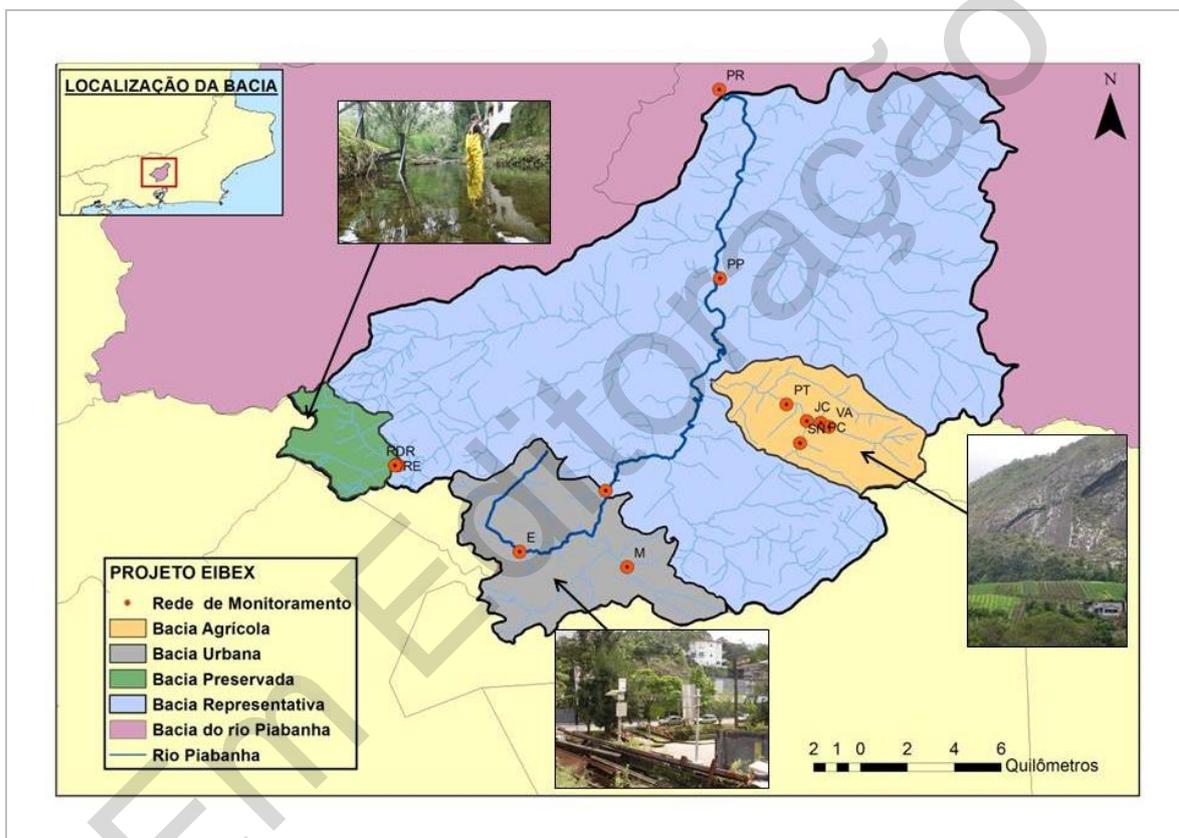


**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM**  
**DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT**  
**DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA - DEHID**

**RECURSOS HÍDRICOS**

**Área : Recursos Hídricos Superficiais**  
**Sub-Área: Pesquisas e Estudos Hidrológicos**



**Projeto**

**“Estudos Integrados na Bacia Experimental e Representativa da Região Serrana-RJ”**

**RELATÓRIO**

*Novembro/2020*

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

**Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Marcio José Remédio

**Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice da Silva Castilho

**Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

**Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

**Chefe do Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

**Responsável pelo projeto**

Mariana Dias Villas Boas

**Equipe de execução (2020)**

Antônio Machado Neto

Décio Goulart

Gentil Maciel da Silva

Janaina Pires da Silva

Marcelo Parente Henriques

João da Silva Costa (Estagiário)

Maria Michele Gomes (Jovem Aprendiz)

**Apoio**

Márcio Junger Ribeiro

Michele Bruna de S. Nascimento

Rubens Esteves Kenup

**Agradecimentos**

Lígia Maria do N. Araújo

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Adriano Pinheiro

Amanda Morais

Ana Beatriz Cunha

Anderson Bastos

Audicea Salles

Arthur M. de Abreu

Benedito Gomes de Lima

Benjamim Mota

Berenice Rosa dos Santos

Bruno dos Anjos da Motta

Bruno Setta

Camila Ferreira Borduam

Daniel Medeiros Moreira

Eronilton Cavalcanti

Fabio da Silva Costa

Filipe Jesus dos Santos

Francisco Eugênio E. Dias

Guilherme Dias Machado Bertassoni

Jefferson Santana Melo

José Evangelista da Silva

Lucas Peralta Gonçalves

Márcio Cândido de Oliveira

Paulo Torres de Barros

Soriano Cardoso

Vanessa S. do A. Pereira

Welintom de Oliveira Souza

Professores e alunos da UFRJ, UFF e UERJ que contribuíram para o projeto e membros do Comitê Piabanha.

## RESUMO

Este relatório discorre sobre as principais atividades do projeto “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Região Serrana/RJ – EIBEX e destaca a relevância da pesquisa na área de bacias experimentais no cenário nacional e internacional. O Projeto EIBEX teve início em 2007 e tem como objetivo a avaliação do comportamento hidrológico em região com bioma natural Mata Atlântica, em áreas de ocupação agrícola e urbanizada, na escala de bacia experimental, a partir da operação de uma rede de monitoramento hidrometeorológica quali-quantitativa inserida numa bacia representativa da bacia do rio Piabanha. Nessa bacia representativa são desenvolvidos estudos na área de hidrologia, com ênfase em: climatologia, qualidade da água, solos, GIS, e também o uso de diferentes tecnologias de medição de dados. Nesses treze anos de projeto, foram publicados cerca de dezessete artigos científicos e defendidas mais de quatorze teses de doutorado e dissertações de mestrado, com o envolvimento da equipe do projeto, que participou mais de quinze treinamentos e capacitações. Há um destaque para as principais metodologias e abordagens desenvolvidas e discussão sobre as expectativas futuras do projeto. Por último, são apresentadas as atividades desenvolvidas em 2020, que sofreram um impacto considerável com a determinação da suspensão das campanhas de campo em razão da pandemia gerada pela COVID 19, cujo foco foi a organização de banco dados, preparação da página eletrônica do projeto e a redação de artigos científicos.

## **ABSTRACT**

This report discusses about the main activities of the project "Integrated Studies in Experimental and Representative Basins - Mountain Region / RJ - EIBEX and highlights the relevance of experimental watershed research basins in the national and international scenarios. The EIBEX Project started in 2007 and aims to assess the hydrological behavior in a region with Mata Atlantica biome, in areas of agricultural and urbanized occupation, on the scale of the experimental watershed, based on the operation of hydrometeorological monitoring network inserted in a Piabanha River basin representative watershed. In the representative watershed, studies are developed in the area of hydrology, with an emphasis on: climatology, water quality, soils, GIS, and also the use of different data measurement technologies. In these thirteen years of the project, more than seventeen scientific articles were published and more than fourteen doctoral theses and master's dissertations were defended, with the involvement of the project team, which participated in more than fifteen trainings and courses. The main methodologies and approaches developed are highlighted and the future expectations of the project are discussed. Finally, the activities developed in 2020 are presented, which suffered a considerable impact with the determination of the suspension of field campaigns due to the pandemic generated by COVID 19, whose focus was the organization of the database, preparation of the project's webpage and writing of scientific articles.

## **SUMÁRIO**

1. Introdução.....	8
2. Histórico .....	9
3. Componentes do Projeto.....	13
4. Contexto da Inovação .....	16
5. Produtos Alcançados .....	19
5.1. Publicações .....	19
5.2. Oportunidades e Treinamentos .....	21
5.2.1. Curso de Hidrometria (2007/2008) .....	21
5.2.2. Visita técnica CETESB (2009).....	22
5.2.3. 1º Curso de Capacitação em Hidrometria na Bacia de Catu (2010) .....	22
5.2.4. Treinamento de Qualidade da Água para o Projeto GRAEL (2011).....	23
5.2.5. Treinamentos em Qualidade de Água – Bacia Escola Catu (2011) .....	23
5.2.6. Curso de Coleta e Preservação de Amostras de Água e Sedimentos – CETESB (2012) .....	24
5.2.7. Treinamento em Equipamentos Acústicos para Medição de Vazão (2012).....	24
5.2.8. Treinamento com MATLAB (2012) .....	25
5.2.9. Workshop do SWAT (2012 e 2015).....	25
5.2.10. Visita Técnica a Bacias Experimentais Americanas (2014).....	25
5.2.11. Técnicas de modelagem em geociências com uso de R e SAGA-GIS (2015) 26	
5.2.12. Treinamento em SIG e Modelos Espacialmente Distribuídos (2015).....	27
5.2.13. Seminário de Rede de Pesquisas Experimentais da Bacia do rio Piabanha (2016) .....	27
5.2.14. Visita para demonstração de DRONES (2017) .....	28
5.2.15 - O Curso “HIDROLOGIA BÁSICA” – Defesa Civil de Nova Iguaçu (2017 e 2019).....	28
5.3. Equipamentos e Infraestrutura disponíveis.....	29
5.4. Abordagens e Metodologias .....	31
5.4.1. Modelagem hidrológica – SWAT .....	31
5.4.2. Inteligência Artificial - Redes Neurais .....	32
5.4.3. Comparação do uso de micromolinetete e flow tracker em rios de fundo rochoso (13) .....	32
5.5. Articulação Institucional.....	32
6. Expectativas Futuras.....	33
7. Resultados Concretos de 2020.....	34
9. Bibliografia Principal .....	36

