

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA



Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Mata Atlântica

Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Dezembro 2021

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

Relatório de Atividades

Departamento de Hidrologia

Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas – Mata Atlântica

ÁREA: RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS
SUBÁREA: PESQUISA E INOVAÇÃO

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Mariana Dias Villas Boas

Rio de Janeiro, dezembro de 2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Claudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Antônio Machado Neto

Décio Goulart

Janaina Pires da Silva

João Pedro Costa da Silva

Marcelo Parente Henriques

Marcio Junger Ribeiro

Mariana Dias Villas Boas

Apoio:

Jefferson Santana Melo

Michele Bruna de Souza do Nascimento

Rubens Esteves Kenup

**PROJETO ESTUDO INTEGRADO EM BACIAS EXPERIMENTAIS E
REPRESENTATIVA – MATA ATLÂNTICA**

(Relatório de Atividades N° 1 – Ano 2021)

REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORES

Mariana Dias Villas Boas

FOTOS DA CAPA: Logomarca do projeto

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

V726	Villas Boas, Mariana Dias. Estudos integrados em bacias experimentais e representativas – Mata Atlântica : área : recursos hídricos superficiais, subárea : pesquisa e inovação / Mariana Dias Villas Boas ; realização Divisão de Hidrologia Aplicada. – Rio de Janeiro : CPRM, 2021. 1 recurso eletrônico : PDF. – (Relatório de atividades – ano 2021 ; 1) 1.Hidrologia. 2.Pesquisa. I. Villas Boas, Mariana Dias. II. Título. III. Série. CDD 551.48
------	---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Jéssica dos Santos Gonçalves CRB-7/6681

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - CPRM
www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

APRESENTAÇÃO

As Bacias Representativas podem ser definidas como bacias hidrográficas intensamente monitoradas que representariam o comportamento das variáveis hidroclimáticas de uma região considerada homogênea do ponto de vista hidrológico.

Já as Bacias Experimentais correspondem a sub-bacias de uma bacia hidrográfica que se pretende estudar, normalmente com uso do solo predominante, nas quais informações em relação à cobertura do solo, tipo de solo e características hidrológicas são muito bem conhecidas (TOEBES AND OURYVAEV, 1970).

A CPRM iniciou os estudos em Bacias Experimentais e Representativas em 2007, numa iniciativa conjunta com universidades e agências públicas de fomento a fim de compreender o comportamento hidrológico nos principais biomas brasileiros dentre os quais se insere o projeto institucional “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas - EIBEX: Mata Atlântica Fluminense”

RESUMO

O projeto institucional “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas - EIBEX: Mata Atlântica Fluminense” 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 quantitativa inserida numa bacia representativa da bacia do rio Piabanha. Nessa região são desenvolvidos estudos na área de hidrologia, com ênfase em climatologia, qualidade da água, solos e GIS, com uso de diferentes tecnologias de medição de dados. No ano de 2021, os resultados do projeto foram impactados pelas questões sanitárias pandêmicas mundiais. As atividades desenvolvidas concentraram-se na organização do banco de dados e consistência dos dados pluviométricos; treinamento da equipe; produção da página eletrônica do projeto e disponibilização dos dados; interação com o Comitê de Bacias do Piabanha e com o INEA – Instituto do Ambiente do Rio de Janeiro e estudos para detalhamento do uso e ocupação do solo, consistência e análise dos dados de qualidade de água e avaliação do comportamento pluviométrico da bacia com base em inteligência artificial. As campanhas de campo foram realizadas apenas no último trimestre do ano.

ABSTRACT

The project "Integrated Studies in Experimental and Representative Basins - EIBEX: Fluminense Atlantic Forest" aims to evaluate the hydrological behavior in a region with natural Atlantic Forest biome, in areas of agricultural and urban occupation, at the scale of an experimental basin, based on the operation of a quantitative hydrometeorological monitoring network inserted in a representative basin of the Piabanha river basin. In this region, studies are carried out in the area of hydrology, with an emphasis on climatology, water quality, soils and GIS, using different data measurement technologies. The activities developed focused on the organization of the database and consistency of rainfall data; team training; production of the project's website and availability of data; interaction with the Piabanha Basins Committee and with INEA - Institute of the Environment of Rio de Janeiro and studies to detail the use and occupation of the soil, consistency and analysis of water quality data and evaluation of the rainfall behavior of the basin based on artificial intelligence. In the year 2021, the project's results were impacted by pandemic health issues worldwide. Though, the project activities were focused on the organization of the database and rainfall data consistency; team training; development of the project's website and data availability; interaction with the Piabanha Basins Committee and with INEA - Institute of the Environment of Rio de Janeiro and, also, studies to detail the use and occupation of the soil, consistency and analysis of water quality data and evaluation of the rainfall behavior of the basin based on artificial intelligence. The field campaigns were carried out only on the last three months of the year.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. Atividades realizadas	16
3. CONCLUSÕES	42
4. Referências Bibliográficas.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo	13
Figura 2 - Equipe envolvida no projeto EIBEX – MA durante uma das reuniões por vídeo conferência (Mariana Villas Boas, Marcelo Parente, João Pedro, Janaina da Silva, Antônio Machado, Márcio Junger, Michele do Nascimento, Décio Goulart e Rubens Kenup).....	16
Figuras 3 e 4 - Estação Parque Petrópolis antes e depois da manutenção.	17
Figuras 5 e 6- Estação Parque Petrópolis antes e depois da manutenção.	17
Figura 7 - Técnicos do ERJ e da SUREG/SP durante a instalação de um lance de réguas que havia sido levado pela cheia na estação Poço Casinho.	18
Figura 8 – Amostra coletada na primeira campanha de qualidade da água do projeto EIBEX-MA.	18
Figura 9 e 10 - Coleta de amostras na estação	19
Figura 11 – Manutenção da PCD na Estação Poço Tarzan.....	20
Figura 12 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Agrícola resultado da classifica	22
Figura 13 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros Nitrato, DQO, OD, Sólidos em Suspensão e Ferro.	26
Figura 14 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros DBO, Turbidez, Sulfato Zinco e Alumínio.	27
Figura 15 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros Fosfato e Nitrogênio Amoniacal.....	28
Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo em 2019 (SILVA, 2020).	30
Figuras 17, 18, 19 e 20 - Box-plots dos parâmetros OD, DBO, Nitrogênio Amoniacal e Nitrato.	32
Figura 21 - Carga média de DBO anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.	33

Figura 22 - Carga média de nitrogênio amoniacal (NH₄⁺) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.....	33
Figura 23 - Carga média de nitrato (NO₃) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.	34
Figura 24 - Equação de regressão entre carga esp. de DBO e % área em IU em Liceu	35
Figura 25 - Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em Liceu.	35
Figura 26 - Equação de regressão entre carga esp. de NO₃ e % área em MAP em PT.	36
Figura 27 - Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em PT	36
Figura 28 - Página do projeto EIBEX-MA com a disponibilização dos dados....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações da Rede de Monitoramento do projeto EIBEX-MA.....	14
Tabela 2 - Coeficiente Kappa	22
Tabela 3 - Equações regionais para as regiões homogêneas da Bacia-58 (MELLO <i>et al.</i> , 2017).....	38
Tabela 4 - Estações utilizadas para a definição do modelo de Redes neurais para a Bacia do rio Piabanha	38
Tabela 5 - Variáveis hidrológicas das estações da bacia representativa do Piabanha que foram utilizadas para aplicação do modelo de redes neurais definido através da metodologia proposta.....	38
Tabela 6 - Resultados do ajuste dos modelos de regressão linear e redes neurais para a bacia do rio Piabanha.....	39
Tabela 7 – Resultados da aplicação da metodologia proposta (redes neurais) comparados à metodologia original (regressão linear)	40

