorgep@coc.ufrj.br)
- 12) Professor – COPPE - UFRJ – CT –Ilha do Fundão, 21945-470, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [flavio@hidro.ufrj.br](mailto:flavio@hidro.ufrj.br)

## 1. DESCRIÇÃO DA REGIÃO OBJETO DA PESQUISA

O rio Piabanha é afluente pela margem direita do rio Paraíba do Sul e sua bacia ocupa uma área de aproximadamente 2.050km<sup>2</sup>, a maior parte inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro que é parte do Bioma Mata Atlântica. Seus principais afluentes são os rios Fagundes, pela margem esquerda, e rios Paquequer/Preto, pela margem direita. Sua bacia é composta pelos municípios de Areal, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Teresópolis e Três Rios com população total de 590.000 habitantes. A Figura 1 mostra o mapa de localização da bacia, que apresenta relevo montanhoso, muito acidentado de modo geral, no curso médio e superior, com afloramentos rochosos e altitudes que ultrapassam os 2.000m. As fortes restrições à ocupação dadas pelo relevo são a principal razão do nível relativamente alto de cobertura florestal natural ainda presente na bacia do Piabanha. A vegetação predominante é composta de Floresta Ombrófila Densa Montana, Alto Montana, Campos de Altitude e Floresta Estacional Semidecidual para NE, adaptada às estações úmidas e secas (COPPE-LABHID, 2002).

O ambiente de Formação Montana se estende sobre litologia pré-cambriana, em formação de Latossolos, Podzólicos, Cambissolos e subordinadamente Litossolos com afloramentos rochosos nas vertentes mais íngremes, normalmente ocupando locais de difícil acesso, quase sempre constituindo áreas de preservação ambiental. (CPRM, 2002).

Com relação à agricultura predominam as culturas de ciclo curto (verduras e legumes) em geral localizadas nas margens dos rios e córregos com uso abusivo de agrotóxicos.

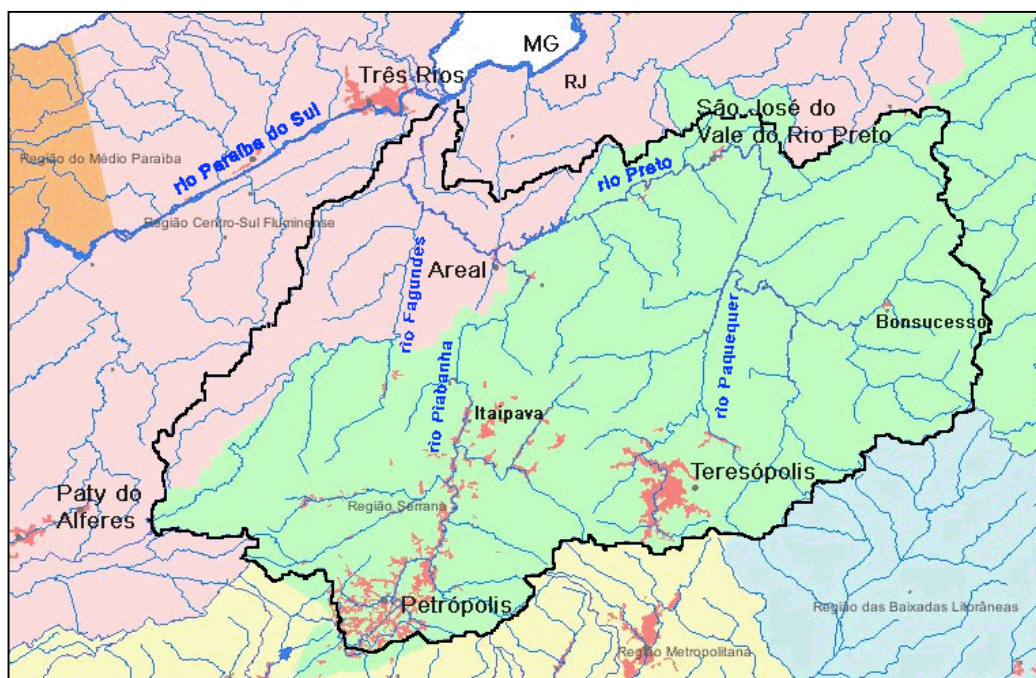


Figura 1: Localização da Bacia do rio Piabanha (Fonte: Fundação CIDE, LabGeo)

## 1.1. Clima e regime pluviométrico

A localização da bacia em região tropical e a proximidade da superfície oceânica não explicam por si só a elevada pluviosidade da região. A esses fatores, que criam pré-condições à alta pluviosidade, estão associados mecanismos dinâmicos, de massas de ar polares e oceânicas e linhas de instabilidade, e fatores estáticos orográficos proporcionados pela orientação SO/NE da Serra do Mar. Esse posicionamento expõe a região ao fluxo meridional de ar frio, oriundo do Pólo Sul sobre as águas quentes oceânicas, assegurando-lhe ainda maior frequência de invasão de frentes frias e de linhas de instabilidade tropical. A sua topografia bastante acidentada, que é proporcionada por rochas cristalinas do Escudo Brasileiro, aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica, favorecendo as precipitações. Os fatores dinâmicos e estáticos determinam para a bacia o clima tropical de altitude úmido na região serrana, com altos índices pluviométricos e temperaturas médias a baixas. A região mais baixa, tanto pelo efeito adiabático como pela continentalidade, está condicionada a amplitudes térmicas distintas de inverno e verão de um clima sub-úmido. Nas encostas íngremes a pluviosidade média anual ultrapassa os 2.500mm, como nas cidades de Petrópolis e Teresópolis. Nas vertentes mais íngremes e elevadas, acima dos 2.000m, identificam-se formações rupestres e campos de altitude como nas proximidades dos campos do Sino e do Açú, onde podem ocorrer temperaturas negativas, inclusive com geada. Nas proximidades dos municípios de Areal e São José do Rio Preto, a média pluviométrica decresce abruptamente para 1.300mm, com períodos secos e défices hídricos bastante pronunciados.

A Figura 2 a seguir ilustra o regime pluviométrico na bacia e a variação da pluviosidade entre as porções altas da bacia (Petrópolis/RJ) e regiões mais baixas (Areal/RJ).