## Lista de Figuras

Figuras 1 e 2 - Funcionários da CPRM e demais participantes do Projeto EIBEX I em visitas de reconhecimento a bacia do rio Piabanha em 2006. ....	10
Figura 3 - Mapa de localização das bacias representativa e experimentais do Projeto EIBEX. ....	11
Figuras 4, 5 e 6– Instalação da Estação Climatológica Parque Petrópolis - Ajuste do anemômetro e cata-vento a 10m de altura, corte no asfalto necessário para passar o cabo de transmissão do sensor de nível ao data-logger instalado junto ao pluviômetro automático, (feito nas Estações Esperança e Liceu Carlos Chagas) e equipe da rede EIBEX I discutindo sobre a configuração dos sensores da estação meteorológica respectivamente.. ....	12
Figura 7- Estrutura do Projeto EIBEX. ....	13
Figura 8 – Localização das bacias experimentais e representativa e das estações da rede hidrometeorológica quali-quantitativa operada pela CPRM. ....	14
Figuras 9 e 10 - Coleta de amostras por técnico da CETESB sendo acompanhada pela equipe do Projeto EIBEX e estação automática visitada respectivamente.....	22
Figuras 11 e 12 – Participantes do Treinamento prático de qualidade de água do “1º Curso de Capacitação em Hidrometria na Bacia de Catu” organizado pelo projeto institucional Bacia Escola Catu.....	23
Figuras 13 e 14 – Treinamento prático de qualidade de água para alunos do Projeto Grael. ....	23
Figuras 15 e 16 – Participantes do Treinamento de Qualidade da Água durante uma simulação de coleta de amostras de água na Bacia Representativa do rio Piabanha.....	24
Figuras 17 e 18 – Treinamento em medidores acústicos no ERJ e na estação Rocio da bacia representativa do projeto EIBEX.....	25
Figuras 19 e 20 – Participantes da visita técnica e medidor de vazão da Bacia Experimental Riesel, no Texas, 2013.....	26
Figuras 21 e 22 – Apresentação do projeto EIBEX para funcionários do USDA e estação climatológica da bacia experimental Little Washita, em Oklahoma, 2014. ....	26
Figuras 23 e 24 - Participantes da primeiro e segundo módulos do Treinamento em SIG e modelos espacialmente distribuídos respectivamente. ....	27
Figura 25 - Convite do Seminário de Rede de Pesquisas Experimentais da Bacia do rio Piabanha. ....	28
Figura 26 - Demonstração do mapeamento com uso de DRONES na estação Sítio das Nascentes.....	28
Figura 27 e 28 -Pluviômetro convencional e PCD de chuva, com telemetria, na estação Rocio BD e radar instalado sob a ponte na estação parque Petrópolis respectivamente.....	29
Figuras 29 e 30 – Estação Climatológicas de Sítio das Nascentes e equipamento Argonaut Sontek SL na estação Rocio ponte durante treinamento prático. ....	30
Figuras 31,32, 33 e 34- Coleta de amostras na estação Pedro do Rio, medição com sonda multiparamétrica na estação Rocio ponte , estrutura para sonda fixa de qualidade de água na estação Parque Petrópolis e kit de frascaria usado para coleta respectivamente. ....	31
Figuras 35 e 36 - Medição de vazão nas estações Rocio e Parque Petrópolis com Flow Tracker e S5 respectivamente.....	31
Figura 37, 38, 39 e 40 - Evolução do uso e ocupação do solo na bacia representativa e experimentais com base nas informações do MapBiomias. ....	35

### Lista de Tabelas

Tabela 1 – Informações das estações de monitoramento do Projeto EIBEX. ....	15
Tabela 2 - Lista de parâmetros de qualidade de água analisados pelo Projeto EIBEX.....	15

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Região Serrana/RJ – EIBEX teve início no ano de 2007 por iniciativa da Divisão de Hidrologia Aplicada (DIHAPI), do Departamento de Hidrologia (DEHID), que faz parte da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT).

Bacias representativas são aquelas consideradas representativas de uma região hidrológica e são utilizadas para investigações intensivas de problemas específicos do ciclo hidrológico. Recomenda-se que o monitoramento seja de longo termo e, se possível, combinado com o estudo das características climatológicas, pedológicas, geológicas e hidrogeológicas (TOBES; OURYVAEV, 1970) Elas representam a realidade sócio, econômica, física e ambiental, possibilitando, em princípio, a extrapolação dessa realidade para uma região de maior abrangência (SILVA; ROSA; SILVA, 2010). São sub-bacias instrumentadas que representam bacias situadas em uma mesma região homogênea cuja observação deve ser realizada por longos períodos de tempo, preferencialmente superiores a 30 anos, (PAIVA; PAIVA, 2001).

Bacias experimentais são bacias relativamente homogêneas no que se refere à cobertura do solo. Possuem características físicas relativamente uniformes, onde são realizados estudos detalhados do ciclo hidrológico (PAIVA; PAIVA, 2001). Elas funcionam como pequenos laboratórios estabelecidos no mundo real que contribuem, entre outros, na compreensão das relações e processos envolvidos no ciclo hidrológico que determinam a ocorrência espaço-temporal dos recursos hídricos (SILVA; ROSA; SILVA, 2010).

Dessa forma, o Projeto EIBEX tem como objetivo a avaliação do comportamento hidrológico em região com bioma natural Mata Atlântica, em áreas de ocupação agrícola e urbanizada, na escala de bacia experimental, a partir da operação de uma rede de monitoramento hidrometeorológica quali-quantitativa inserida numa bacia representativa da bacia do rio Piabanha. Nessa área são desenvolvidos estudos na área de hidrologia, com ênfase em: climatologia, qualidade da água, solos, GIS, e também o uso de diferentes tecnologias de medição de dados.

Atualmente, estão envolvidos parcialmente no projeto: 2 Pesquisadores em Geociências, 4 Técnicos em Geociências, 1 estagiário e 1 jovem aprendiz além de 6 observadores hidrológicos, fundamentais para o projeto, já que são responsáveis pela obtenção do dado hidrológico básico.

## 2. HISTÓRICO

Os primeiros estudos modernos em bacias experimentais e representativas surgiram no final do século XIX na Suíça, sendo sucedidos por uma multidão de estudos em diversas partes do mundo, tais como (países e ano de início dos estudos em bacias experimentais e representativas): Estados Unidos (1910), Rússia (ainda ex-União Soviética) (1933), Alemanha (1948), França (1950) e China (1953) (VILLAS-BOAS, 2018).

No Brasil, a instalação das primeiras bacias experimentais ocorreu somente na década de 70, na região nordeste, em razão da necessidade da melhor compreensão do comportamento hidrológico da região em função das condições climáticas desfavoráveis marcadas pelos frequentes períodos de secas (ALVERGA, 2016). Todavia, ao contrário de outros países, a pesquisa ficou estagnada de modo que nos anos seguintes surgiram trabalhos chamando a atenção para a necessidade de se estimular e intensificar os estudos em bacias representativas e experimentais (MAGALHÃES, 1984).

No entanto, nos últimos anos, é possível observar esforços do Governo federal no fomento dessa área de estudo, principalmente, a partir do financiamento de projetos de pesquisa através dos Fundos Setoriais. Nesse contexto, em 2007, surge o projeto institucional EIBEX com a finalidade de apoiar operacionalmente o “Projeto EIBEX-I – Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” aprovado na CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP/ CT-HIDRO –BACIAS REPRESENTATIVAS – 04/2005, coordenado pela COPPE/UFRJ, com envolvimento de diversas instituições.

O objetivo geral dessa CHAMADA PÚBLICA era “selecionar propostas de instituições científicas, tecnológicas (ICT) e de outras instituições de pesquisa atuantes na área de recursos hídricos, para apoio financeiro a projetos de pesquisa em “Bacias Representativas e Experimentais” ligadas aos principais biomas brasileiros (BRASIL, 2005). A Chamada era bem específica e estabelecia, por exemplo, orientações metodológicas para a definição das bacias e sub-bacias e os tipos de métodos de análise que deveriam ser empregados. Vislumbrando um grande potencial de pesquisa, a CPRM decidiu participar, como “instituição interveniente”, e disponibilizar parte da sua equipe para desenvolver as atividades do projeto. A CPRM liderou os trabalhos de prospecção e definição das bacias a serem monitoradas na área de estudo. As Figuras 1 e 2 apresentam

alguns participantes do projeto, dentre os quais funcionários da CPRM, durante as visitas de reconhecimento a bacia em 2006.



Figuras 1 e 2 - Funcionários da CPRM e demais participantes do Projeto EIBEX I em visitas de reconhecimento a bacia do rio Piabanha em 2006.

A área de estudo está inserida na bacia do rio Piabanha (afluente do rio Paraíba do Sul), que possui uma área de aproximadamente 2.050 km<sup>2</sup>, a maior parte inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro que abrange diversas questões hidrológicas relevantes tais como: enchentes, poluição dos rios, deslizamentos de encostas, etc. (ARAÚJO *et al.*, 2007). Nessa área foi delimitada uma sub-bacia, definida como bacia REPRESENTATIVA, com cerca de 400km<sup>2</sup>, que reúne as características de uso de solo e vegetação da bacia do rio Piabanha para que os resultados pudessem ser utilizados na gestão de recursos hídricos, tendo como seção de controle a estação Pedro do Rio. Dentro dessa bacia representativa, foram definidas três bacias EXPERIMENTAIS, onde predominam os diferentes usos do solo existentes: em área de mata Atlântica preservada, em área predominantemente de uso agrícola e área de ocupação urbana, respectivamente, com as seguintes áreas: 47 km<sup>2</sup>, 30 km<sup>2</sup> e 13km<sup>2</sup>, representadas na Figura 3 (VILLAS-BOAS *et al.*, 2011).