1. INTRODUÇÃO

O projeto institucional “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas - EIBEX: Mata Atlântica Fluminense (EIBEX-MA)” 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 área de estudo consiste em uma bacia representativa, de cerca de 400 km², inserida na bacia do rio Piabanha (afluente do rio Paraíba do Sul), que ocupa uma área de aproximadamente 2.050 km², a maior parte inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Dentro desta área, 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 em área de ocupação urbana, respectivamente, com as seguintes áreas: 47 km², 30 km² e 13km². A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

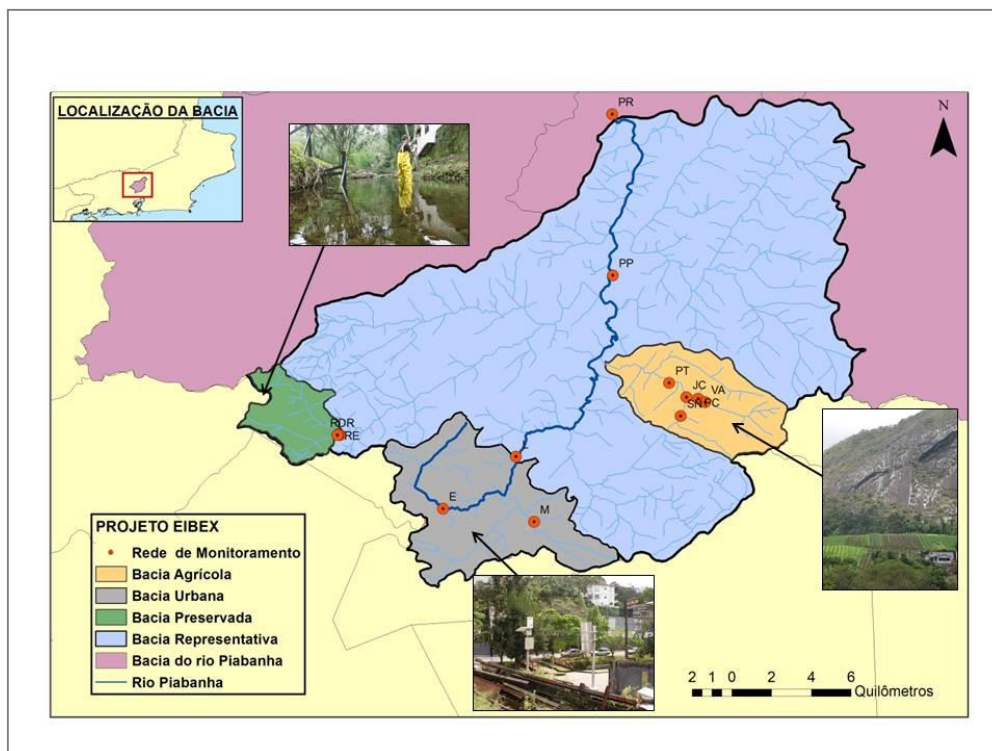


Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.

A avaliação do comportamento hidrológico da bacia representativa tem como base uma rede de monitoramento hidrometeorológica que, atualmente, conta

com 13 estações, conforme apresentado na Tabela 1. Atualmente, as estações contam com medições convencionais - pluviômetro (P) e réguas limnimétricas (P) - 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) a cada dois meses e medições de qualidade de água (Q) com frequência variável de acordo com o estudo. Os dados de monitoramento podem ser encontrados em na página do Projeto EIBEX-MA (<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Pesquisa-e-Inovacao/Mata-Atlantica-Fluminense---Dados-do-Projeto-e-Arquivos-Vetoriais-6645.html>).

Tabela 1 – Estações da Rede de Monitoramento do projeto EIBEX-MA.

ESTAÇÃO	SIGLA	TIPO	Codigo FLU	Codigo PLU	BACIA EXPERIMENTAL	CURSO D'AGUA	LATITUDE	LONGITUDE
Pedro do Rio	PR	PPRFDFrQT	58405000	2243012	-	Rio Piabanha	22° 24' 19"	43° 08' 00"
Pq.Petropolis	PP	CFDFrQT	58400250	2243286	-	Rio Piabanha	22° 30' 39"	43° 12' 37"
Esperança	E	PPRFDFrQ	58400010	2243287	URBANA	Rio Piabanha	22° 29' 14"	43° 10' 38"
Liceu	L	PPRFDFrQT	58400050	2243289	URBANA	Rio Piabanha	22° 31' 00"	43° 10' 08"
Morin	M	PPRFDFrQ	58400030	2243288	URBANA	Rio Palatinado	22° 27' 14"	43° 06' 28"
Rocio 2 - Ponte	R	FDQ	58400212	****	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 38,70"	43° 15' 24,60"
Rocio 2 - D	RD	PPRFDFrT	58400210	2243302	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 38,86"	43° 15' 28,95"
Rocio 2 - E	RE	FDfr	58400211	*****	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 37,69"	43° 15' 27,66"
Poço Tarzan	PT	PPRFDFrQT	58400110	2243290	AGRÍCOLA	Rio Bonfim	22° 27' 39,6"	43° 05' 40,8"
Poço do Casinho	PC	FDfrQ	58400104	****	AGRÍCOLA	Rio Açú	22° 27' 37,19"	43° 05' 59,76"
Joao Christ	JC	FDQ	58400108	****	AGRÍCOLA	Rio Alcobaça	22° 19' 56"	43° 08' 01"
Vila Açú	VA	PPR	****	2243301	AGRÍCOLA	****	22° 27' 45,20"	43° 05' 29,30"
Sítio das Nascentes	SN	C	****	2243291	AGRÍCOLA	****	22° 28' 7,63"	43° 06' 9,21"

O Projeto EIBEX-MA 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. Essa estrutura implica, objetivamente, nas seguintes linhas de ação:

I – Campanhas de operação da rede hidrometeorológica - 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.

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

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

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 desenvolver pesquisa com base nos dados produzidos pelo projeto e divulgar o trabalho que é realizado na bacia através de artigos científicos, assim como, fomentar novos estudos por meio de editais de pesquisa.

Atualmente, estão envolvidos no projeto: 2 Pesquisadores em Geociências, 4 Técnicos em Geociências, 1 Analista 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. A Figura 2 apresenta o registro de uma das reuniões realizadas durante o anos de 2021 utilizando a plataforma do Google Meet.



Figura 2 - Equipe envolvida no projeto EIBEX – MA durante uma das reuniões por vídeo conferência (Mariana Villas Boas, Marcelo Parente, João Pedro, Janaina da Silva, Antônio Machado, Márcio Junger, Michele do Nascimento, Décio Goulart e Rubens Kenup).

2. ATIVIDADES REALIZADAS

2.1 - Campanhas

Devido às restrições causadas pela pandemia da COVID 19 as campanhas de campo do projeto foram realizadas apenas no último trimestre do ano. A primeira campanha de campo, após o início da pandemia, foi realizada em outubro de 2021. As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram o estado que as estações Parque Petrópolis e Poço Tarzan, respectivamente, se encontravam ao serem visitadas e após a manutenção.



Figuras 3 e 4 - Estação Parque Petrópolis antes e depois da manutenção.



Figuras 5 e 6 - Estação Parque Petrópolis antes e depois da manutenção.

A. Operação da rede hidrometeorológica

A campanha de operação da rede hidrometeorológica foi realizada período de 06 a 16 de dezembro de 2021 por técnicos da Superintendência Regional de São Paulo em conjunto com os técnicos do Escritório do Rio de Janeiro (Figura 7) com o objetivo de realizar a manutenção das estações (limpeza, instalação e nivelamento de réguas, pintura de cercados, etc.), levantamento de seção transversal e a medição de vazão.