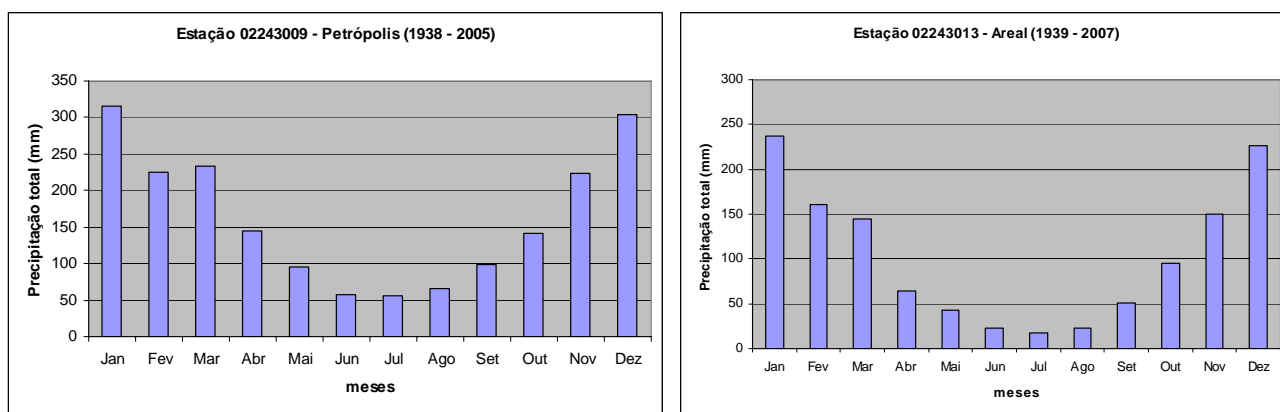


Figura 2 - Precipitação mensal em Petrópolis/ RJ e Areal (RJ)

Observando-se o mapa de isoietas da bacia hidrográfica (Brandão et al, 2000) sobre o mapa topográfico, Figura 3, constata-se a influência do relevo na distribuição pluviométrica total. O relevo acidentado condiciona também a variação das temperaturas.

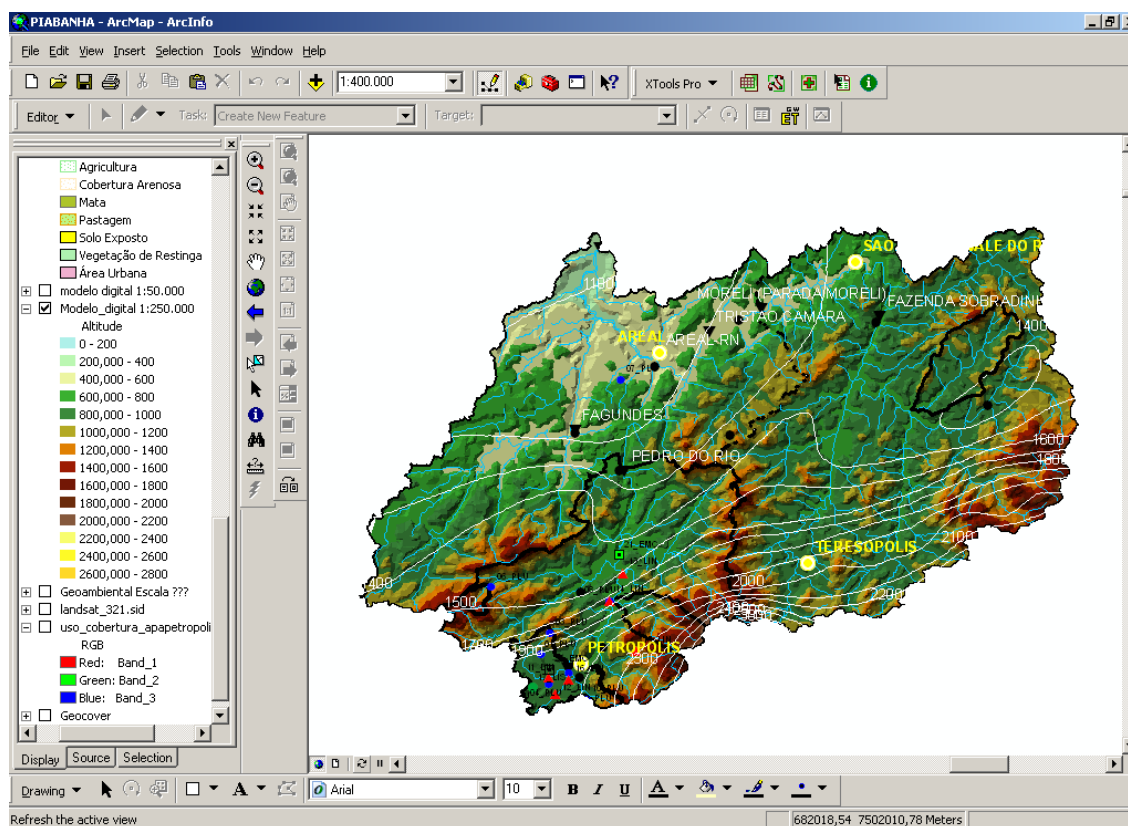


Figura 3 – Isoietas totais anuais e relevo da bacia

## 1.2. Caracterização do regime hidrológico

O ano hidrológico na bacia do Piabanha coincide com o da bacia do Paraíba do Sul, correspondendo ao período de setembro a agosto. As maiores vazões ocorrem em dezembro, janeiro, fevereiro e março e as mínimas em julho, agosto e setembro, conforme se pode verificar no histograma de vazões mensais médias de longo período, em Pedro do Rio (Figura 4).

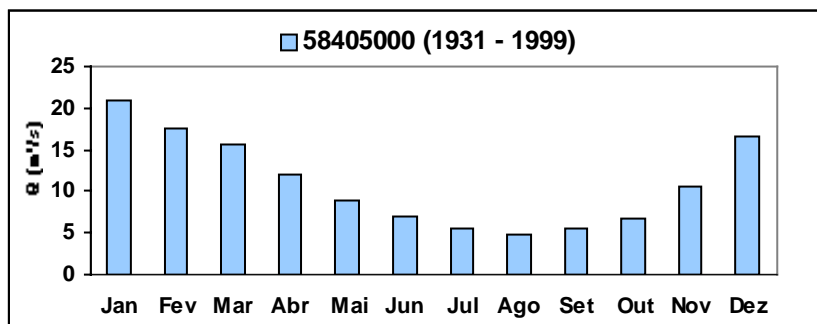


Figura 4 - Vazões médias mensais do rio Piabanha em Pedro do Rio

Nos estudos de regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul (CPRM, 2002) a bacia do rio Piabanha mostrou ser uma região hidrológicamente homogênea e para ela foram definidas equações de regionalização e curvas regionais de probabilidades. As Tabelas 1 a e 1b a seguir apresenta um resumo das características regionais.