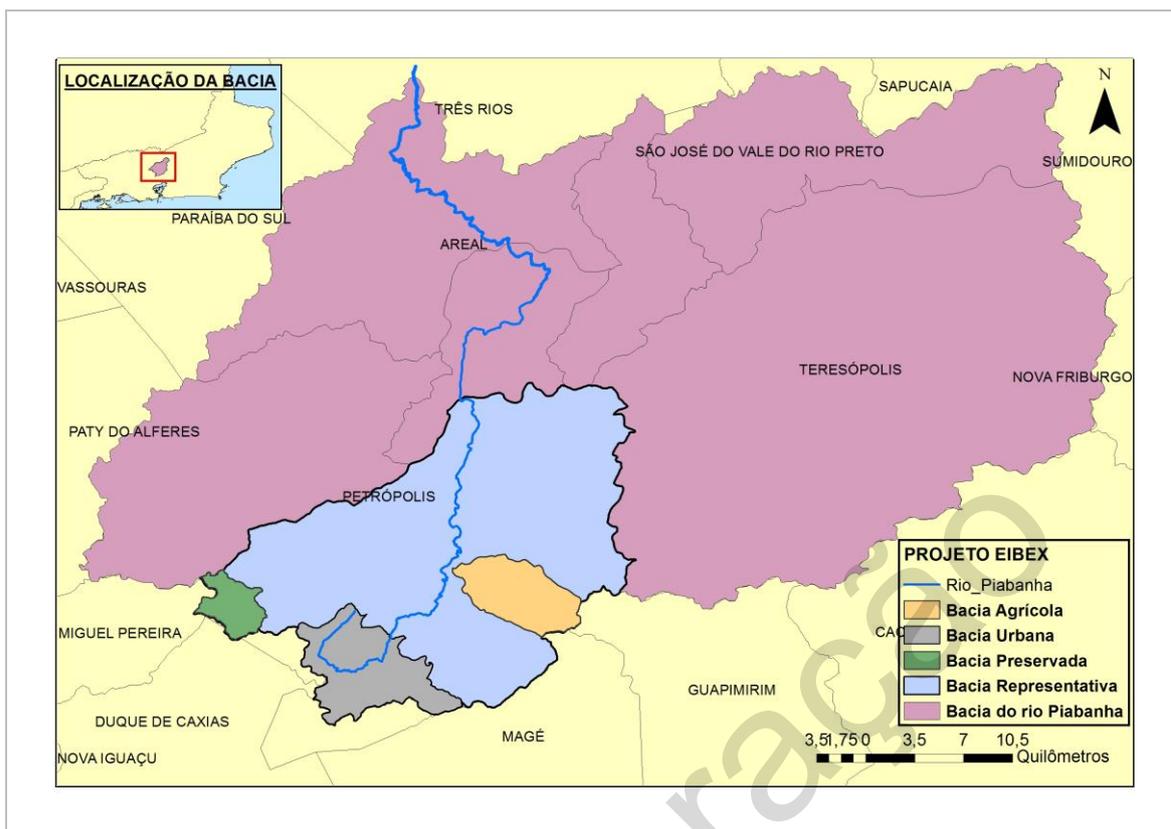
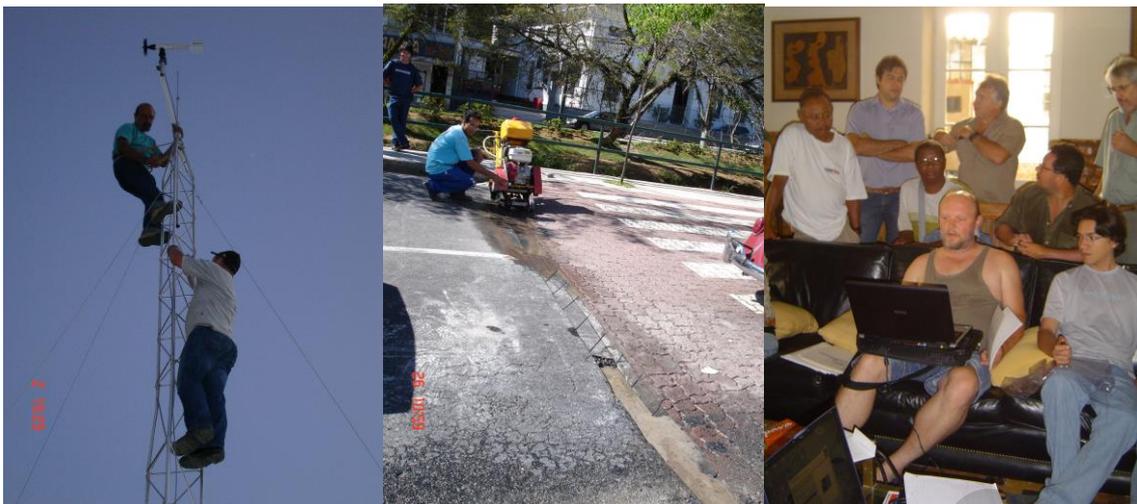


Figura 3 - Mapa de localização das bacias representativa e experimentais do Projeto EIBEX.

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 consequência, mais necessitadas de monitoramento complementar. Definidos os locais mais indicados e adquiridos os equipamentos com os recursos financeiros da Chamada Pública foram iniciadas as instalações das estações da rede EIBEX-I, em dezembro de 2006 (ARAÚJO *et al.*, 2007). Os detalhes da seleção das bacias e instalação das estações integrantes do projeto podem ser encontrados em MASCARENHAS (2010) assim como vários registros fotográficos como os apresentados nas Figuras 4, 5 e 6.



Figuras 4, 5 e 6– Instalação da Estação Climatológica Parque Petrópolis - Ajuste do anemômetro e cata-vento a 10m de altura, corte no asfalto necessário para passar o cabo de transmissão do sensor de nível ao data-logger instalado junto ao pluviômetro automático, (feito nas Estações Esperança e Liceu Carlos Chagas) e equipe da rede EIBEX I discutindo sobre a configuração dos sensores da estação meteorológica respectivamente.

Com o término do projeto financiado pela FINEP, em 2010, a CPRM continuou a operação, manutenção e instrumentalização da rede e prosseguiu, estrategicamente, com os estudos e pesquisas na área.

### 3. COMPONENTES DO PROJETO

O Projeto EIBEX tem como base três "pilares": a integração com instituições que desenvolvem estudos na bacia, teste de equipamentos e novas tecnologias e o desenvolvimento de pesquisas na área de hidrologia conforme esquematizado na Figura 7.

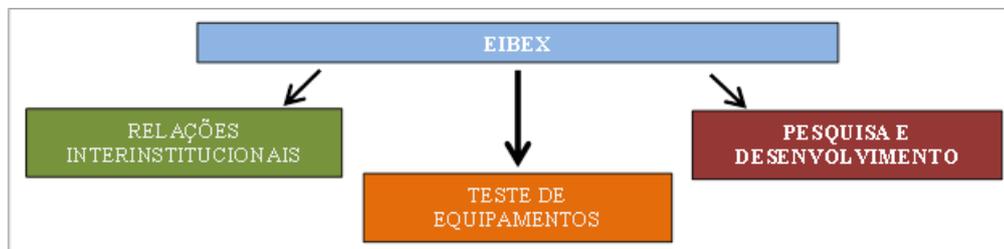


Figura 7- Estrutura do Projeto EIBEX.

A integração interinstitucional visa a troca de experiência e conhecimento entre a CPRM e as diversas instituições atuantes na área da bacia. Nesses 10 anos de projeto a CPRM participou de diversos projetos de cooperação interinstitucional (elenco no item 5.5). A equipe do projeto está sempre em busca de novas tecnologias e equipamentos para serem implementadas na bacia com intuito de realizar testes nos equipamentos e capacitação da equipe. Alguns exemplos podem ser encontrados nos itens 5.2 e 5.3. Por último, o projeto tem o intuito de desenvolver pesquisa e estudos com base nos dados oriundos da rede de monitoramento hidrometeorológica instalada na bacia e operada pela CPRM. A maior parte desses estudos foi publicada em artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorados listados no item 5.1.

Essa estrutura implica, objetivamente, nas seguintes linhas de ação:

**I – Campanhas de Hidrometria** - durante o ano são necessárias campanhas de supervisão e manutenção das estações que se encontram instaladas. Nessas campanhas, além da manutenção física das estações, são realizadas atividades, tais como: o pagamento dos observadores, medição de vazões nas estações fluviométricas e instalação de equipamentos.

**II – Campanhas de Qualidade de Água:** são realizadas coletas de amostras de qualidade de água e medição com equipamento automático para mapeamento da situação da bacia do Piabanha, com ênfase, na bacia representativa.

**III – Modelagem Hidrológica e de Qualidade de Água:** os dados adquiridos através das campanhas anteriores são reunidos e analisados para serem utilizados na modelagem hidrológica e de qualidade de água da bacia.

**IV – Campanhas Eventuais:** Atendem a demandas específicas e complementares bem como oferece apoio a estudos desenvolvidos na bacia por instituições parceiras.

**V – Manutenção dos Equipamentos Automáticos** - os equipamentos automáticos necessitam de manutenção, onde são resgatados os dados armazenados, troca de pilhas/baterias, limpeza e calibração.

**VI – Treinamento e Capacitação da equipe** - Através do envio dos membros da equipe a cursos de capacitação em instituições respeitadas e organização de treinamentos internos para suporte a outros projetos institucionais ou através de cooperações interinstitucionais.

**VII – Redação de artigos e participação em editais de pesquisa** – A equipe dedica parte do tempo para divulgar o trabalho que é realizado na bacia através de artigos científicos e fomentar novos estudos por meio de editais de pesquisa.

A rede de monitoramento hidrometeorológico, operada pela CPRM possui 13 estações conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 8, das quais três estão na bacia urbana (Liceu, Morin e Esperança), cinco na bacia agrícola (Poço Tarzan, Poço casinho, João Christ, Sítio das Nascentes e Vila Açú), três na bacia preservada (Rocio 2 – Ponte, Rocio 2 BD e Rocio 2 BE) e duas estações de controle (Parque Petrópolis e Pedro do Rio).