Figura 7 - Técnicos do ERJ e da SUREG/SP durante a instalação de um lance de réguas que havia sido levado pela cheia na estação Poço Casinho.

B. Operação da rede de monitoramento de QA

A primeira campanha de coleta de amostras de qualidade de água foi realizada em novembro de 2021 de maneira parcial com a análise apenas dos parâmetros realizada pelo LAMIN – Laboratório do SGB/CPRM. A Figura 8 mostra a preparação da frascaria de uma das amostras coletadas durante a campanha. Foram coletadas amostras nas 9 estações fluviométricas das Rede.

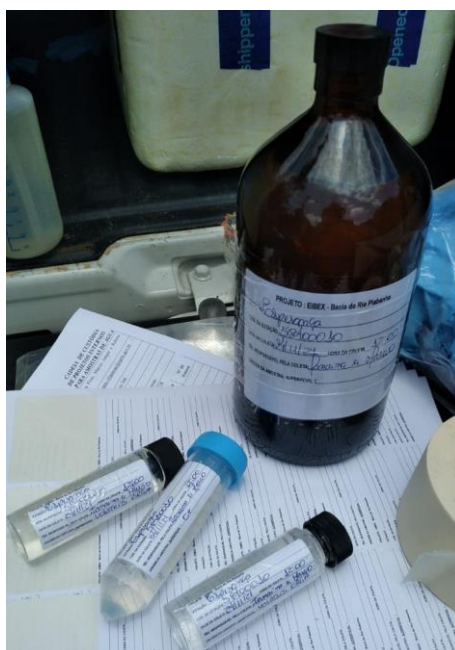


Figura 8 - Amostra coletada na primeira campanha de qualidade da água do projeto EIBEX-MA.

A segunda campanha será realizada no período de 14 a 16 de dezembro de 2021. As Figuras 9 e 10 apresentam a equipe coletando as amostras na estação Esperança e preparando a frascaria na estação Poço Casinho.



Figuras 9 e 10 - Coleta de amostras na estação.

C. Manutenção dos equipamentos automáticos e campanhas eventuais

No ano de 2021, foram realizadas duas campanhas de manutenção de equipamentos automáticos nos meses de outubro e novembro de 2021 a fim de baixar os dados acumulados no período assim como verificar a necessidade de troca de peças ou configuração dos equipamentos. A Figura 11 corresponde à manutenção da Plataforma de Coleta de Dados – PCD da estação Poço Tarzan.



Figura 11 - Manutenção da PCD na Estação Poço Tarzan.

2.2 – Linhas de Pesquisa - ESTUDOS

Em 2021, foi possível o avanço em três linhas de pesquisa no Projeto EIBEX-MA: qualidade de água, mapeamento de uso e ocupação do solo e inteligência computacional. Os resultados foram apresentados no XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos através de quatro artigos científicos que já se encontram disponíveis no RIGeo.

A) Mapa de uso e ocupação da bacia experimental agrícola utilizando o ENVI (SILVA *et al.*, 2021b)

A compreensão dos impactos dos diferentes usos do solo no comportamento hidrológico do Bioma Mata Atlântica é um dos objetivos do Projeto EIBEX-MA. A agricultura é um dos principais usos da bacia do Piabanha. Dessa forma, a partir da utilização do software Environmental for Visualizing Images (ENVI) em sua versão 5.6 e de imagens de sensoriamento remoto foi realizada a classificação de uso e ocupação do solo da bacia agrícola experimental a fim de encontrar pixels que caracterizassem áreas, principalmente as de cultivo. O detalhamento desse uso proporciona uma melhor aplicação de modelos hidrológicos e de qualidade da água contribuindo para a caracterização da disponibilidade hídrica da bacia.

Para o mapeamento de uso detalhado foi adquirida a imagem do satélite Sentinel 2B referente à passagem sobre a bacia em novembro de 2019 através da

disponibilização pelo site do projeto Copernicus. A sua resolução espacial é de 10 metros para a banda do visível e infravermelho e 13 bandas ao total (EMBRAPA, 2021), sendo uma das melhores opções gratuitas disponíveis (Tabela 1). Além disso, ela é do tipo 1C, ou seja, corrigida no topo da atmosfera. O satélite tem taxa de revisita de 10 dias.

A opção de se trabalhar com a imagem de novembro de 2019 se deu motivado pela equivalência da imagem no programa Google Earth ser da mesma época sobre a região. Devido à pandemia causada pelo SARS-CoV-2, conhecido popularmente como novo coronavírus, não se pode fazer um trabalho de campo para reconhecimento e detalhamento da área, tirando proveito das imagens do Google Earth como suporte. O conhecimento empírico prévio da região estudada é fundamental para entender a dinâmica da distribuição espacial, possuindo uma relação direta entre a eficácia do mapeamento e o conhecimento do interpretador em relação à área de estudo.

O resultado foi o mapa apresentado na Figura 12. Após os resultados obtidos conclui-se que foi obtida uma melhor classificação para a região da bacia agrícola, havendo um real detalhamento na área agrícola e a detecção de afloramentos rochosos, além do descarte da classe pastagem, não encontrada na região.

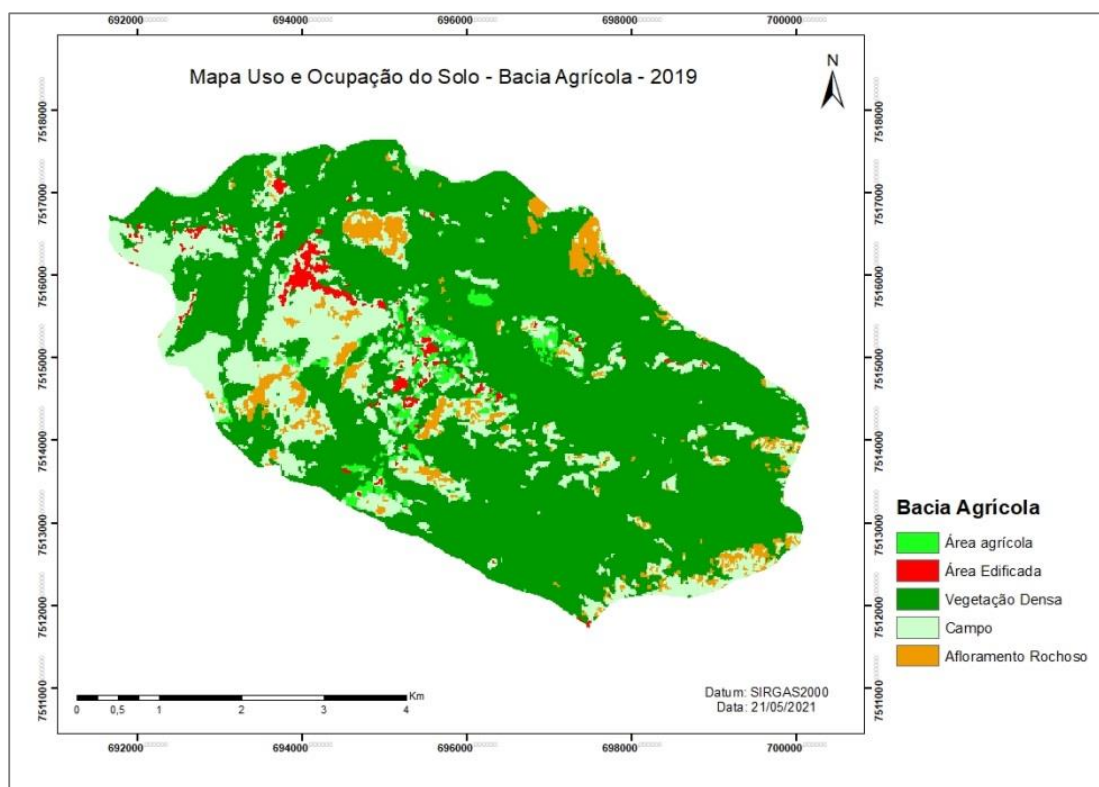


Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Agrícola resultado da classifica.