Tabela 1a – Características médias de precipitação e vazão nas sub-bacias do Piabanha

Código	Nome da estação	Nome do rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q <sub>MLT</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Precipitação anual média (mm)	C= Q <sub>MLT</sub> /P	Vazão Específica (l/s.km <sup>2</sup> )
58400000	PETROPOLIS	RIO PIABANHA	41	2,31	1.936	0,93	56,93
58405000	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA	411	11,00	1.704	0,49	26,75
58409000	AREAL-RN	RIO PIABANHA	511	12,62	1.612	0,48	24,68
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO	718	17,24	1.613	0,47	24,00
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO	927	19,43	1.549	0,43	20,96
58427000	TRISTAO CAMARA	RIO PRETO	1.030	21,17	1.521	0,43	20,55
58434000	FAGUNDES	RIO FAGUNDES	259	3,89	1.352	0,35	15,01
58440000	MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	2.050	36,73	1.477	0,38	17,92

Tabela 1b – Características de vazões máximas e mínimas nas sub-bacias do Piabanha

Código	Nome da estação	Nome do rio	Q <sub>MC obs.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mín,7 obs.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>mín,7,10 obs.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95 obs.</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>95/Q<sub>mín,7,10</sub></sub>
58400000	PETROPOLIS	RIO PIABANHA	30,35	0,78	0,50	0,78	1,56
58405000	PEDRO DO RIO	RIO PIABANHA	114,67	3,09	1,98	3,10	1,57
58409000	AREAL-RN	RIO PIABANHA	107,65	3,75	2,41	3,69	1,53
58420000	FAZENDA SOBRADINHO	RIO PRETO	138,66	5,93	3,81	5,75	1,51
58425000	MORELI (PARADA MORELI)	RIO PRETO	158,15	6,97	4,48	6,60	1,47
58427000	TRISTAO CAMARA	RIO PRETO	128,41	-	-	-	-
58434000	FAGUNDES	RIO FAGUNDES	38,94	1,47	0,94	1,26	1,34
58440000	MOURA BRASIL	RIO PIABANHA	240,57	10,76	6,91	8,65	1,25

Os dados fluviométricos utilizados em CPRM (2002) correspondem às séries históricas até o ano de 1999. A precipitação média nas sub-bacias foi calculada com as isoietas totais anuais médias (BRANDÃO, 2000), correspondentes aos dados do período de 1968 a 1995, para as estações da rede ANA/CPRM, e de 1961-1990 para as estações do INMET – Normais Climatológicas (INMET, 1992).

## 2. OBJETIVOS E CRITÉRIOS DE ESCOLHA DAS BACIAS EXPERIMENTAIS E REPRESENTATIVA

O Projeto tem como objetivo avaliar o comportamento hidrológico em região com bioma natural Mata Atlântica e em áreas de ocupação agrícola e urbanizada, utilizando modelos de simulação de sistemas hídricos, de avaliação de processos erosivos, carga de sedimentos e poluição causada por fontes difusas.

Com a implantação de uma bacia representativa e três experimentais e a instalação da rede de monitoramento composta de nove registradores de chuva e nível d'água dos rios, quatro registradores de chuva, um lisímetro, uma estação meteorológica padrão, uma estação de medição de fluxos superficiais e umidade do solo, dez piezômetros e dez infiltrômetros, serão monitoradas áreas de variadas magnitudes de forma a possibilitar o estudo dos processos hidrológicos em variadas escalas.

Para tornar os resultados da pesquisa produtos utilizáveis na gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Piabanha, a bacia representativa a ser escolhida deveria apresentar características semelhantes aos principais padrões de uso do solo e cobertura vegetal presentes na bacia do Piabanha. Desse modo, as metodologias testadas para a bacia representativa poderiam ser facilmente estendidas para a bacia real. Seguindo a metodologia preconizada pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO - Bacias Representativas 04/2005, as bacias experimentais deveriam estar aninhadas uma dentro de outra em variados tamanhos para possibilitar o estudo dos processos hidrológicos em diversas escalas. A bacia do Piabanha apresenta três tipos importantes de usos do solo em suas sub-bacias: regiões de mata preservada, áreas de uso predominantemente agrícola e áreas com infraestrutura urbana como as sedes municipais de Petrópolis e Teresópolis, ambas situadas em cabeceiras, respectivamente, do rio Piabanha e de seu afluente Paquequer/Preto.

Segundo Toebes & Ouryvaev (1970), bacias representativas devem ter área compreendida entre 250km<sup>2</sup> e 1.000km<sup>2</sup>, já as bacias experimentais devem ter até 4km<sup>2</sup> apresentando solos e vegetação relativamente homogêneos. Tomando-se estas ordens de magnitude como orientação, foram identificadas as bacias de interesse com base no mapa de uso do solo da bacia em escala pequena, porém, suficiente para a seleção prévia, e com o auxílio inestimável no campo do Comitê Piabanha através do seu presidente, um entusiasta do Projeto EIBEX-I. Como atividade preliminar foram cadastrados no campo, com uso de GPS, os possíveis pontos de fechamento das bacias experimentais. A magnitude das suas áreas, a facilidade de acesso, a existência prévia de estações e proximidade do município de Petrópolis, que é a base das operações de campo, foram os requisitos para definição da localização dos equipamentos e experimentos.

Foi escolhida a bacia representativa do Piabanha fechando na localidade de Pedro do Rio, onde existia uma estação pluvio-fluviométrica com dados desde 1931. Condicionado pela estimativa inicial da proposta submetida e aprovada pela FINEP, o número de equipamentos fluviométricos automáticos disponíveis para o Projeto foi determinante na escolha de apenas três bacias experimentais, devendo corresponder cada uma a um dos usos e coberturas predominantes na bacia do Piabanha. Foram então definidas as bacias experimentais: urbana – do rio Piabanha na cidade de Petrópolis com três sub-bacias dentro dela controlando os principais afluentes –; agrícola do rio Bonfim com as embutidas ainda sem local definido –; e em Mata original (ou de replantio) preservada – neste caso há duas opções a das cabeceiras do rio da Cidade e a do rio Araras.

Identificadas as bacias ou os seus locais alternativos, foram delimitadas e calculadas as áreas de contribuição, utilizando ferramentas de geoprocessamento. Com a base cartográfica digital 1:50.000 (IBGE, 2006) produziu-se um modelo digital de terreno – MDT, e, em procedimento automático, foram delimitadas as bacias e calculadas suas respectivas áreas de drenagem com o resultado apresentado na Figura 5 e no Quadro 1 a seguir.