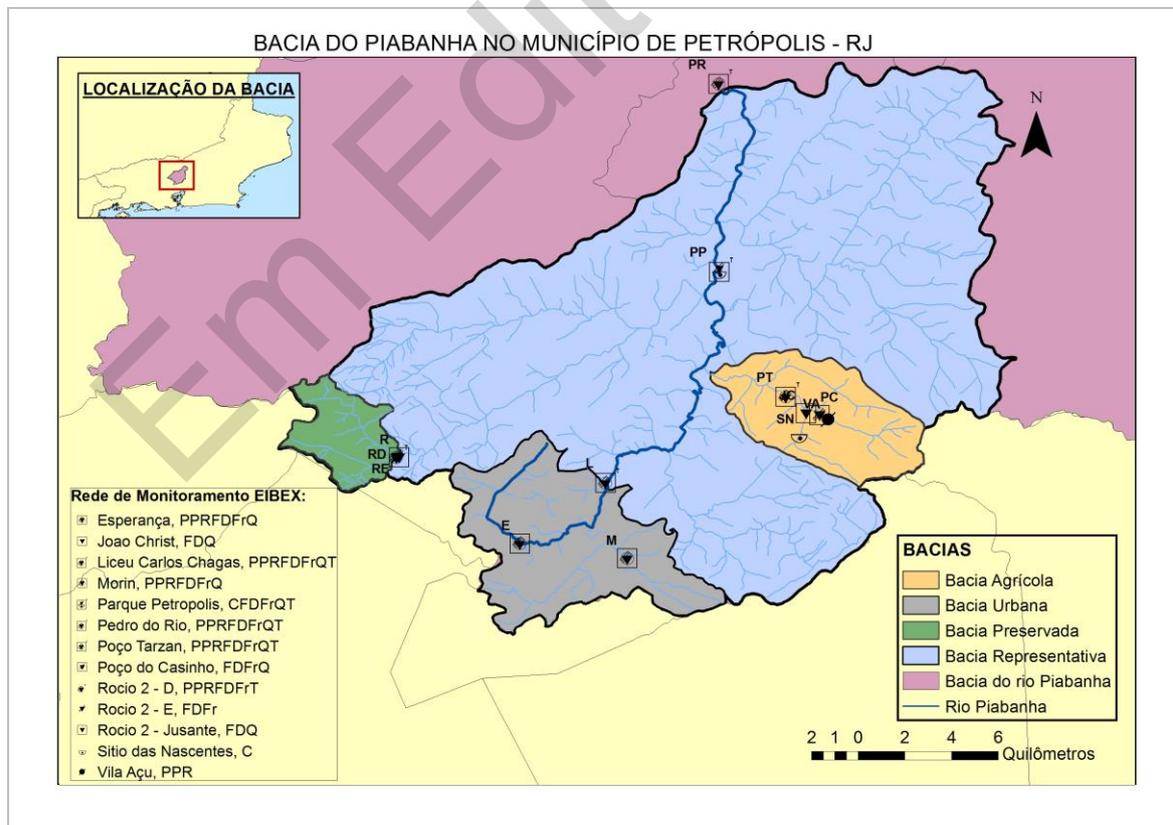


Figura 8 – Localização das bacias experimentais e representativa e das estações da rede hidrometeorológica quali-quantitativa operada pela CPRM.

Atualmente, as estações contam com medições convencionais (pluviômetro (P) e régua limnimétrica (F) e com equipamento automático (R). Há duas estações climatológicas na bacia (C) que fazem as seguintes medições: pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, radiação solar incidente, radiação líquida, evaporação, potencial matricial, fluxo de calor e umidade do solo, temperatura do solo e precipitação. Há 5 estações que são telemétricas (T). Em todas as estações fluviométricas são realizadas medições de vazão (D) e medições de qualidade de água (Q) com frequência variável de acordo com o estudo.

Tabela 1 – Informações das estações de monitoramento do Projeto EIBEX.

ESTAÇÃO	SIGLA	TIPO	Código FLU	Código PLU	BACIA EXPERIMENTAL	CURSO D'AGUA	LATITUDE	LONGITUDE	Data de início da operação - PLU/FLU	Data de início da operação - QA
Pedro do Rio	PR	PPRFDFrQT	58405000	2243012	-	Rio Piabanha	22° 24' 19"	43° 08' 00"	40026	40052
Pq.Petropolis	PP	CFDFrQT	58400250	2243286	-	Rio Piabanha	22° 30' 39"	43° 12' 37"	39200	40052
Esperança	E	PPRFDFrQ	58400010	2243287	URBANA	Rio Piabanha	22° 29' 14"	43° 10' 38"	39196	40052
Liceu	L	PPRFDFrQT	58400050	2243289	URBANA	Rio Palatinado	22° 31' 00"	43° 10' 08"	39194	40052
Morin	M	PPRFDFrQ	58400030	2243288	URBANA	Rio Bonfim	22° 27' 14"	43° 06' 28"	39195	40052
Poço Tarzan	PT	PPRFDFrQT	58400110	****	AGRÍCOLA	Rio Açú	22° 27' 39,6"	43° 05' 40,8"	39386	40052
Poço do Casinho	PC	FDfrQ	58400104	****	AGRÍCOLA	Rio Alcobaça	22° 27' 37,19"	43° 05' 59,76"	39383	40052
Joao Christ	JC	FDQ	58400108	****	AGRÍCOLA	Rio Piabanha	22° 19' 56"	43° 08' 01"	11171	40052
Vila Açú	VA	PPR	****	2243301	AGRÍCOLA	****	22° 27' 45,20"	43° 05' 29,30"	40118	-
Sítio das Nascentes	SN	C	****	2243291	AGRÍCOLA	****	22° 28' 7,63"	43° 06' 9,21"	0/2007e19/4/2	-
Rocio 2 - Ponte	R	FDQ	58400212	****	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 38,70"	43° 15' 24,60"	40296	40052
Rocio 2 - D	RD	FDfr	58400210	2243302	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 38,86"	43° 15' 28,95"	40269	-
Rocio 2 - E	RE	PPRFDFrT	58400211	*****	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 37,69"	43° 15' 27,66"	40269	-

\*A estação começou apenas pluviométrica em 2007 e, em 2016, foi transformada em climatológica.

Nas campanhas de qualidade de água são analisados cerca de 37 parâmetros pelo Laboratório de Análises Mineraias - LAMIN da CPRM, em laboratório particular no que se refere às análises não realizadas pelo LAMIN e com equipamento automático é feita a medição de Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido e Condutividade Elétrica (Tabela 2).

Tabela 2 - Lista de parâmetros de qualidade de água analisados pelo Projeto EIBEX.

Parâmetros - LAMIN				Laboratório Privado	Sonda Multiparamétrica
Alumínio (Al)	Cobalto (Co)	Manganês (Mn)	Sólidos em Suspensão	DBO	pH
Antimônio (Sb)	Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	DQO	Temperatura
Arsênio (As)	Cromo Total (Cr)	Níquel (Ni)	Turbidez (Tb)	Organoclorados (SVOC)	Condutividade Elétrica - 20°C(CE)
Bário (Ba)	Condutividade Elétrica - 20°C(CE)	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Zinco (Zn)	Organofosforados	Oxigênio Dissolvido (OD)
Cádmio (Cd)	Estanho (Sn)	Nitrogênio Amoniacal Total (NH <sub>4</sub> )		Carbamatos	
Chumbo (Pb)	Ferro (Fe)	pH		Coliformes Fecais	
Cianeto (CN)	Fluoreto (F)	Prata (Ag)		Coliformes Totais	
Cloreto (C)	Fosfato Total (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	Selênio (Se)		Fósforo Total (P)	

#### 4. CONTEXTO DA INOVAÇÃO

Tem havido esforços internacionais no sentido do estabelecimento de bacias experimentais e representativas que possam caracterizar a disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas de diferentes tamanhos e características de ocupação, assim como melhorar a compreensão das relações dos processos hidrológicos (SILVA; ROSA; SILVA, 2010). Os resultados dos estudos hidrológicos realizados são utilizados para manejo de bacias hidrográficas, calibração de modelos, compreensão das fases do ciclo hidrológico, etc. (VILLAS-BOAS et al., 2017).

Nesse sentido, em 1986, foi fundada a Rede Euromediterrânea de Bacias Experimentais e Representativas (ERB). A ERB é uma associação aberta de 22 países europeus que operam e administram bacias experimentais e representativas bem equipadas para pesquisas hidrológicas e ambientais de longo prazo, promovendo o intercâmbio de informações sobre bacias e a cooperação em programas internacionais como o FRIEND, HELP e PUB (ERB, 2020). Dentre os principais objetivos da associação destacam-se: o estímulo a troca de dados hidrológicos, métodos de pesquisa, modelos; a harmonização dos métodos de coleta e processamento de dados; a organização de visitas e conferências bienais. A ERB recebe apoio financeiro contínuo da UNESCO e dos países envolvidos.

Outra iniciativa importante no cenário internacional é a Rede Americana de Bacias Experimentais, implantada na década de 30, pelo Serviço de Conservação do Solo americano (SCS), cujos principais objetivos envolvem a investigação dos efeitos de escala no desenvolvimento das relações chuva-vazão nas áreas de estudo (GOODRICH *et al.*, 2016). A Rede já teve mais de 600 bacias hidrográficas e continua operando cerca de 120 bacias, algumas com série de dados de mais de 70 anos de duração. Como resultado de sua longa história, monitoramento intensivo e processos bem descritos, os estudos desenvolvidos produziram a base científica para vários modelos atualmente usados no mundo inteiro e subsidiaram a compreensão e gerenciamento dos recursos hídricos nas suas respectivas regiões.

Vale ressaltar a valiosa articulação interinstitucional responsável pela operação e financiamento dessa Rede de bacias experimentais envolvendo órgãos federais, tais como: Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS/USDA), Serviço Geológico (USGS), Serviço de Parques Nacionais (USDI-NPS) e Fundação Nacional de Ciência (NSF), além de parcerias com o setor privado, universidades e comunidade científica nacional.

Por outro lado, o desenvolvimento dessa área de pesquisa ainda é muito insipiente no Brasil, com iniciativas espaço-temporal isoladas, por meio de Universidades financiadas, principalmente, por órgãos públicos de fomento. Observa-se que grande parte dessas iniciativas está concentrada na região Nordeste, talvez pelo fato de ter sido lá onde as primeiras bacias experimentais foram instaladas, conforme relatado anteriormente, por meio de uma parceria entre a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento em Cooperação (ORSTOM) e universidades locais (ALVERGA, 2016). Melo et al. (2020) realizaram um vasto levantamento das bacias experimentais brasileiras e encontraram 60 iniciativas com período médio de monitoramento de 12 anos. Das 60 bacias experimentais levantadas, apenas 28 encontram-se em atividade.

É possível observar no cenário brasileiro, de um modo geral, um grande incentivo na implantação das bacias experimentais e representativas, principalmente através dos órgãos de fomento, mas por outro lado, falta apoio para a sua manutenção dos experimentos ao longo do tempo (a maioria precisa de séries longas para apresentarem resultados) e incentivo para a integração das diversas iniciativas.