O coeficiente Kappa retornou bons resultados, porém o produto ainda não é considerado satisfatório na visão da equipe, principalmente se tratando da classe Afloramento Rochoso, menos representada do que a realidade, e Vegetação Densa, o inverso (Tabela 2). Por ser em um vale, presume-se que a região precise de maior destaque aos afloramentos rochosos, diminuindo em contrapartida o percentual de vegetação densa. O êxito obtido neste momento estimula o aprimoramento do trabalho.

Tabela 2 - Coeficiente Kappa.

2019	Kappa Coefficient = 0.9515					Overall Accuracy = (12492/12655) 98.7120%
Ground Truth (Percent)						
Classes	Área Agrícola	Afloramento Rochoso	Campo	Área Edificada	Vegetação Densa	
Unclassified	0	0	0	0	0	
Área Agrícola	88,5	0	0,59	0	0	
Afloramento Rochoso	0	87,09	0,82	0	0	
Campo	9,73	4,43	95,29	5,03	0	
Área Edificada	0	0	2	94,97	0	
Vegetação Densa	1,77	8,48	1,3	0	100	
Total	100	100	100	100	100	

Dessa forma, com a retomada das campanhas de campo pretende-se no futuro fazer levantamentos de campo e, caso possível, fazer aquisição de imagens com melhores definições. Recomenda-se também o uso de drones para obtenção de melhor detalhamento da área agrícola.

B) Avaliação dos Dados Monitorados de Qualidade da Água usando a detecção de Outliers (NASCIMENTO *et al.*, 2021)

Na área de qualidade de água, um dado considerado *outlier*, pelas metodologias de detecção normalmente aplicadas, nem sempre significa um erro ou uma anomalia. Por isso, esses dados devem ser analisados de forma cuidadosa antes de serem excluídos da série de dados consistidos.

Dessa forma, a metodologia de avaliação dos dados de qualidade de água da bacia representativa do Rio Piabanha consiste na detecção de *outliers*, de modo a avaliar os dados e compreender possíveis tendências na qualidade da água, a partir da delimitação de zonas de normalidade e anormalidade utilizando como base as bacias experimentais e representativa definidas para o Projeto EIBEX - MA.

A metodologia proposta tem como base método de Tukey, ou mais conhecido como boxplot (FIGUEIREDO FILHO; SILVA, 2016), onde são definidos os limites inferior (L_{inf}) e superior (L_{sup}), a partir dos quais um dado é considerado *outlier*, utilizando o intervalo interquartil (IQR). O intervalo interquartil dá-se pela diferença entre o primeiro (Q1) e terceiro quartil (Q3), onde Q1, representa um quarto ou 25% de todos os dados e o Q3 representa três quartos ou 75% de todos os dados considerados na série temporal.

$$IQR = Q3 - Q1 .$$

É utilizado um fator de 1,5 sobre o IQR para determinar os limites a partir das equações abaixo:

$$L_{inf} = Q1 - (1.5 * IQR)$$

$$L_{sup} = Q3 + (1.5 * IQR)$$

O intervalo interquartil mostra como os dados são espalhados sobre a mediana. É menos suscetível do que o intervalo a valores discrepantes e pode, portanto, ser mais útil.

A metodologia desenvolvida teve como base:

- Análise estatística/comparativa dos dados observados e da bibliografia;

- Organização dos dados disponíveis da bacia experimental e representativa para cada estação.
- Cálculos dos limites inferiores e superiores (25% e 75%) de cada parâmetro em três diferentes níveis: estação de monitoramento, bacia experimental e representativa. Assim para o nível de estação são utilizados a série de dados da estação, para o nível de bacia experimental são considerados os dados de todas as estações inseridas na bacia experimental e para o nível de bacia representativa são considerados os dados de todas as estações, ou seja, das nove estações consideradas no estudo.
- Avaliação de cada dado é feita de acordo com os três níveis: em normal e anormal para cada estação. Os dados anormais serão aqueles que extrapolam os níveis. Os dados que só ultrapassam um ou dois níveis são considerados normais, sendo que aqueles que ultrapassam dois níveis devem ser acompanhados, pois podem representar uma mudança de tendência na qualidade de água da estação.

Primeiramente, foram selecionados 12 (doze) parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); alumínio (Al); ferro (Fe); zinco (Zn); nitrato (NO₃); nitrogênio amoniacal (NH₄⁺); fosfato (PO₄); sulfato (SO₄); sólidos em suspensão; e turbidez analisados nas 9 (nove) estações de qualidade de água do Projeto EIBEX-MA durante o período de 2009 a 2019 resultado de 59 campanhas de coleta de amostras.

Analisando os dados através dos gráficos e sabendo-se que a qualidade das águas muda ao longo do ano, devem ser considerados fatores importantes, como eventuais sazonalidades, entre eles, chuva, despejam de efluentes e vazões. Assim, para a análise exploratória comparativa da presença de cada parâmetro ao longo do tempo na bacia foram construídos gráficos relacionando as concentrações dos parâmetros de cada estação e os limites calculados através da metodologia proposta.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 apresentam os gráficos das estações de monitoramento para os 12 parâmetros selecionados agrupados por bacia experimental. Os pontos representam os valores das concentrações do parâmetro e as linhas os limites calculados, nos três níveis propostos, para

orientar a definição de dados espúrios e identificar tendências de alteração na qualidade da água.

Vê-se que alguns parâmetros, tendem a mostrar dados fora dos limites das bacias, como DBO e Sólidos em Suspensão, principalmente na agrícola e urbana. Podemos atribuir este resultado, ao fato desses parâmetros, estarem ligados diretamente ao despejo de efluentes não tratados.

Na estação João Christ, para o parâmetro Nitrato, nota-se dois pontos fora do limite máximo da bacia agrícola e das estações, mas dentro do limite da bacia representativa. Dessa forma, esses dados são considerados normais, porém podem representar uma mudança de comportamento da qualidade de água.

Por outro lado, na mesma estação de João Christ, para o parâmetro NH_4^+ , observa-se apenas um ponto fora de todos os limites, sendo este quase 800 vezes maior que os outros. Assim esse dado pode ser considerado um *outlier*, que pode ter ocorrido, por exemplo, devido a um erro na conversão de unidade.

Vemos outros casos semelhantes, como na estação de Poço Tarzan nos parâmetros Sulfato e Zinco, na estação Rocio no parâmetro Sólido em Suspensão e na estação Morin, no parâmetro Nitrato. Estes dados podem ser retirados para análises mais profundas, como para modelagem e aplicações de técnicas estatísticas multivariadas.

Outro dado interessante é o comportamento de Fosfato nas bacias. A bacia preservada e a agrícola, embora esteja tendo um valor discrepante, onde existe pouca influência industrial e doméstica, tem quase que todos seus valores iguais, variando muito pouco. Apesar de uma das fontes de fosfato ser na cultura agrícola. Já na bacia urbana, os valores variados, já que a região sofre influencia de efluentes domésticos, e industriais. Sabe-se que o esgoto é uma das principais fontes de fosfato, devido aos detergentes e sabões.