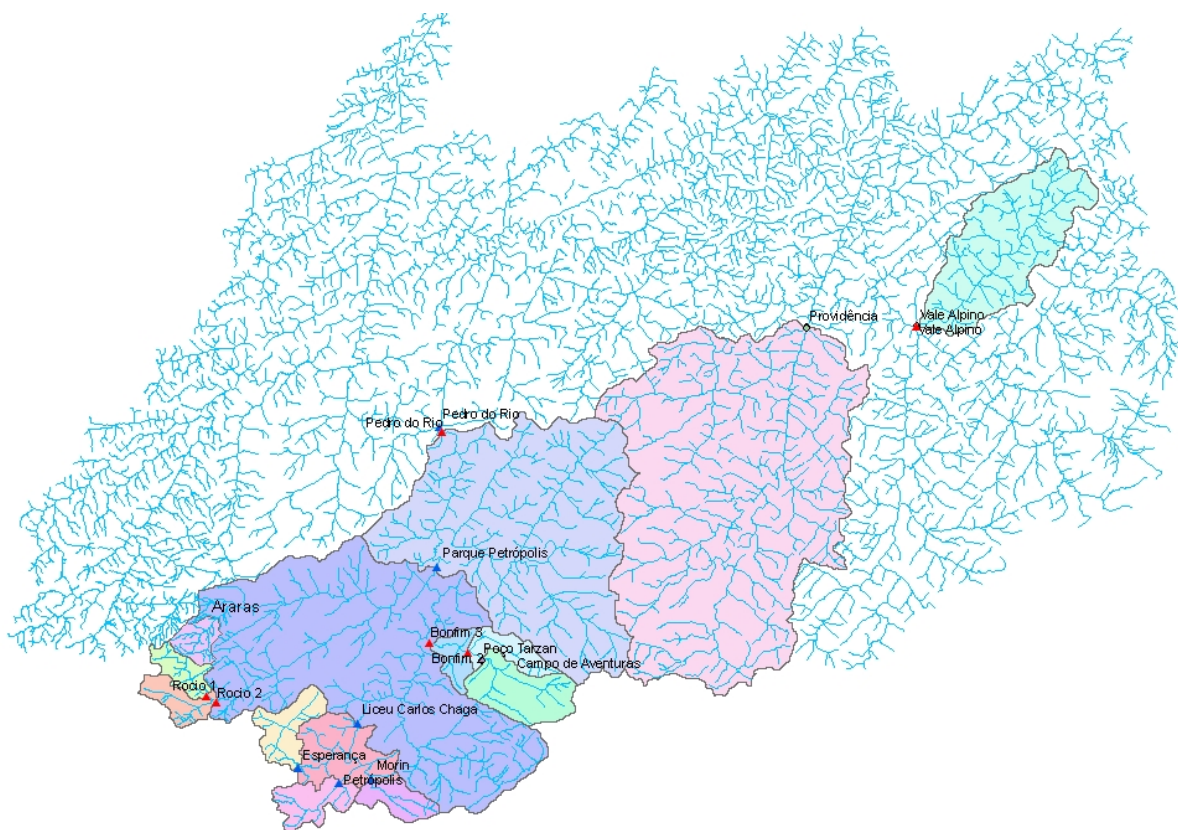


Figura 5- Delimitação das bacias objeto de estudo.

Quadro 1 – Magnitude das bacias experimentais e representativas

Número	Nome	Curso d'água	Área (km <sup>2</sup> )	Uso do solo	Tipo equipamento	Tipo de bacia
1	Poço Tarzan	Bonfim	17,2	Agrícola	PrFrDA	Experimental
2	Bonfim 2	Bonfim	24,4	Agrícola	PrFrDA	Experimental
3	Bonfim 3	Bonfim	30,0	Agrícola	PrFrDA	Experimental
4	Rocio 1**	Rio da Cidade	6,1	Mata preservada	PrFrDA	Experimental
5	Rocio 2**	Rio da Cidade	12,8	Mata preservada	PrFrDA	Experimental
6	Reserva 1	Araras	não calculada ainda	Mata preservada	PrFrDA	Experimental
7	Reserva 2	Araras	5,1	Mata preservada	PrFrDA	Experimental
8	Esperança	Piabanha	10,3	CPRM	PrFrDA	Experimental
9	Liceu Carlos Chagas	Piabanha	44,5	CPRM	PrFrDA	Experimental
10	Morim	Palatinato	7,1	CPRM	PrFrDA	Experimental
11	Vale Alpino	Córrego Sujo	53,5	CPRM	PrFrDA	Experimental
12	Providência *	Paquequer	239,5	CPRM	PrFrDA	Representativa
13	Petrópolis *	Quitandinha	9,25	SERLA	PFDT	Experimental
14	Pedro do Rio	Piabanha	409,4	CPRM	PrFrDA	Representativa

A bacia representativa em Pedro do Rio resultou com área dentro da faixa desejada. As bacias experimentais são na realidade um conjunto de sub-bacias aninhadas com áreas de drenagem progressivas. As áreas encontradas variam de 5,1km<sup>2</sup> a 53,5km<sup>2</sup>. Na maioria dos casos as bacias experimentais, mesmo as sub-bacias aninhadas mais a montante superaram o limite desejado de 4km<sup>2</sup>. Isto ocorre de uma maneira geral pelo fato de que as cabeceiras dos cursos d'água encontram-se em regiões de difícil acesso, muito íngremes em campos de altitude ou mata fechada.



Nas Figuras 6 a 8 a seguir apresentam-se fotografias ilustrando o tipo de uso e cobertura vegetal de cada bacia.



Figura 6 – Agricultura irrigada na bacia do rio Bonfim caracterizada como agrícola

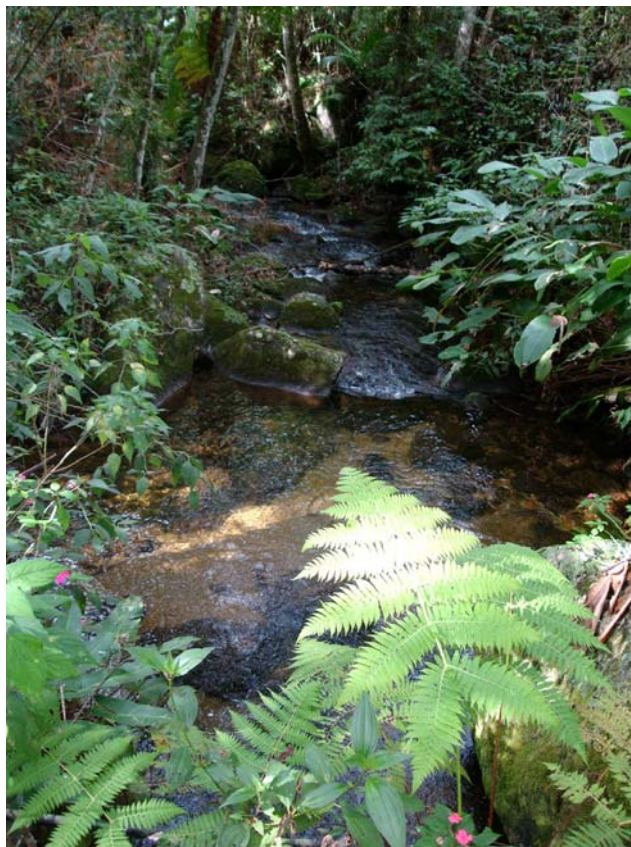


Figura 7 - Reserva Biológica de Araras, bacia do rio Araras – vista para montante



Figura 8 - Bacia urbana de Petrópolis

### 3. INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

Na escolha da locação das bacias do Projeto EIBEX-I, foram consideradas as redes previstas nos estudos de outras entidades, além da rede já existente, para verificação das porções da bacia carentes de dados e, por conseqüência, mais necessitadas de monitoramento complementar.

A rede de monitoramento hidrometeorológico existente está mais concentrada no município de Petrópolis (Quadro 1), parte que poderia ser chamada sub-bacia do alto Piabanha. Nas sub-bacias do Paquequer-Preto, municípios de Teresópolis e São José do Rio Preto, a rede é bastante esparsa, necessitando da instalação de mais pontos de amostragem das variáveis hidrológicas.