Dessa forma, o desafio brasileiro está no estabelecimento de mecanismos que permitam a continuidade dos estudos e favoreçam a integração e o armazenamento dos dados. Em contrapartida, observa-se que esses obstáculos já foram superados nas iniciativas americana e europeia, anteriormente apresentadas, talvez por conta do diversificado envolvimento institucional que possui grande participação de entes públicos, ao longo de todo o processo. Melo et al. (2020) destacam que o Brasil mal começou os estudos em bacias experimentais quando comparados com os Estados Unidos e a Europa e acrescentam que os estudos brasileiros, de um modo geral, investigam poucas variáveis, por curtos períodos de monitoramento e possuem pouquíssima publicação internacional do tema. Os autores afirmam que essa situação sofre influência direta do investimento do Governo federal. Assim, seria importante a construção de um modelo gestão para as bacias experimentais que sustente os estudos ao longo do tempo e com a participação de vários segmentos sociais (universidades, órgãos de pesquisa e iniciativa privada).

Sendo assim, a CPRM, em parceria com universidades, órgãos gestores e, muitas vezes, com apoio de agências governamentais de fomento, se torna pioneira ao garantir a operação do Projeto EIBEX, com recursos públicos federais, ao longo dos últimos 13 anos,

e trabalhar na articulação de um modelo gestão que tem garantido a permanência dos estudos em bacias experimentais e representativas contribuindo para a consolidação nacional dessa área de pesquisa.

Em Editoração

## 5. PRODUTOS ALCANÇADOS

Os produtos desenvolvidos no âmbito do Projeto EIBEX estão relacionados aos pilares de sustentação descritos anteriormente (capítulo 3) e envolvem uma gama de publicações; treinamentos e capacitações; aquisições de equipamentos; desenvolvimento de metodologias e articulação institucional conforme listados nos itens a seguir.

### 5.1. Publicações

Durante esses mais de treze anos de Projeto EIBEX foram apresentados e publicados diversos artigos em revistas, congressos e seminários em conjunto com universidades e órgãos de pesquisa no intuito de divulgar as atividades desenvolvidas. A seguir estão elencados os principais trabalhos:

- 1- ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M. D.; FERNANDES, N. F.; MOREIRA, D. M.; SANTOS, S. C. dos; BARROS, P. S. T.; NEGREIROS, A. B.; ROTUNNO FILHO, O.; ARAÚJO, A. A. M.; PRODANOFF, J. H. A.; MASCARENHAS, C. B. Estudos Integrados de Bacias Experimentais Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 17., 2007, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABRH, 2007.
- 2- MOREIRA, D. M.; ARAUJO, L. M. N.; ALMEIDA, I. S. Apoio Cartográfico a Estudos Hidrológicos Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 17., 2007, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABRH, 2007.
- 3- BADOLATO, I. S.; AGUIAR, R. A.; ARAUJO, L. M. N.; RIBEIRO, J. A.; SANTOS, S. C.; MOREIRA, D. M.; MORAIS, A. Recuperação e Interpretação de Dados Pluviométricos Registrados por Estações Automáticas. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE*, 2., 2008, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABRH, 2008.
- 4- MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M. D.; BASTOS, A. O.; MONTEIRO, A. E. G. C.; ARAUJO, L. M. N. Estudos para um diagnóstico quali-quantitativo em bacias experimentais - Estudo de Caso: Bacia do rio Piabanha. *In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL*, 2., 2009, Taubaté. **Anais** [...]. Taubaté: IPABHi, 2009. p. 173-180.
- 5- VILLAS-BOAS, M. D.; CHAVES, C. F. B.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. P. G.; HENRIQUES, M. P.; MONTEIRO, A. E. G. C. Avaliação Preliminar da Qualidade da Água nas Bacias Experimentais e Representativas do Rio Piabanha a partir do Cálculo do Índice de Qualidade de Água - IQA. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 19., 2011, Maceió. **Anais** [...]. Maceió: ABRH, 2011.
- 6- VILLAS-BOAS, M. D.; BASTOS, A. O.; ARAUJO, L. M. N.; SILVA, J. P. G.; MONTEIRO, A. E. G. C. O Manejo do Uso do Solo Como Mecanismo Regulatório da Gestão da Qualidade da Água - Estudo de Caso: A Bacia do Rio Piabanha. *In: WORLD WATER CONGRESS*, 14., 2011, Porto de Galinhas. **Proceedings** [...]. IWRA, 2011.
- 7- SILVA, J. P. G.; VILLAS-BOAS, M. D.; MONTEIRO, A. E. G. C.; SANTOS, F. J.; SETTA, B. R. S.; MEDEIROS, A. D.; KENUP, R. E.; GOULART, D.; HENRIQUES, M. P.; MENDEL JR, A. P. Análise Preliminar das Influências do Uso e Ocupação do Solo da Qualidade da Água na Bacia Experimental e Representativa do Rio Piabanha - Região Serrana do Rio De Janeiro - RJ. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Banto Gonçalves: ABRH, 2013.
- 8- VILLAS-BOAS, M. D.; OLIVERA, F.; AZEVEDO, J. P. S. A water quality index model using stepwise regression and neural networks models for the Piabanha River basin in Rio de Janeiro, Brazil. **American Geophysical Union**, San Francisco, 9-13 Dec. 2013. Abstract H23A-1229.
- 9- VILLAS-BOAS, M. D.; OLIVERA, F.; AZEVEDO, J. P. S.; SILVA, J. G. P.; MONTEIRO, A. E. G. C. Avaliação do uso do solo para a bacia do Piabanha, RJ/Brasil usando SWAT. (Evaluation of land uses for Piabanha River watershed in Rio de Janeiro, Brazil using SWAT.). *In: SWAT*

- CONFERENCE PERNAMBUCO, 2014, Porto de Galinhas. **Book of Abstracts**. Porto de Galinhas: SWAT, 2014.
- 10- SETTA, B. R. S.; CANESIN, F. P.; SILVA, J. P. G.; VILLAS-BOAS, M. D. Estudos comparativos da qualidade das águas na bacia experimental e representativa do rio Piabanha - região serrana do rio de janeiro - rj, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 12., 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABRH, 2014.
  - 11- VILLAS-BOAS, M. D.; OLIVERA, F.; AZEVEDO, J. P. S.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. P. G.; HENRIQUES, M. P.; KENUP, R. E.; MEDEIROS, A. D. Avaliação das Estações da Rede de Monitoramento de Qualidade da Água do Rio Piabanha a Partir da Análise de Fatores. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 21., 2015, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ABRH, 2015.
  - 12- VILLAS-BOAS, M. D.; OLIVERA, F.; AZEVEDO, J. P. S. Assessment of the water quality monitoring network of the Piabanha River experimental watersheds in Rio de Janeiro, Brazil, using autoassociative neural networks. **Environ Monit Assess**, v. 189, 439, 2017.
  - 13- RIBEIRO, M. J.; VILLAS-BOAS, M. D.; KENUP, R. E.; MACHADO NETO, A.; SILVA, G. M.; MOTA, B. A.; MOTA, B.; SILVA, J. P. G.; COSTA, F. S.; GONCALVES, L. P. Comparação de Medições com Molinete e Flowtracker em Rios de Fundo Rochoso - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRH, 2017.
  - 14- VILLAS-BOAS, M. D.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. P. G.; HENRIQUES, M. P.; KENUP, R. E.; MEDEIROS, A. D.; AZEVEDO, J. P. S.; OLIVERA, F. Os 10 anos do projeto institucional da CPRM: Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas - Região Serrana/RJ: Conquistas e Desafios Futuros. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRH, 2017.
  - 15- SILVA, J. G. P.; VILLAS-BOAS, M. D.; KENUP, R. E.; GOULART, D. R.; MEDEIROS, A. D.; SANTOS, F. J.; HENRIQUES, M. P.; Melo, J. S.; RIBEIRO, M. J.; ARAÚJO, L. M. N. Avaliação Preliminar das Séries Temporais de Precipitação dos 8 Anos de Monitoramento na Bacia Experimental e Representativa do Rio Piabanha – Região Serrana do Rio De Janeiro-RJ, *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRH, 2017.
  - 16- VILLAS-BOAS, M. D.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. P. G.; HENRIQUES, M. P.; RIBEIRO, M. J.; KENUP, R. E.; MEDEIROS, A. D.; AZEVEDO, J. P. S.; OLIVERA, F. Comparação da Vazão Q95% Obtida Através do Estudo de Regionização de Vazões e de Modelagem Hidrológica com Uso do Swat para a Bacia do Rio Piabanha. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARAÍBA DO SUL*, 3., 2018, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: UFJF, 2018. p. 401-409. (Prêmio – Menção Honrosa).
  - 17- VILLAS-BOAS, M. D.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. P. G.; HENRIQUES, M. P.; RIBEIRO, M. J.; KENUP, R. E.; MEDEIROS, A. D.; AZEVEDO, J. P. S.; OLIVERA, F. Calibração do Modelo SWAT para a Bacia Representativa do Rio Piabanha em escala diária. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABRH, 2019.

Além disso, por meio do Projeto EIBEX, a CPRM apoiou o desenvolvimento de alguns trabalhos de pesquisa que resultaram nas dissertações de mestrado e teses de doutorado listadas abaixo.