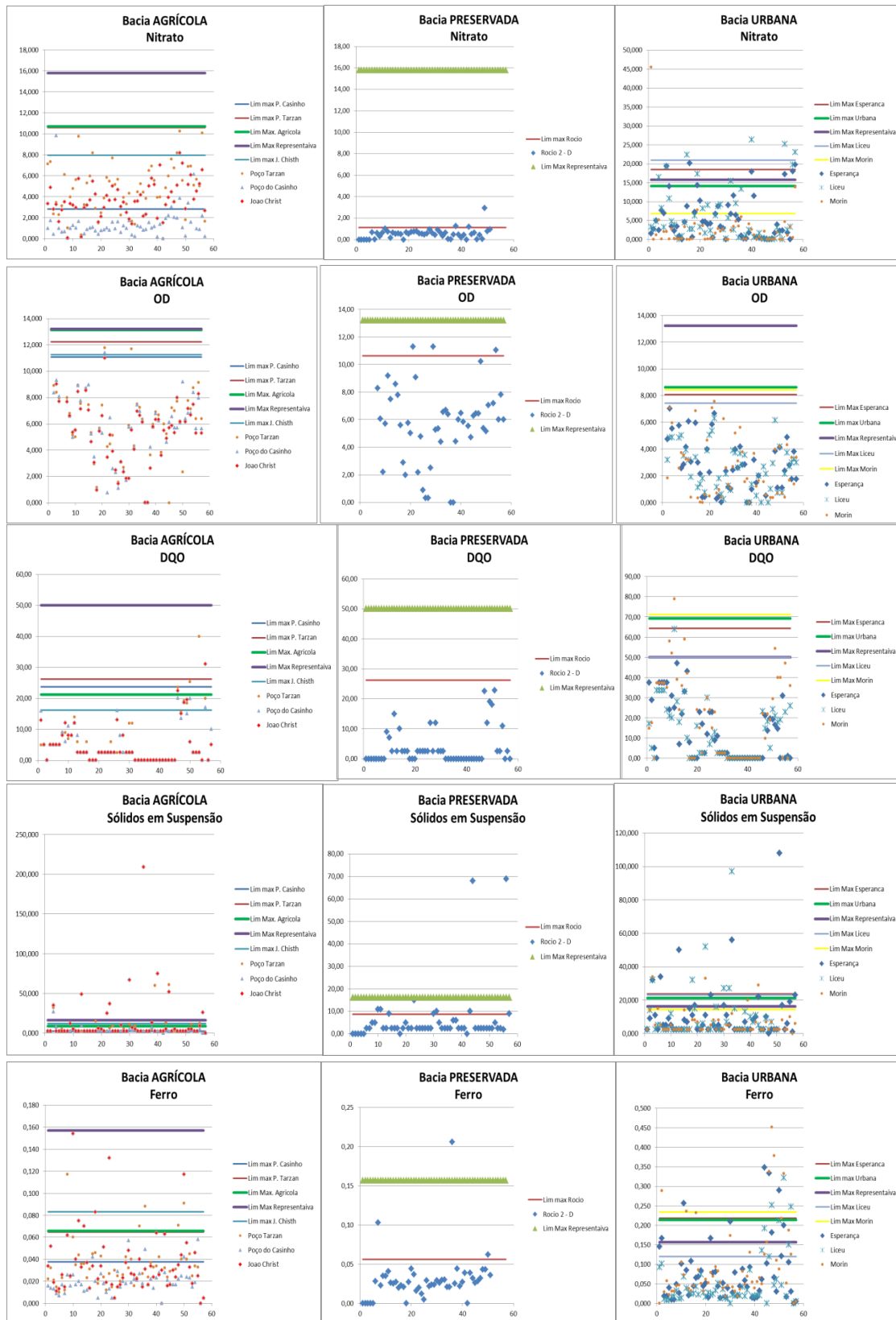


Figura 13 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros Nitrato, DQO, OD, Sólidos em Suspensão e Ferro.

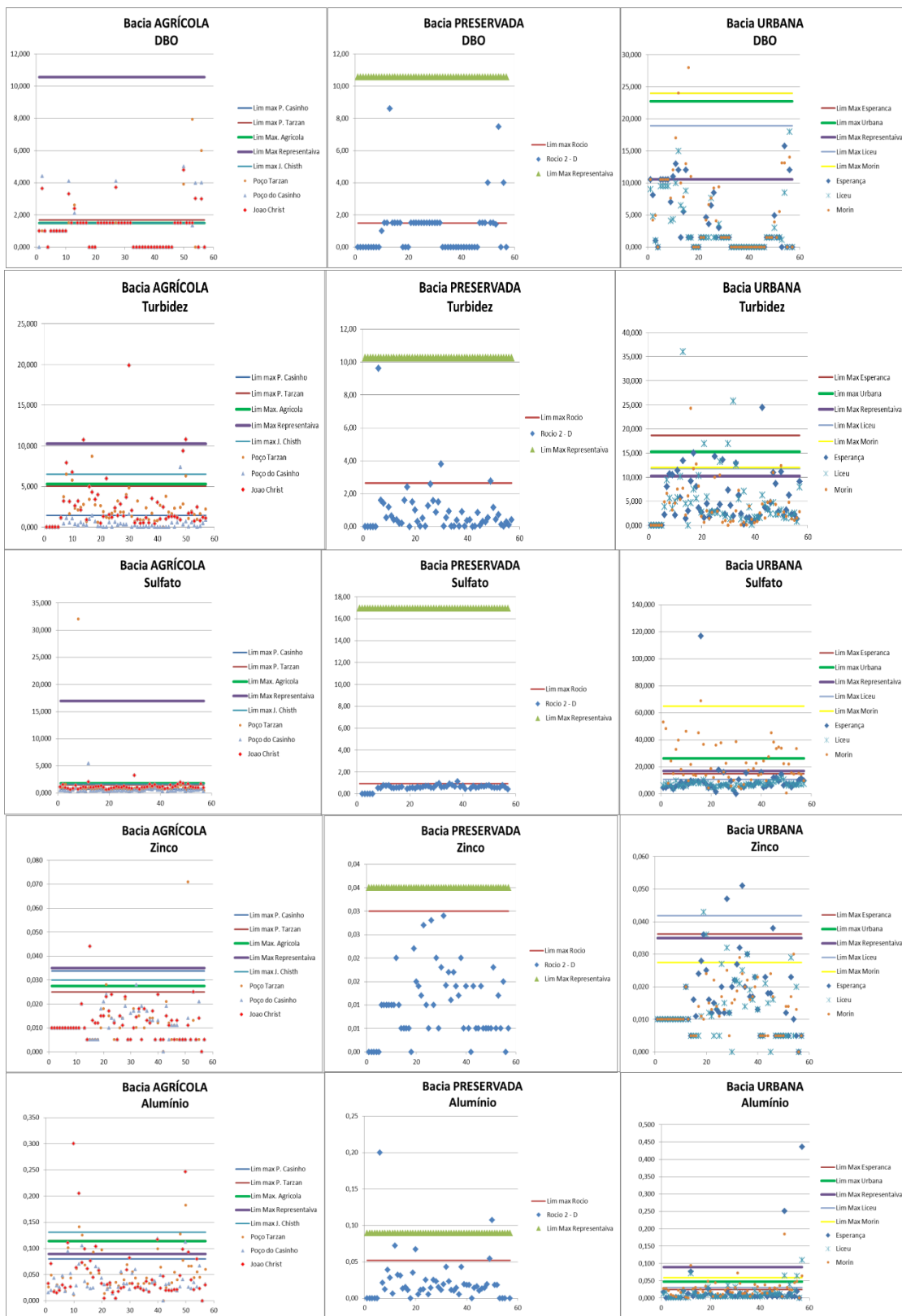


Figura 14 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros DBO, Turbidez, Sulfato Zinco e Alumínio.