Definidos os locais mais indicados e adquiridos os equipamentos, foram iniciadas as instalações das estações da rede EIBEX-I, em dezembro de 2006. Das quatro bacias previstas (uma representativa e três experimentais), já têm equipamentos instalados: a representativa em Pedro do Rio, as bacias experimentais da área urbana de Petrópolis e a de uso agrícola do Bonfim. A rede instalada encontra-se no Quadro 2 e em azul na Figura 9.

Quadro 2 - Estações instaladas na área de estudo

Número	Nome	Curso d'água	Responsável	Operadora	Código	Tipo	Latitude	Longitude
1	Esperança	Piabanha	COPPE	CPRM		PrFrDA	22° 30' 39,8	43 12 37,6
2	Liceu Carlos Chagas	Piabanha	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 29' 14,4	43 10 38,6
3	Morin	Palatinato	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 31 00,3	43 10 08,2
4	Poço Tarzan	Bonfim	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 27 14	43 06 28,8
5	Vale Alpino	Córrego Sujo	IGEO-COPPE	CPRM		PF	22 16 33,7	42 51 54,1
6	Providência*	Paquequer	UERJ-LABGIS	CPRM		PrFrDA	22 16 39,1	42 55 37,4
7	Campo de Aventuras	Bonfim	COPPE	CPRM		PrA	22 27 45,2	43 05 29,3
8	Pedro do Rio**	Piabanha	COPPE-ANA	CPRM	2243012	Pr	22 19 54,5	43 07 59,2
9	Parque Petrópolis	Piabanha	COPPE/CPRM	CPRM		CA	22 24 19	43 08 00
10	Petrópolis*	Quitandinha	SERLA	SERLA/CPRM		PFD	22 31 07	43 11 13

(\*) estações pré-existent ou instaladas por outro projeto que serão monitoradas pela equipe EIBEX-I.

(\*\*) automatizada pelo EIBEX-I

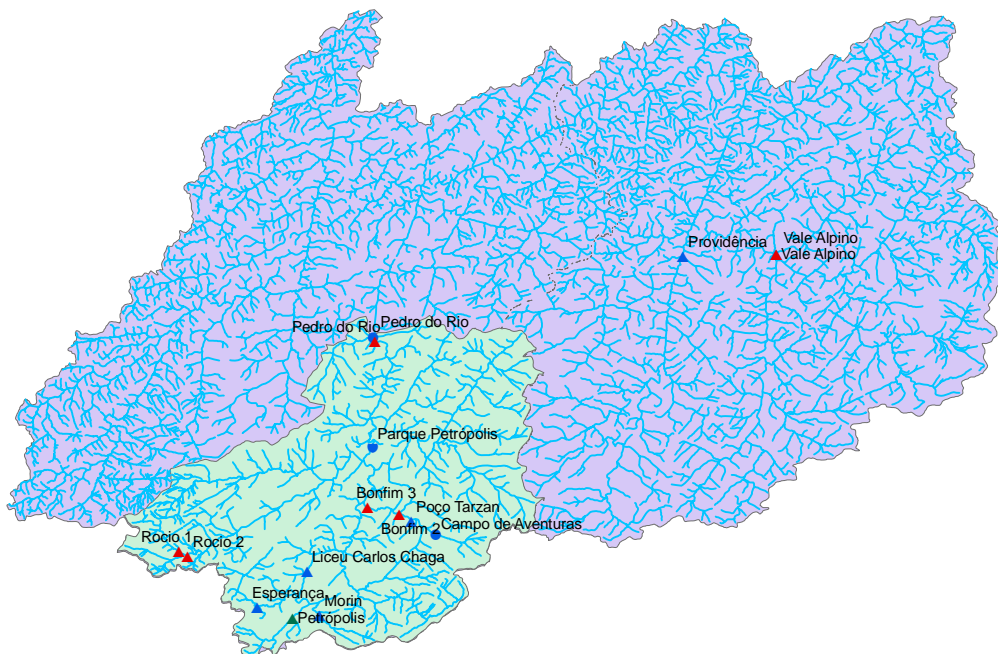


Figura 9 – Rede do Projeto EIBEX-I

Da rede pré-existente foram consideradas de interesse para monitoramento no Projeto: a estação Petrópolis (SERLA) no rio Quitandinha e a estação Pedro do Rio (ANA/CPRM) no Piabanha.

A estação recém-instalada Providência (UERJ) no Paquequer, que será em breve automatizada por projeto de pesquisa da UERJ, também será monitorada pela equipe EIBEX-I.

A rede ainda prevista para instalação com os equipamentos adquiridos pelo Projeto encontra-se no Quadro 3 e em vermelho na Figura 9. As estações deverão ser instaladas entre este mês de junho e julho próximo que são meses de estiagem na bacia.

Quadro 3 - Estações automáticas ainda previstas na área de estudo

Número	Nome	Curso d'água	Responsável	Operadora	Código	Tipo	Latitude	Longitude
1	Bonfim 2	Bonfim	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 26 58,8	43 06 57
2	Bonfim 3	Bonfim	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 26 40,5	43 08 13,3
3	Rocio 1	Rio da Cidade	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 28 25,8	43 15 46,1
4	Rocio 2	Rio da Cidade	COPPE	CPRM		PrFrDA	22 28 38,7	43 15 24,6
5	Vale Alpino	Córrego Sujo	IGEO-COPPE	CPRM		PrFrDA	22 16 33,7	42 51 54,1
6	Pedro do Rio	Piabanha	COPPE-ANA	CPRM	2243012	PrFrDA	22 20 03,8	43 07 55,1

A seguir são apresentados exemplos dos equipamentos instalados nas estações (Figuras 10 a 14)



Figura 10 – Estação Esperança tipo PrFrDA – vista dos pluviômetros convencional e automático.



Figura 11 – Estação Meteorológica Parque Municipal de Petrópolis



Figura 12 - Estação Liceu tipo PrFrDA, rio Piabanha – tubo do sensor, régua e medição de vazão



Figura 13 - Estação Morin (Batata), rio Palatinato - vista do tubo do sensor de nível e das régua linimétricas



Figura 14 - Estação tipo Pr – Campo de Aventuras Açú – coleta de dados

### ***Experimentos de Umidade do Solo***

Uma das pesquisas previstas no Projeto diz respeito à possibilidade de utilização de imagens de radar adquiridas por sensor tipo SAR (Synthetic Aperture Radar) para inferir a umidade do solo na bacia. Esta metodologia exige experimentos de campo simultâneos à passagem do radar transportado por satélite para calibração. As imagens deverão ser encomendadas com data e hora marcadas. Com a finalidade de planejar tal experimento houve uma campanha de reconhecimento de possíveis campos de amostragem da umidade do solo. Com base no MDT e no Mapa de Uso do Solo da bacia (Anexo II), foram levantadas as áreas planas de pastagem e solo nu possíveis de se amostrar para determinação da umidade.

Foram assim identificados 52 possíveis campos, posteriormente visitados para confirmação de suas características. O experimento deverá ser realizado em duas etapas, uma em condições de baixa umidade e outra em condições úmidas. Assim espera-se poder realizá-lo em setembro de 2007 (período ainda seco) repetindo-o em fevereiro ou março de 2008 (período úmido).