- 18- GONÇALVES, R. C. **Modelagem Hidrológica do tipo chuva-vazão via SMAP e TOPMODEL - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha/RJ**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.
- 19- LAWALL, S. **Modificações na Hidrologia dos Solos em Resposta as Alterações de Uso e Cobertura na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.
- 20- LOU, R. F. **Modelagem Hidrológica Chuva-vazão e Hidrodinâmica Aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha/RJ**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

- 21- PAULA, T. P. de. **Diagnóstico e Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Trecho do Rio Piabanha/RJ**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
- 22- BARROS, V. R. **Avaliação da evapotranspiração utilizando o algoritmo SEBAL e imagens Landsat – TM – Estudo de Caso Bacia do Rio Piabanha/RJ**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- 23- SILVA, V. S. **Uso de Metodologias Simplificadas para Determinação do Hidrograma Ecológico na Bacia do Rio Piabanha/RJ**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- 24- SILVA, A. C. **Simulação da descarga fluvial em resposta a mudanças de uso e cobertura da terra: bacia do rio Bonfim, Petrópolis (RJ)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- 25- NUNES, M. L. A. **Subsídios para o enquadramento do rio Piabanha respaldado por modelagem matemática de qualidade da água**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.
- 26- COSTA, F. S. **Extração Fotogramétrica de Modelos Digitais de Superfície: Um Estudo Comparativo para a Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha/RJ**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.
- 27- Molinari, B. S. **Modelagem espacial da qualidade de água na bacia do rio Piabanha/RJ**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- 28- ARAÚJO, L. M. N. **Identificação de padrões hidrológicos de precipitação e de umidade do solo na bacia hidrográfica do rio Piabanha/RJ**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.
- 29- ANDRADE, C. D. **Avaliação de escala de monitoramento e do comportamento hidrológico na bacia do rio Piabanha/RJ**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.
- 30- WEINBERG, A. **Metodologia para Priorização do Controle e Monitoramento da Qualidade das Águas, Como Ferramenta para Gestão de Recursos Hídricos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.
- 31- VILLAS-BOAS, M. D. **Ferramentas para avaliação da rede de monitoramento de qualidade de água da bacia do rio Piabanha – RJ com base em redes neurais e modelagem hidrológica**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

## 5.2. Oportunidades e Treinamentos

Um dos principais focos do projeto EIBEX é a constante capacitação da sua equipe através de cursos internos e externos a CPRM, visitas técnicas bem como a disseminação do conhecimento adquirido através da oferta de palestras e treinamentos para apoiar outros projetos da CPRM e instituições. A seguir encontram-se relacionados alguns desses cursos, visitas e treinamentos.

### 5.2.1. Curso de Hidrometria (2007/2008)

A equipe do projeto EIBEX teve a oportunidade de participar do Curso de Extensão em Hidrometria, financiado pelo MCT/CT-HIDRO/CNPq, que contou com um total de 432 horas dentre aulas práticas e teóricas, ministradas nas dependências do Escritório Rio de Janeiro da CPRM/SGB, por professores do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS e COPPE-UFRJ, com a participação de instrutores da CPRM/SGB e das demais

instituições parceiras. Inclusive, uma das aulas práticas foi realizada na área de estudo do projeto.

### 5.2.2. Visita técnica CETESB (2009)

Em 2009, foi realizada visita a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para conhecer a experiência da instituição em monitoramento automático de qualidade de água. Por meio de um Projeto de Cooperação Técnica e Financeira com o KfW (Alemanha), a CETESB implementou sua “Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo”, visando a melhoria do sistema de monitoramento da qualidade das águas do rio Tietê e seus tributários, instalou estações de monitoramento automático da qualidade da água e equipou seus laboratórios de análises ambientais (SÃO PAULO, 2018). As Figuras 9 e 10 mostram a equipe do projeto EIBEX acompanhando uma coleta de amostras com um técnico da CETESB e uma das estações automáticas do rio Tietê visitada respectivamente.



Figuras 9 e 10 - Coleta de amostras por técnico da CETESB sendo acompanhada pela equipe do Projeto EIBEX e estação automática visitada respectivamente.

### 5.2.3. 1º Curso de Capacitação em Hidrometria na Bacia de Catu (2010)

No intuito de cooperar e contribuir para os demais projetos da CPRM, parte da equipe do projeto foi até o Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Baiano (IF-Baiano) para ministrar um treinamento de qualidade de água no âmbito do “1º Curso de Capacitação em Hidrometria na Bacia de Catu” organizado pelo projeto institucional Bacia Escola Catu. A parte prática foi realizada na área do IF-Baiano em estações operadas pela CPRM (Figuras 11 e 12).



Figuras 11 e 12 – Participantes do Treinamento prático de qualidade de água do “1º Curso de Capacitação em Hidrometria na Bacia de Catu” organizado pelo projeto institucional Bacia Escola Catu.

#### 5.2.4. Treinamento de Qualidade da Água para o Projeto Grael (2011)

A convite do Projeto Grael, uma organização não-governamental (ONG), que tem como objetivo democratizar o acesso de jovens à prática do esporte da vela e, dessa forma, contribuir para a transformação social na vida dos seus beneficiados (PROJETO GRAEL, 2018), a equipe do projeto EIBEX foi até a sede da ONG para ministrar um Treinamento de Qualidade de Água prático e teórico (Figuras 13 e 14).



Figuras 13 e 14 – Treinamento prático de qualidade de água para alunos do Projeto Grael.

#### 5.2.5. Treinamentos em Qualidade de Água – Bacia Escola Catu (2011)

Em 2011, foi organizado um treinamento de qualidade de água prático e teórico para capacitar a equipe do projeto Bacia-Escola Catu da SUREG/SA pela equipe do Projeto EIBEX em conjunto com a Analista em Geociências da SUREG/BH Magda Pinto. As Figuras 15 e 16 mostram os participantes durante a parte prática realizada na bacia

representativa com apoio dos técnicos em geociências Francisco Eugênio e José Evangelista da Silva.



Figuras 15 e 16 – Participantes do Treinamento de Qualidade da Água durante uma simulação de coleta de amostras de água na Bacia Representativa do rio Piabanha.

#### 5.2.6. Curso de Coleta e Preservação de Amostras de Água e Sedimentos – CETESB (2012)

A participação no curso de “Coleta e Preservação de Amostras de Água e Sedimentos” oferecido pela CETESB, uma das instituições brasileiras de maior reconhecimento em monitoramento de qualidade da água, com intuito do aperfeiçoamento profissional da equipe que desde 2009 vem realizando pesquisa em qualidade de água.

#### 5.2.7. Treinamento em Equipamentos Acústicos para Medição de Vazão (2012)

Após a aquisição de alguns dos primeiros equipamentos acústicos para medição de vazão institucionais, foi organizado um treinamento com a participação de funcionários das unidades regionais de Salvador, Belo Horizonte, Porto Alegre, Manaus, Porto Velho, Teresina e São Paulo e de técnicos da COPPE/UFRJ e CEDAE com o intuito de disseminar o conhecimento de maneira ampla, já que na época o uso de equipamentos acústicos na CPRM ainda era pouco frequente. A parte teórica do treinamento foi realizada no Escritório do Rio de Janeiro (Figura 17) e a parte prática nas estações da bacia representativa do projeto EIBEX (Figura 18).



Figuras 17 e 18 – Treinamento em medidores acústicos no ERJ e na estação Rocio da bacia representativa do projeto EIBEX.

#### 5.2.8. Treinamento com MATLAB (2012)

Em busca de avanços na área de programação, em 2011, foi adquirida licença do Programa MATLAB e, no ano seguinte, organizou-se um treinamento no uso dessa ferramenta que contou com a participação de funcionários das Unidades Regionais de Manaus, Salvador, Belo Horizonte, Porto Alegre e Teresina.

#### 5.2.9. Workshop do SWAT (2012 e 2015)

Esse workshop, promovido pela USP e pela Texas A&M, que ofereceu treinamento em modelagem hidrológica com o modelo hidrológico SWAT (ARNOLD *et. al*, 2012) marcou o início dos estudos com o modelo no projeto.

#### 5.2.10. Visita Técnica a Bacias Experimentais Americanas (2014)

Em 2014, foi possível a realização de visitas técnicas a duas bacias experimentais que integram a Rede Americana de Bacias Experimentais. A primeira delas foi à bacia Riesel, no Texas, estabelecida em 1936, que possui uma área de cerca de 3,4 km<sup>2</sup> e se propõe a coletar dados hidrológicos (precipitação, percolação, evaporação, escoamento superficial) e avaliar a resposta hidrológica e de perda de solo influenciada por várias práticas de manejo de terras agrícolas. Alguns dos experimentos da bacia servem de insumo para o modelo hidrológico mundialmente reconhecido SWAT (Figuras 19 e 20). A segunda visita foi a bacia experimental de Little Washita, em Oklahoma, com área de 611km<sup>2</sup>, cujos experimentos também tiveram início em 1936. A visita teve início com uma reunião com a equipe da USDA (Departamento Agrícola Americano), que gerencia os

experimentos, na qual houve a oportunidade de apresentar o Projeto EIBEX e algumas atividades da CPRM (Figuras 21 e 22).



Figuras 19 e 20 – Participantes da visita técnica e medidor de vazão da Bacia Experimental Riesel, no Texas, 2013.



Figuras 21 e 22 – Apresentação do projeto EIBEX para funcionários do USDA e estação climatológica da bacia experimental Little Washita, em Oklahoma, 2014.

#### 5.2.11. Técnicas de modelagem em geociências com uso de R e SAGA-GIS (2015)

Os pesquisadores da Embrapa Solos (Rio de Janeiro/RJ) Waldir de Carvalho, César Chagas e Silvio Bhering ministraram o curso de modelagem ambiental em geociências com o uso de ferramentas de software livre R e SAGA GIS no escritório do Rio de Janeiro da CPRM. O curso foi dado no âmbito do projeto RHIMAS (item 5.5) e teve a participação do corpo técnico do CPRM, Agência Nacional de Águas (ANA) e doutorandos e professores da COPPE, IGEO e Politécnica (UFRJ). Essa atividade consolidou a parceria dos pesquisadores da Embrapa Solos, UFRJ, CPRM e demais instituições envolvidas.

### 5.2.12. *Treinamento em SIG e Modelos Espacialmente Distribuídos (2015)*

Com a aprovação de projeto de cooperação internacional, através do Programa “Ciência Sem Fronteiras” – Pesquisador Visitante Especial (detalhes no item 5.5), foi possível a realização de dois módulos de treinamento em “Fundamentos em GIS e aplicações em Modelagem Hidráulica e Hidrológica” pelo professor Francisco Olivera, da Universidade Texas A&M, no escritório do Rio de Janeiro. O treinamento teve a participação dos membros do projeto EIBEX, funcionários de outros departamentos da CPRM, alunos e professores da COPPE/UFRJ e funcionários do INEA (Figuras 23 e 24).



Figuras 23 e 24 - Participantes da primeiro e segundo módulos do Treinamento em SIG e modelos espacialmente distribuídos respectivamente.