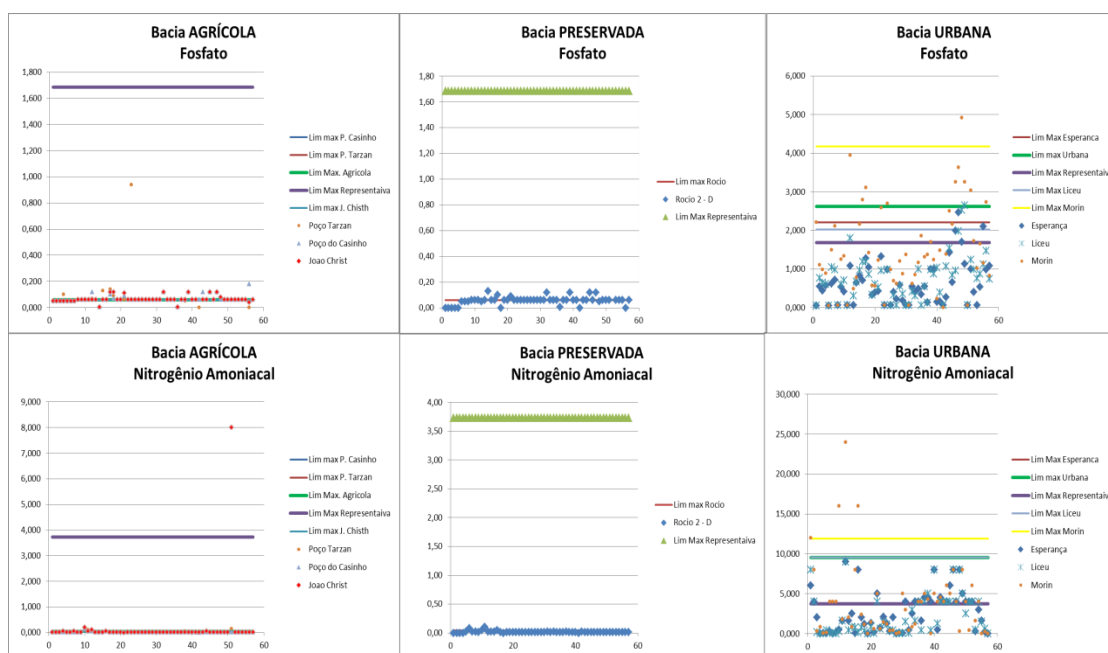


Figura 15 - Gráfico de dados e limites para os parâmetros Fosfato e Nitrogênio Amoniacal.

O método mostrou-se ser de fácil aplicação, rigoroso, que traz uma certeza maior aos resultados. Com os gráficos gerados, examinam-se os valores que estão fora dos limites esperados, principalmente quando estão em grande quantidade.

Observar essas discrepâncias, além de melhorar a geração de resultados, podem trazer melhores práticas das equipes no campo, mudanças de técnicas de obtenção de dados e modernização da obtenção dos dados brutos, que são a base para qualquer estudo e trabalho.

Outro elemento importante que se destaca, é que através deste método, pode-se enxergar até que ponto esses *outliers* são mesmo uma anomalia, e devem ser excluídos da série de dados, ou se eles estão apontando um novo comportamento da qualidade da água do local de referência, já que traz uma linha espaço-temporal e comparativa de fácil visualização.

C) Evolução do uso e a ocupação do solo e impactos na qualidade da água (SILVA *et al.*, 2021)

Em 2021, foi dada continuidade aos estudos da relação entre a evolução temporal do uso e ocupação do solo na bacia representativa do Rio Piabanha e seus impactos na qualidade da água.

Silva (2020) analisou o comportamento de 12 (doze) parâmetros de qualidade de água (QA): oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); alumínio (Al); ferro (Fe); zinco (Zn); nitrato (NO₃); nitrogênio amoniacal (NH₄⁺); fosfato (PO₄); sulfato (SO₄); sólidos em suspensão; e turbidez, para as cinco estações fluviométricas do Projeto EIBEX das bacias: urbana Liceu Carlos Chagas (cod. 58400050), agrícola Poço do Tarzan (cod. 58400110), preservada Rocio 2 – ponte (cod. 58400212), Parque Petrópolis (cod. 58400250) e Pedro do Rio (cod. 58405000), em 50 campanhas de medição in situ e coletas de amostras para análise em laboratório, ao longo do período 2009-2015, sendo, pelo menos, quatro campanhas de amostragem por ano, de forma a cobrir tanto o período chuvoso como o de estiagem na bacia, juntamente com o uso e cobertura vegetal das cinco bacias hidrográficas monitoradas, as três bacias experimentais e duas estações.

A partir desse estudo, os parâmetros mais suscetíveis às mudanças de uso e ocupação do solo foram: OD, DBO, NO₃ e NH₄⁺, que se mostraram os mais suscetíveis a mudanças de uso do solo. Para análise exploratória comparativa da presença de cada parâmetro ao longo do tempo na bacia, os resultados das análises são apresentados em diagramas do tipo box-plot, com indicação de suas estatísticas.

Para avaliação espaço-temporal do comportamento da qualidade de água, são estimadas as cargas dos parâmetros considerando as suas concentrações e as vazões observadas nos dias das coletas, separando os dados do período chuvoso dos dados do período de estiagem, assim considerados: período chuvoso – campanhas dos seis primeiros meses do ano hidrológico, isto é, apenas aquelas dos meses de setembro a fevereiro, e para o de estiagem, considerando apenas as campanhas dos meses de março a agosto, a cada ano.

Para avaliar o uso do solo e cobertura vegetal na bacia, foram utilizados mapas anuais recortados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, denominado MapBiomass. A Figura 16 apresenta a situação do uso e cobertura da bacia em 2019.

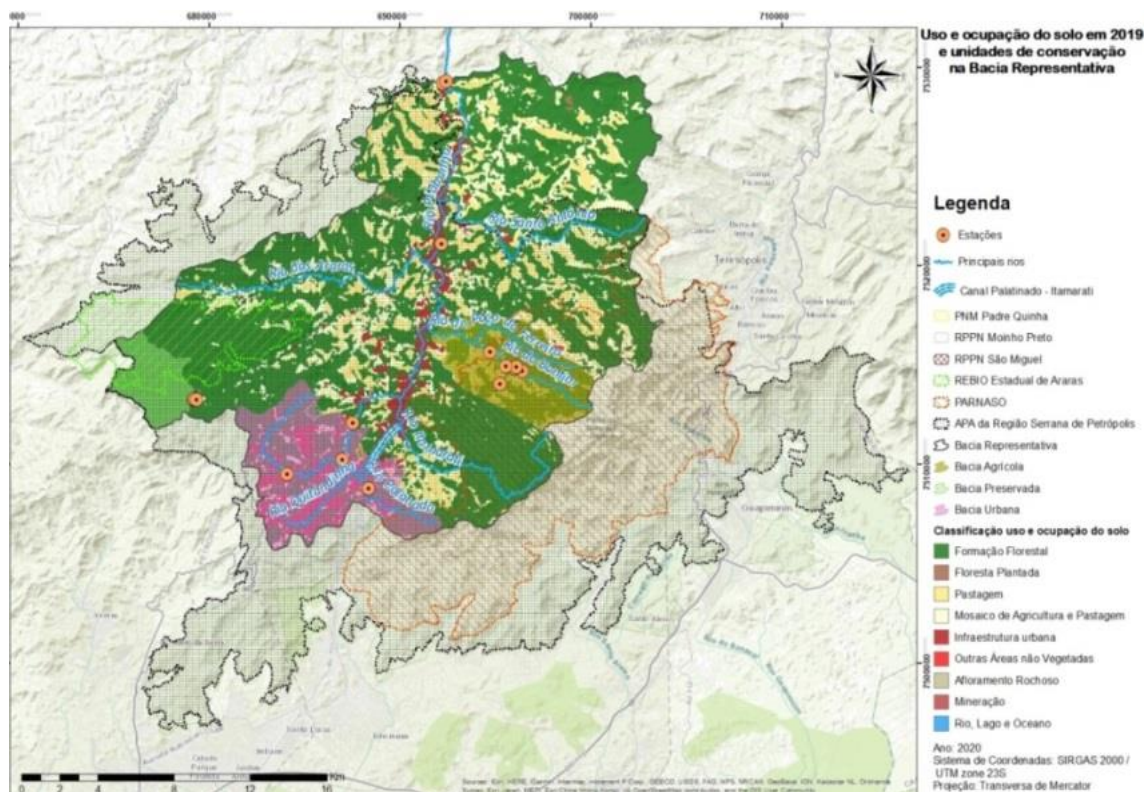


Figura 16 - Mapa de uso e ocupação do solo em 2019 (SILVA, 2020).