O experimento é parte da metodologia de construção de uma parametrização hidrológica da superfície para acoplamento a outros modelos de previsão, exemplificada em (Araújo et al., 2005) e é semelhante ao realizado no SMEX03 – Soil Moisture Experiment in 2003 (NASA, USDA, AMSR-E & EMBRAPA, 2003).

## **4. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS COLETADOS**

A seguir são apresentados os gráficos das variáveis medidas com os equipamentos instalados: estação meteorológica automática – temperaturas, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos (Figuras de 15 a 19) –, e pluvio-fluviométricos (Figuras de 20 a 22) representando o período desde a instalação até a mais recente coleta de dados.

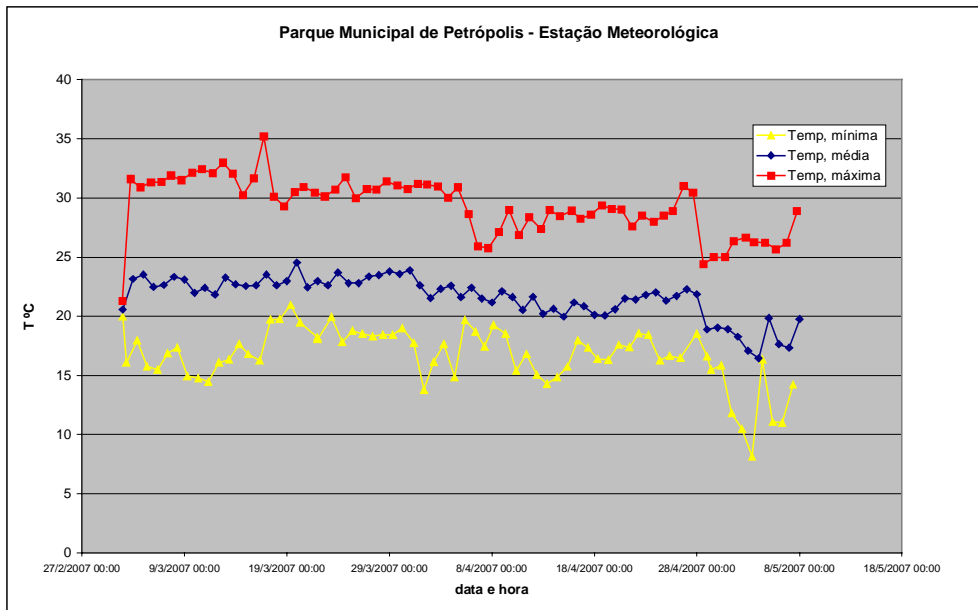


Figura 15 – Dados desde o dia da instalação em 2 de março até 8 de maio – Temperatura

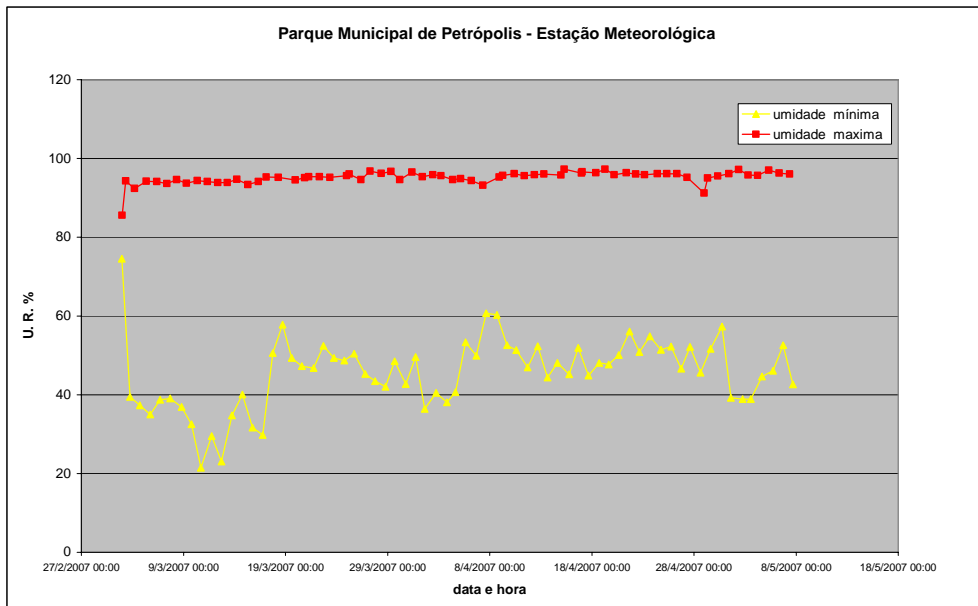


Figura 16 – Dados desde o dia da instalação em 2 de março até 8 de maio – Umidade relativa

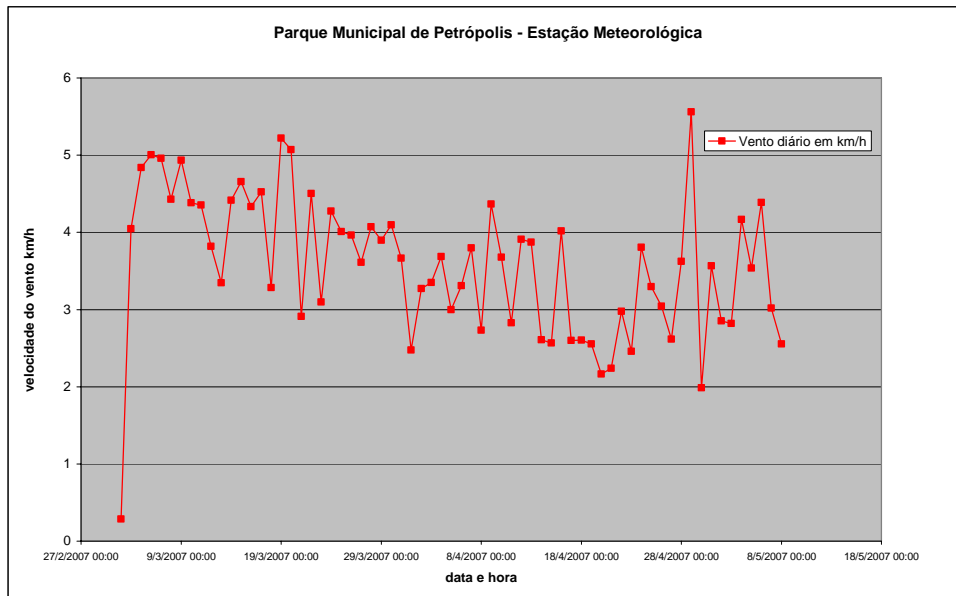


Figura 17 – Dados desde o dia da instalação em 2 de março até 8 de maio – Velocidade do vento média diária.