### 5.2.13. *Seminário de Rede de Pesquisas Experimentais da Bacia do rio Piabanha (2016)*

Em 2016, a CPRM, juntamente com instituições parceiras, organizou o “Seminário de Rede de Pesquisas Experimentais da Bacia do rio Piabanha” que debateu mecanismos de integração das pesquisas e dados produzidos na bacia e contou com a participação de diversas instituições que realizam pesquisas na bacia do Piabanha. A Figura 25 apresenta a programação do evento no folder de divulgação.



Figura 25 - Convite do Seminário de Rede de Pesquisas Experimentais da Bacia do rio Piabanha.

#### 5.2.14. Visita para demonstração de DRONES (2017)

Em parceria com a COPPE/UFRJ e a empresa Geolever, foram realizadas duas visitas à área de estudo para demonstração das funcionalidades dos DRONES para mapeamento de uso e cobertura do solo e ecobatimetria e execução de levantamento preliminar (Figura 26). A visita também teve a participação de técnicos do departamento de Gestão Territorial (DEGET).



Figura 26 - Demonstração do mapeamento com uso de DRONES na estação Sítio das Nascentes.

#### 5.2.15 - O Curso “HIDROLOGIA BÁSICA” – Defesa Civil de Nova Iguaçu (2017 e 2019)

A convite da subsecretaria de proteção e Defesa Civil de Nova Iguaçu, houve a participação da equipe do projeto como instrutores no curso “Noções Básicas de Hidrologia” que faz parte das “Atividades de Treinamento e Capacitação para Prevenção e Redução de Desastres”, nos anos de 2017 e 2019, que capacita voluntários cadastrados na Rede de Servidores, Voluntários e Amigos da Comunidade (Rede SVAC).

### 5.3. Equipamentos e Infraestrutura disponíveis

Conforme descrito no item 3, o projeto é responsável pela operação de um rede hidrometeorológica, em parte telemétrica, com equipamentos convencionais e automáticos. Os equipamentos comprados, inicialmente, com recursos da FINEP, já foram quase todos substituídos por Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) com telemetria. A Figura 27 apresenta um pluviômetro convencional e uma PCD de chuva na estação Rocio BD. Além disso, já foram instalados dois sensores do tipo radar para medição de nível d'água, nas estações Parque Petrópolis e Poço Tarzan, pois os sensores do tipo pressão, normalmente utilizados, sofrem muitos desgastes em razão do assoreamento presente nos rios e precisam ser constantemente trocados, deixando as séries de dados de cota com muitas falhas. E, ainda, aguardam para serem instalados mais dois radares, adquiridos por meio do projeto de cooperação “Hidrograma ecológico e modelagem quali-quantitativa de bacias” (item 5.5) nas estações Rocio e Liceu. A Figura 28 mostra o radar instalado na estação Parque Petrópolis para medição de nível d'água.



Figura 27 e 28 -Pluviômetro convencional e PCD de chuva, com telemetria, na estação Rocio BD e radar instalado sob a ponte na estação parque Petrópolis respectivamente.

Além das estações pluviométricas e fluviométricas, a rede de monitoramento conta ainda, com duas estações climatológicas sem telemetria, localizadas nas estações Parque Petrópolis e Sítio das Nascentes, que podem ser vistas respectivamente. No momento a estação Sítio das Nascentes está desativada aguardando liberação de pendências judiciais para ser reinstalada. Outro equipamento que aguarda liberação para ser instalado, é o “ADCP SONTEK - Argonaut SL”, um sistema de medição de corrente do tipo Doppler acústico em tempo real para montagem lateral em pontes, paredes de canais artificiais ou margens de rios. Foi o primeiro equipamento desse tipo adquirido na CPRM. As Figuras

29 e 30 apresentam a equipe no dia da instalação da Estação Climatológica de Sítio das Nascentes, o treinamento prático do equipamento ADCP Sontek – Argonaut SL.



Figuras 29 e 30 – Estação Climatológica de Sítio das Nascentes e equipamento Argonaut Sontek SL na estação Rocio ponte durante treinamento prático.

O monitoramento de qualidade de água é realizado com sondas multiparamétricas (Figura 32) e coletas de amostras (Figuras 31 e 34). Durante o período de 2012 a 2014, a rede contou com uma sonda fixa de qualidade de água instalada na estação Parque Petrópolis (Figura 33).



Figura 31, 32, 33 e 34 - Coleta de amostras na estação Pedro do Rio, medição com sonda multiparamétrica na estação Rocio ponte, estrutura para sonda fixa de qualidade de água na estação Parque Petrópolis e coleta de amostras na estação Parque Petrópolis respectivamente.

O projeto possui, ainda, um S5 e um Flow Tracker, equipamentos acústicos para medição de vazão, que podem ser vistos nas Figuras 35 e 36, sendo operados para medição de vazão nas estações Rocio e Parque Petrópolis respectivamente.



Figuras 35 e 36 - Medição de vazão nas estações Rocio e Parque Petrópolis com Flow Tracker e S5 respectivamente.

#### 5.4. Abordagens e Metodologias

A partir do que foi exposto é possível perceber que o Projeto EIBEX é pioneiro pelo fato de garantir, de modo contínuo, recursos públicos federais para a manutenção dos estudos em bacias experimentais e representativa nos últimos treze anos. No item 5.1 é possível observar alguns dos estudos produzidos pelo Projeto EIBEX publicados por meio de artigos, dissertações e teses que apresentam abordagens e metodologias desenvolvidas no âmbito do projeto e/ou de projetos de colaboração. Desse conjunto apresentado cabe destacar as seguintes abordagens e metodologias desenvolvidas (a numeração entre parênteses refere-se a número do trabalho referente ao estudo na lista de trabalhos publicados apresentada no item 5.1):

##### 5.4.1. Modelagem hidrológica – SWAT

- comparação da estimativa da vazão de permanência de 95% usando modelagem hidrológica e a regressão não linear que é utilizada normalmente nos estudos de regionalização de vazões (16)
- análise do uso e ocupação do solo com base nos resultados da modelagem hidrológica (9)

- desenvolvimento do Índice de Impacto ( $I_{RMQA}$ ) utilizado para avaliação de redes de monitoramento de qualidade de água (31)

#### 5.4.2. Inteligência Artificial - Redes Neurais

- Avaliação de redes de monitoramento de qualidade de água com base em redes neurais auto associativas (12)
- Metodologia para cálculo de Índice de Qualidade de Água utilizando apenas os quatro parâmetros da sonda multiparamétrica (Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura e Condutividade Elétrica) com base em redes neurais (8).

#### 5.4.3. Comparação do uso de micromolinetes e flow tracker em rios de fundo rochoso (13)

### 5.5. Articulação Institucional

Um dos pilares do projeto EIBEX é a integração interinstitucional, principalmente, através da participação em projetos de pesquisas fomentados por órgãos públicos. Abaixo, segue uma lista desses projetos desenvolvidos em ordem cronológica:

- Projeto EIBEX-I – Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” aprovado na CHAMADA PÚBLICA MCT/FINEP/ CT-HIDRO – BACIAS REPRESENTATIVAS – 04/2005, coordenado pela COPPE/UFRJ, com envolvimento de diversas instituições (2006-2010).
- Participação em dois projetos aprovados na CHAMADA PÚBLICA MCT/ FINEP CT- HIDRO 01/2010 (2011-2016):
  - Hidrograma ecológico e modelagem quali-quantitativa de bacias, referência 1829/10, coordenado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (HIDROECO)
  - Rede de Pesquisa em Monitoramento e Modelagem de Processos Hidrossedimentológicos em Bacias Representativas Rurais e Urbana do Bioma Mata Atlântica, referência 1832/10, coordenado pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (RHIMAS).
- Programa “Ciência Sem Fronteiras” – Pesquisador Visitante Especial (PVE) MEC/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs nº 71/2013 coordenado pela UFRJ (2014-2018)

- “Balanço hidrogeoquímico e geoquímica de solos em microbacias montanhosas de Mata Atlântica: base para avaliação da influência de grandes empreendimentos”- CHAMADA CNPQ/ICMBIO/FAPs nº18/2017 e coordenado pela Universidade Federal Fluminense (2017 – atual).

## 6. EXPECTATIVAS FUTURAS

Através do projeto EIBEX, pretende-se ampliar os estudos em bacias experimentais e representativas no Brasil de maneira estruturada, com uma articulação interinstitucional, de forma a consolidar essa área de pesquisa. Para tal, faz-se necessário aprimoramento e capacitação da equipe do projeto, o investimento em parcerias e a garantia de recursos contínuos para a operação, manutenção e aparelhamento da rede de monitoramento. Espera-se o estabelecimento de interlocução com outras entidades brasileiras que desenvolvem estudos na área de bacias experimentais com intuito do estabelecimento de uma rede nacional de bacias experimentais a exemplo do que já foi feito nos Estados Unidos e Europa.

Além disso, planeja-se o desenvolvimento de atividades de aproximação da sociedade civil na área de educação ambiental bem como uma maior parceria com o Comitê de Bacias do Piabanha para definição de ações prioritárias.

Assim que as campanhas de campo forem retomadas, espera-se instalar os novos equipamentos e avançar com os estudos com a tecnologia de DRONE para mapeamento do uso e cobertura do solo e levantamento ecobatimétrico.

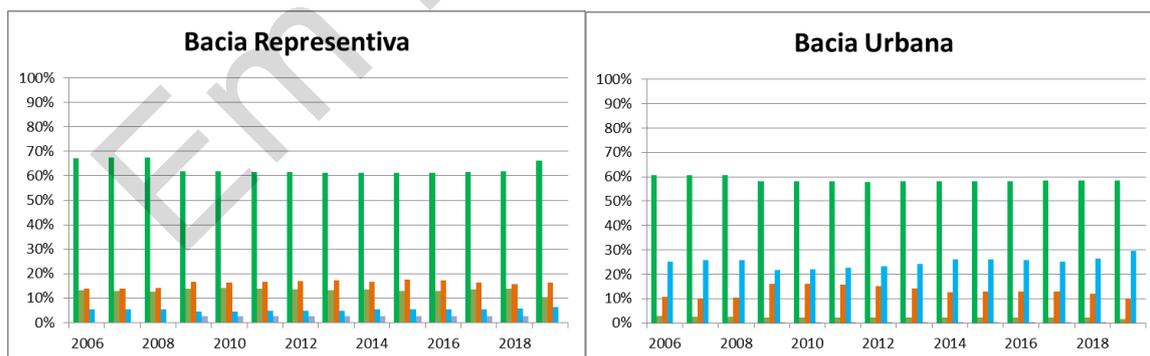
Uma nova linha de pesquisa que se pretende desenvolver é a de avaliação de incertezas dos dados de monitoramento juntamente com o grupo de pesquisadores da Universidade Texas A&M (HARMEL; SMITH, 2007). E, ainda, avançar nos estudos de modelagem hidrológica aplicada a qualidade de água e inteligência artificial e impulsionar mais duas outras linhas de pesquisa na bacia representativa: a hidrologia de solos e a hidrogeologia.