Por último, são também verificadas as correlações entre as séries de parâmetros de qualidade de água e a evolução da área de cobertura da bacia sob os diversos usos e cobertura monitorados pelo projeto MapBiomas. Conforme se vê na Figura 16, a maior parte da área da bacia do Piabanha, até Pedro do Rio, é ainda ocupada por florestas, vegetação e áreas naturais com afloramentos rochosos.

Oxigênio dissolvido (OD)

O parâmetro OD, medido in situ, apresenta-se em baixas concentrações para a bacia de Liceu e também em Parque Petrópolis, estações do rio principal com alto percentual de áreas urbanas e onde há diversos pontos de lançamentos de efluentes (Figura 17). As bacias de poço Tarzan e Rocio têm menor presença humana, com pouca urbanização, e há uma perceptível recuperação em Pedro do Rio, após o rio Piabanha receber afluentes com água de melhor qualidade.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

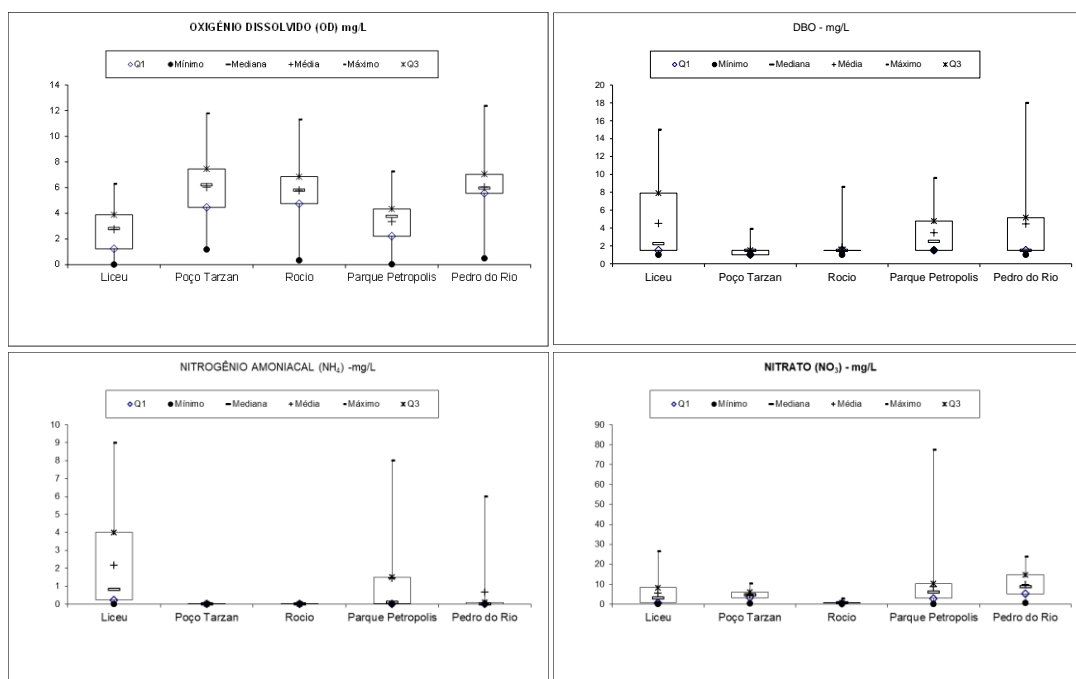
A DBO é a quantidade de oxigênio consumido durante determinado período de tempo à temperatura de incubação específica para oxidar a matéria orgânica, por decomposição microbiana aeróbia (CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020). Comportamento inverso ao do OD ocorre com a DBO nas estações, pelos mesmos motivos (Figura 18).

Nitrogênio amoniacal (NH₄⁺)

A bacia de Liceu apresenta valores superiores de NH₄⁺ e com maior dispersão que todas as outras. Parque Petrópolis também apresenta valor médio superior aos demais locais. Poço Tarzan e Rocio apresentam valores semelhantes de concentração, sendo a média em Rocio inferior. O valor médio em Liceu é mais de 100 vezes maior que a média em Rocio e mais de 30 vezes maior que a média de Pedro do Rio (Figura 19). Essa concentração parece variar com o percentual de infraestrutura urbana.

Nitrato (NO₃)

O limite de concentração de NO₃, estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 para águas doces em geral, é 10mg/L. Na figura 5, vê-se que esse valor foi superado em 25% das amostras de Parque Petrópolis e Pedro do Rio. Foi superado também em oito amostras de Liceu e uma de Poço Tarzan. Todas as amostras de Rocio apresentaram valores, pelo menos, 100 vezes menores. A agricultura na bacia de Poço Tarzan talvez explique as concentrações superiores às de Rocio, conforme se vê no painel da direita da Figura 20.



Figuras 17, 18, 19 e 20 - Box-plots dos parâmetros OD, DBO, Nitrogênio Amônia e Nitrito.

Em seguida, as cargas dos parâmetros foram estimadas determinando-se a sua média anual e, separadamente, as médias dos períodos chuvoso e de estiagem, assim considerados: período chuvoso – campanhas dos seis primeiros meses do ano hidrológico, isto é, apenas aquelas dos meses de setembro a fevereiro, e para o de estiagem, considerando apenas as campanhas dos meses de março a agosto, a cada ano. São apresentadas as estimativas para DBO, NO₃ e NH₄.

No caso da DBO (Figura 21), Os valores são um pouco mais elevados no período de estiagem, em que há menor diluição, e mais baixos no período chuvoso em que há maior oxigenação e aceleração da degradação da matéria orgânica. Percebe-se uma redução da carga em Liceu a partir de 2012. A carga específica alta de DBO na estação Rocio, 2011 em especial, não era esperada por ser área de mata preservada, questão sendo investigada quanto a lançamento de esgotos de alguma residência a montante do ponto de coleta ou mau-funcionamento de fossas sépticas.

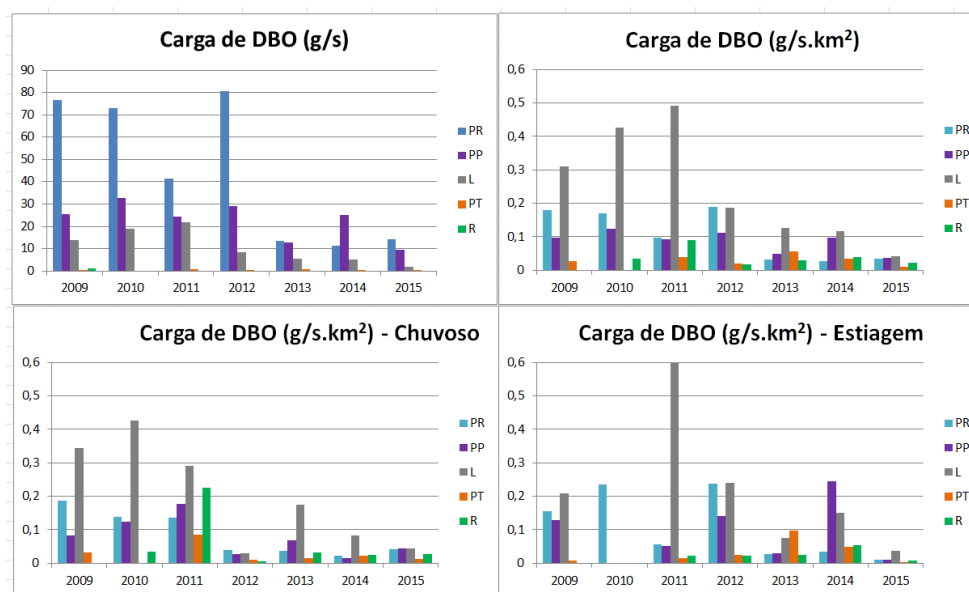


Figura 21 - Carga média de DBO anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.