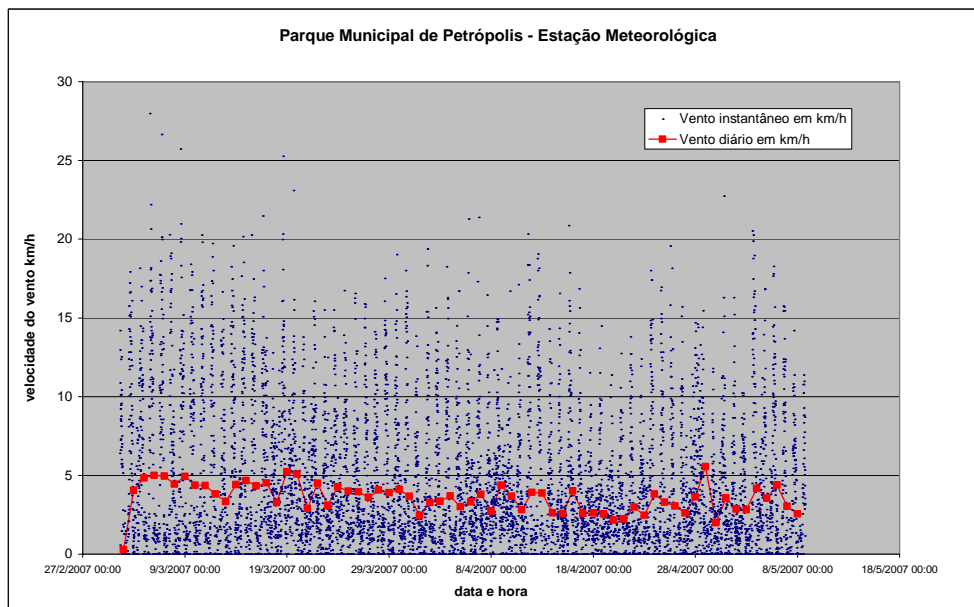


Figura 18 – Dados desde o dia da instalação em 2 de março até 8 de maio – Velocidade do vento instantânea e média diária

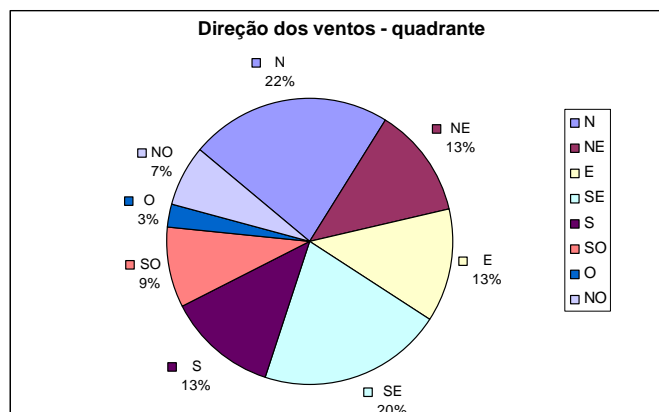


Figura 19 – Dados desde o dia da instalação em 2 de março até 8 de maio – direção e sentido predominantes do vento instantâneo



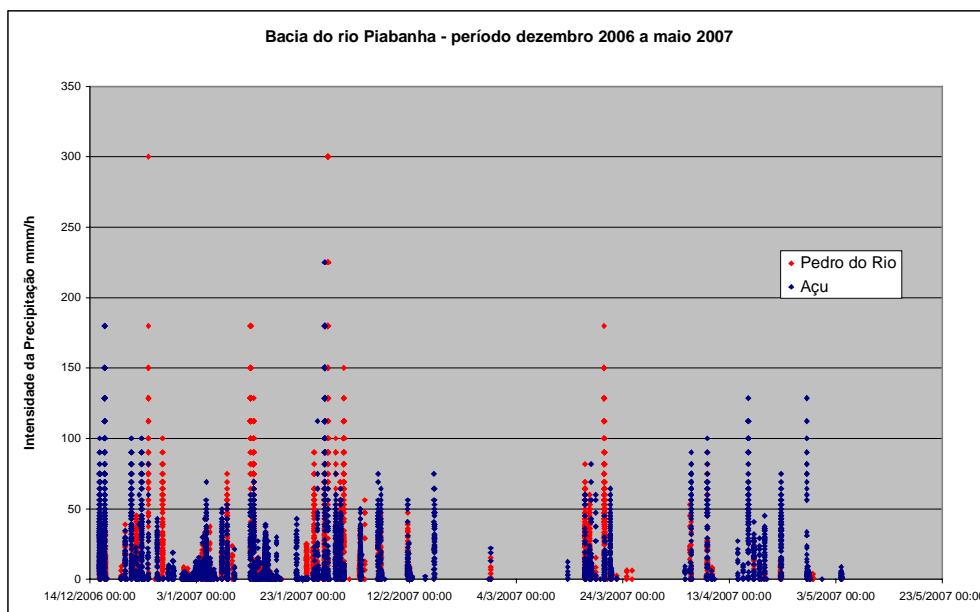


Figura 20 - Intensidade da precipitação em Pedro do Rio e Campo de Aventuras Paraíso Açú registradas entre o dia da instalação em 15/12/2006 e 8/05/2007

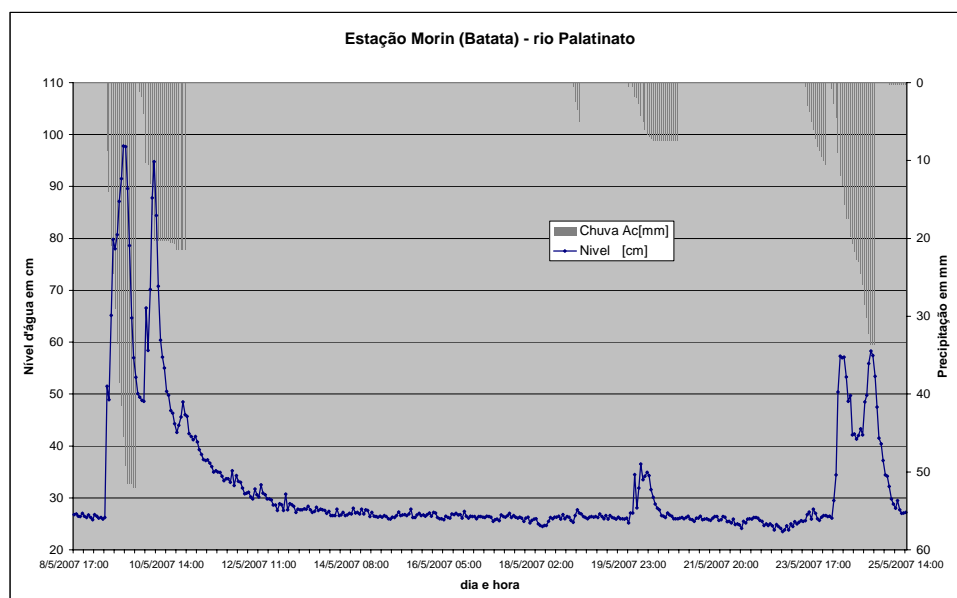


Figura 21 - Nível d'água e precipitação na estação Morim no rio Palatinato – desde sua instalação em 8 de maio até o dia 25 de maio em que foram coletados os dados pela última vez.