## 7. RESULTADOS CONCRETOS DE 2020

Os resultados que deveriam ser alcançados em 2020 foram extremamente impactados pela suspensão das campanhas de campo em função da Pandemia da COVID-19. As campanhas de campo são responsáveis por grande parte dos insumos do projeto e atividades importantes deixaram de ser realizadas.

Por outro lado, investiu-se na organização do banco de dados do projeto, preparação de material técnico para a criação da página eletrônica do EIBEX no *website* da CPRM e redação de artigos científicos.

Encontram-se em desenvolvimento alguns estudos da relação entre a evolução do uso e ocupação do solo e a qualidade de água da bacia tema de dissertação de mestrado de um dos membros da equipe do projeto, aliando-se pesquisa e operação. Estes estudos envolvem a obtenção dos mapas de uso e cobertura do solo anuais para o projeto através das informações do MapBiomias Brasil (MAPBIOMAS, 2019). A partir desses mapas foram calculadas as áreas percentuais dos cinco principais usos e coberturas do solo (*i.e.* Formação florestal, Mosaico Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana, Mata Preservada e Afloramento Rochoso) para a bacia representativa e para as três bacias experimentais (*i.e.* bacia urbana, preservada e agrícola). Com a utilização da tecnologia do Drones aliada a ferramentas de inteligência artificial, pretende-se detalhar essas classes de uso futuramente. As Figuras 37, 38, 39 e 40 apresentam alguns resultados preliminares desses estudos para a bacia representativa e as experimentais com a evolução da área percentual de cada classe, no período de 2007 a 2019.



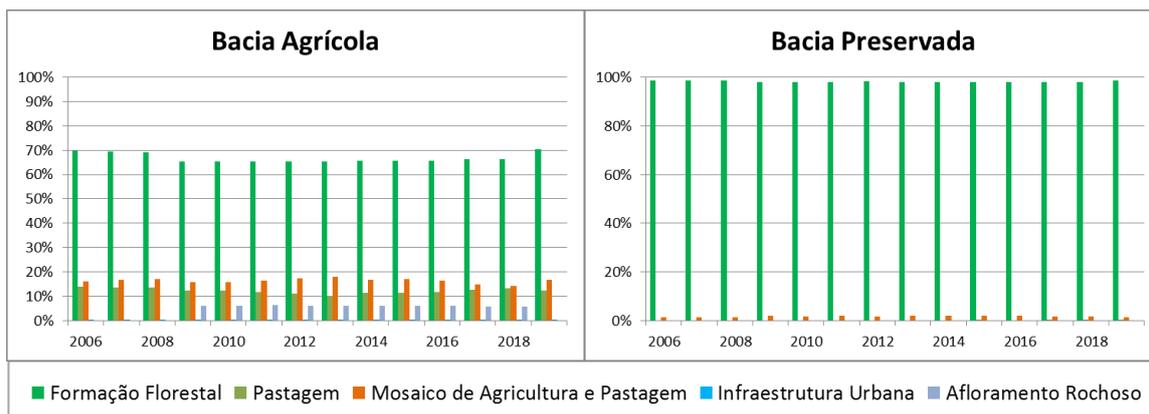


Figura 37, 38, 39 e 40 - Evolução do uso e ocupação do solo na bacia representativa e experimentais com base nas informações do MapBiomas.

Recentemente fomos convidados para participar do comitê científico do Encontro Saúde Ambiental e Conservação o da Biodiversidade organizado pelo ICMBio/PARNASO, CBH Piabanha, CBH Baía da Guanabara, Mosaico Central Fluminense, CTEA/CONPARNASO, CT Pesquisa CONPARNASO-MCF que será realizado entre os dia 30 de novembro e 5 de dezembro de 2020. O PARNASO é um parceiro antigo do projeto já que parte da área de estudo do projeto encontra-se inserida na área do Parque nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO).

O orçamento médio anual de custeio do projeto é de cerca de R\$ 140.000,00 (cento e quarenta mil reais) e de pessoal é na ordem R\$380.00,00 (trezentos e oitenta mil reais). Entretanto, para o ano de 2020, o projeto sofreu um grande corte orçamentário de cerca de 50% do custeio impactando na execução de suas atividades.

## 9. BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

ALVERGA, L. H. M. **Levantamento e cadastro de bacias experimentais no Brasil**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M. D.; FERNANDES, N. F.; MOREIRA, D. M.; SANTOS, S. C. dos; BARROS, P. S. T.; NEGREIROS, A. B.; ROTUNNO FILHO, O.; ARAÚJO, A. A. M.; PRODANOFF, J. H. A.; MASCARENHAS, C. B. Estudos Integrados de Bacias Experimentais Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SBRH, 2007. 1 CD-ROM.

ARNOLD, J. G.; MORIASI, D. N.; GASSMAN, P. W.; ABBASPOUR, K. C.; WHITE, M. J.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; HARMEL, R. D.; VAN GRIENSVEN, A.; VAN LIEW, M. W.; KANNAN, N.; JHA, M. K. Swat: model use, calibration, and validation. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 55, n. 4, p. 1491-1508, 2012.

ERB, 2020 – Objetivos da Rede Euro-Mediterrânea de Bacias Experimentais e Representativas - <https://erb-network.simdif.com/index.html> acesso em outubro/2020.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Chamada pública MCT/FINEP/CT-HIDRO – Bacias Representativas – 04/2005**: Seleção pública de propostas para apoio financeiro a projetos de pesquisa em bacias representativas e experimentais do Brasil. Brasília: FINEP, 2005. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/arquivos\\_legados/fundos\\_setoriais/ct\\_hidro/editais/Chamada\\_Publica\\_MCT\\_FINEP\\_CT\\_HIDRO\\_Bacias\\_04\\_2005.PDF](http://www.finep.gov.br/arquivos_legados/fundos_setoriais/ct_hidro/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_CT_HIDRO_Bacias_04_2005.PDF). Acesso em: out. 2020.

GOODRICH, D.; HELLMAN, P.; MORAN, S.; GARBRECHT, J.; MARKS, D.; BOSCH, D.; STEINER, J.; SADLER, J.; ROMKENS, M.; HARMEL, D.; KLEINMAN, P.; GUNTER, S.; WALBRIDG, M. The USDA-ARS experimental watershed network - evolution, lessons learned, and moving forward. *In*: STRINGER, C. E.; KRAUSS, K. W.; Ken W.; LATIMER, J. S. **Headwaters to estuaries: advances in watershed science and management — Proceedings of the Fifth Interagency Conference on Research in the Watersheds**. March 2-5, 2015, North Charleston, South Carolina. Asheville: Department of Agriculture Forest Service, 2016. p. 54-60.

- HARMEL, R. D.; SMITH, P. K. Consideration of measurement uncertainty in the evaluation of goodness-of-fit in hydrologic and water quality modeling. **J. Hydrol.**, v. 337, p. 326–336, 2007.
- MAGALHÃES, P. S. de S. Estudos e Bacias Representativas e Experimentais – Indispensáveis para o Desenvolvimento e Manejo de Recursos Hídricos, Folhetos – Embrapa Semiárido, 1984.
- MAPBIOMAS. O Projeto: Coleção 5 (1985-2019) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. MAPBIOMAS, c2019. Site. Disponível em: [mapbiomas.org/o-projeto](http://mapbiomas.org/o-projeto). Acesso em: jun. 2020.
- MASCARENHAS, F. B. - Projeto – EIBEX-I - Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – Relatório Técnico Parcial 2 - Chamada Pública MCT/FINEP/CT-HIDRO - Bacias Representativas 04/2005 - COPPETEC-COPPE-UFRJ Colaboração IGEO-UFRJ-UERJ-CPRM-SERLA (INEA).
- MELO, D. C. D.; ANACHE, J. A. A.; ALMEIDA, C.; COUTINHO, J. The Big Picture of Field Hydrology Studies in Brazil. **Hydrol Sci J.**, v. 65, n. 8, p. 1262-1280, 2020.
- PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas acias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- PROJETO GRAEL: Velas içadas para um mundo melhor. Rio de Janeiro, c2018. Site do projeto. Disponível em: <https://www.projetograel.org.br/quem-somos/>. Acesso em: out. 2020.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **CETESB - 50 Anos de Histórias e Estórias**. São Paulo: SMA, 2018.
- SILVA, L. P. da; ROSA, E. U.; SILVA, C. P. P. Caracterização de parâmetros físicos e do saneamento ambiental de bacia experimental representativa localizada na Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 232-244, 2010.
- TOEBES, C.; OURYVAEV, V. **Representative and Experimental Basins: A international Guide for Research and Practice**. Paris: UNESCO, 1970. (Studies and Reports in Hydrology, 4).
- VILLAS-BOAS, M. D. **Ferramentas para avaliação da rede de monitoramento de qualidade de água da bacia do rio Piabanha – RJ com base em redes neurais e modelagem hidrológica**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

VILLAS-BOAS, M. D.; BASTOS, A. O.; ARAÚJO, L. M. N.; SILVA, F. J.; MONTEIRO, A. E. G. C. Manejo do uso do solo como mecanismo regulatório da gestão da qualidade da água - estudo de caso: a bacia do rio Piabanha. *In: IWRA WORLD WATER CONGRESS*, 14., 2011, Porto de Galinhas. **Anais** [...]. [Ipojuca]: IWRA, 2011.

VILLAS-BOAS, M. D.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. G. P.; HENRIQUES, M. P.; RIBEIRO, M. J.; MEDEIROS, A. D.; AZEVEDO, J. P. S.; OLIVERA, F. O. Os 10 anos do projeto institucional da CPRM: Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Região Serrana/RJ – conquistas e desafios futuros. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABRH, 2017.

Em Editoração