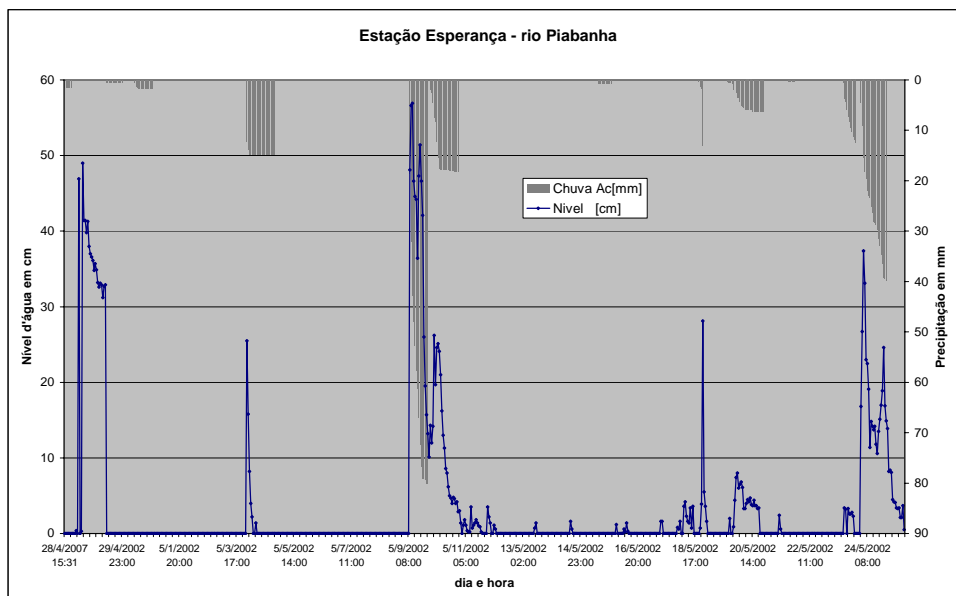


Figura 22 -Nível d'água e precipitação na estação Esperança no rio Piabanha – desde sua instalação em 28 de abril até o dia 25 de maio em que foram coletados os dados pela última vez

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que já estejam instalados na bacia, em média, 30% dos equipamentos e experimentos previstos no Projeto EIBEX-I. Das 13 estações pluviométricas automáticas adquiridas, foram instaladas seis. Mais três estações já têm local de instalação definido e serão instaladas até julho. A estação meteorológica tem funcionado bem, registrando os parâmetros meteorológicos desejados. Das nove estações fluviométricas automáticas, quatro foram instaladas e três já têm local definido e serão instaladas até julho.

Há indefinição quanto à instalação das duas estações previstas para a bacia agrícola do Bonfim, pois o leito do rio apresenta-se com muitos matacões, em praticamente toda a sua extensão, dificultando encontrar um local em condições hidráulicas adequadas à instalação de estação linigráfica e execução de medições de descarga líquida. Poderá ser necessário adotar a bacia do Córrego Sujo (Vale Alpino) como bacia experimental com características de uso agrícola. É boa opção, pois a pesquisa do IGEO-UFRJ (Avelar, 2006) levantou dados de uso e práticas agrícolas de grande interesse para a pesquisa da poluição difusa, no entanto a bacia do Córrego Sujo é distante das outras, o que dificultaria um pouco a logística da operação tornando-a assim mais demorada.

Serão ainda adquiridos os equipamentos para medição de umidade do solo como TDRs fixos para medição de umidade em três profundidades distintas, kits para medir a tensão matricial do solo, permeâmetro, um lisímetro para medição de evapotranspiração, e dataloggers dimensionados para os diversos sensores, além de TDRs portáteis.

As informações geográficas e hidrológicas do Projeto EIBEX-I estão organizados no ambiente ArcGis-ESRI e no banco de dados HIDRO (ANA, 2007), respectivamente. Será ainda sistematizada uma forma de apresentação dos estudos realizados no âmbito do Projeto a fim de disponibilizá-los na página da CPRM ([www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)) para consultas e uso dos interessados.

## AGRADECIMENTOS

Ao presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-bacias Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto, Eng<sup>o</sup> Paulo S. O. de Souza Leite, entusiasta do Projeto EIBEX-I desde o seu início, pelo apoio constante, sem o qual a coleta dos dados e informações existentes sobre a bacia e as visitas de reconhecimento teriam sido todas mais difíceis e menos proveitosas.

À equipe de campo da CPRM - São Paulo responsável por todas as instalações e operações no campo. À Prefeitura Municipal e Defesa Civil de Petrópolis no apoio às instalações e interesse pelo Projeto. Ao Prof. Afonso Augusto Magalhães de Araújo por sua disposição em participar do Projeto em seus finais de semana e períodos de férias, orientando uma parte importante da pesquisa baseada na metodologia consolidada em sua tese de doutorado.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, A. A. M.; ROTUNNO FILHO, O. C.; SANTOS I. A. & XAVIER L (2005). “*Esquema de Parametrização Hidrológica da Superfície Terrestre para Acoplamento de Modelos Atmosféricos de Mesoescala*”. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais Eletrônicos. João Pessoa.
- AVELAR, A. S. (2006). “*Dinâmica hidrológica e contaminação da água associada ao uso agrícola na Bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ*” – In: I Workshop sobre o Projeto EIBEX - Estudos Integrados de Bacias Experimentais - Região Serrana do RJ - rio Piabanha - setembro, 2006. CPRM – Rio de Janeiro/RJ.
- BRANDÃO, A. M. P. M.; SILVEIRA JUNIOR, D. R.; TAVARES, J. C. & DANTAS, M. E. (2000). “*Mapa de Isoietas do Estado do Rio de Janeiro. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*”, Brasília, CPRM-DEGET, mapa.
- CPRM (2002). “*Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58 – rio Paraíba do Sul*” – Convênio ANEEL/CPRM. Rio de Janeiro.
- IBGE (2006) – Base cartográfica digital escala 1:50.000 – In [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) .
- INMET (DNMET) (1992). “*Normais Climatológicas (1961-1990)*”. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia - DNMET. 83p.
- LABHID COPPE/UFRJ (2002). “*Propostas para a Criação de Áreas Sujeitas a Restrição de Uso, com Vistas à Proteção dos Recursos Hídricos*”, elaborado como parte dos documentos que compõem o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, ANA, LabHid COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC.
- NASA, USDA, AMSR-E & EMBRAPA (2003). “*Soil Moisture Experiment in 2003 - SMEX03*” – Barreiras – BA.
- PROJETO RADAMBRASIL (1983). “*Levantamento de Recursos Naturais do Brasil*”, folhas SF.23/24, Rio de Janeiro/Vitória, 1983 vol. 32. 775p.
- TOEBES & OURYVAEV (1970). “*Representative and experimental basins: An international guide for research and practice*”. Haarlem: UNESCO, 1970. p. 573-619.