Para o NH_4^+ (Figura 22), sua origem parece eminentemente urbana, uma vez que bacias preservada e agrícola, Rocio e Poço Tarzan, apresentam cargas médias anuais insignificantes. As cargas apresentam comportamento similar nos períodos chuvoso e de estiagem, reforçando o aspecto pontual da poluição por NH_4^+ que ocorre sem muita correlação com a precipitação.

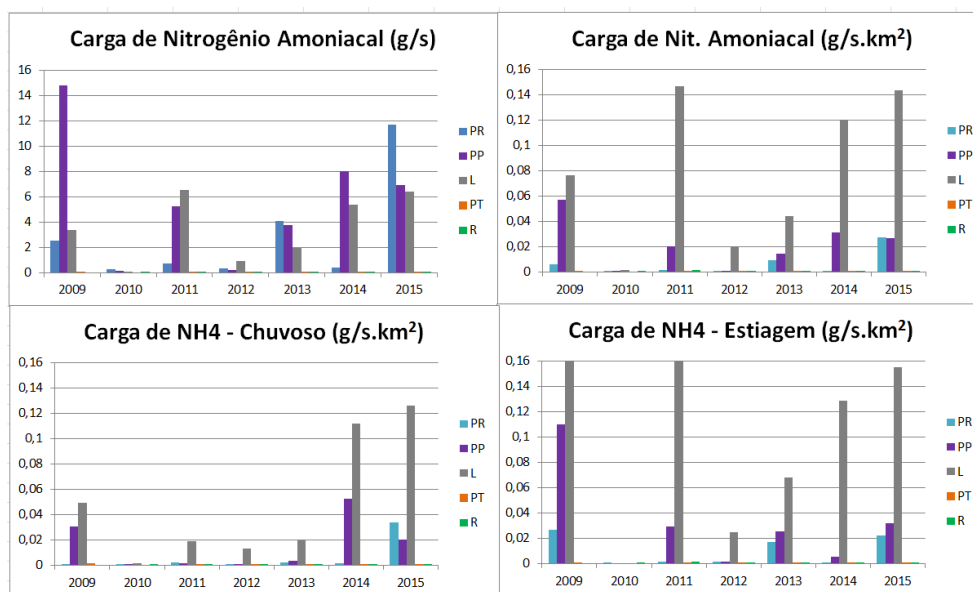


Figura 22 - Carga média de nitrogênio amoniacoal (NH_4^+) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.

As médias das cargas de NO₃ (Figura 23) não variaram ao longo dos anos em Pedro do Rio. Possivelmente, as cargas específicas são altas em Poço Tarzan, pela agricultura, e em Liceu, por esgotos domésticos. Em Parque Petrópolis e Pedro do Rio são altas, possivelmente, por receberem a contribuição da área urbana e da área agrícola. No período chuvoso são maiores em Poço Tarzan, onde podem ser associados com a lavoura como fonte difusa. Em 2014, ano de pouca chuva em toda a bacia, a carga específica em Liceu permaneceu alta, em especial, no período de estiagem quando há menos diluição do poluente, que nessa bacia provém principalmente de fontes pontuais associadas a lançamento de esgotos, mesmo que de efluentes tratados.

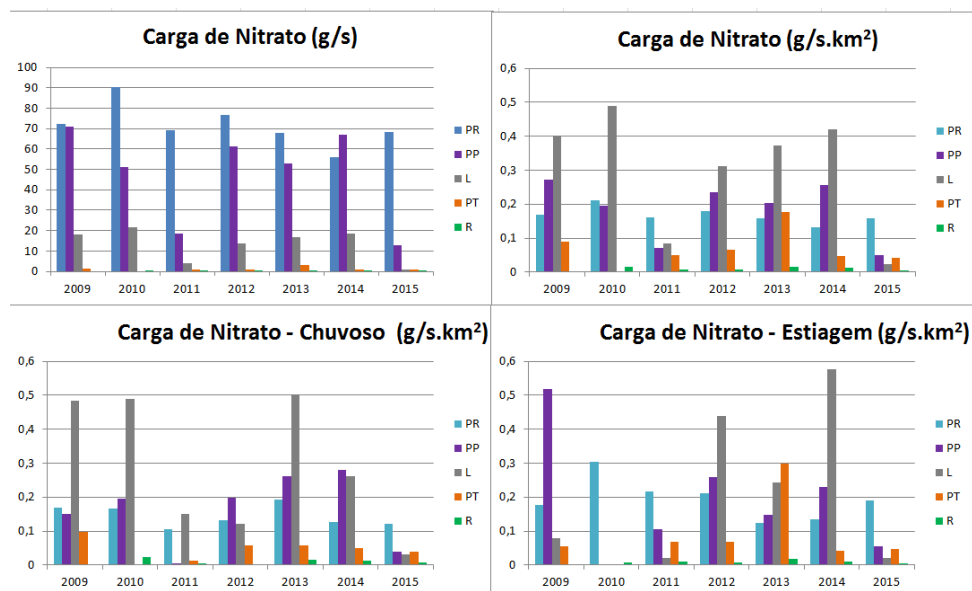


Figura 23 - Carga média de nitrato (NO₃) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.

Por último, foram estudadas as correlações entre as séries de cargas específicas dos parâmetros de QA e variação de percentual de área sob determinado uso e cobertura do solo, no período 2009-2015. Para as correlações significativas (p valor $<0,05$) e consideradas de moderada a forte (coeficiente de correlação de Pearson acima de 0,7 ou abaixo de -0,70) foram ajustadas equações de regressão linear. Como exemplos, são apresentadas as retas de regressão definidas para Liceu, entre carga específica média anual de DBO e percentual de infraestrutura urbana (IU) e para Poço Tarzan, entre carga específica média de estiagem de NO₃ e percentual de mosaico de agricultura e paisagem.

Em Liceu, houve melhoria da qualidade da água, redução da carga de DBO, com o início de operação de duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) em 2012, ainda que com aumento do percentual de infraestrutura urbana em sua bacia de contribuição, em ritmo mais acelerado justamente a partir de 2012. A Figura 24 mostra esse resultado, à primeira vista, inesperado.

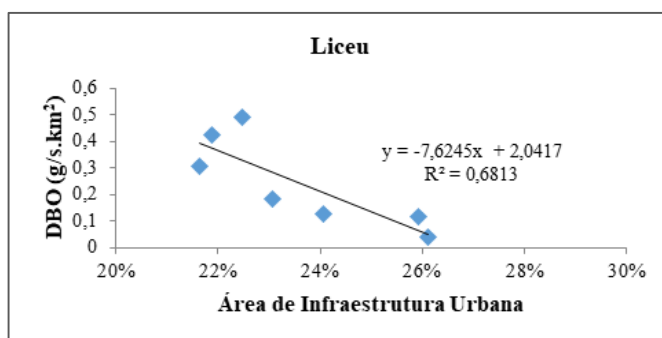


Figura 24 - Equação de regressão entre carga esp. de DBO e % área em IU em Liceu.

Esse aumento de infraestrutura urbana ocorreu sem diminuição do percentual de formação florestal, mas sim em paralelo à diminuição da área de mosaico de agricultura e pastagem, como mostra a Figura 25

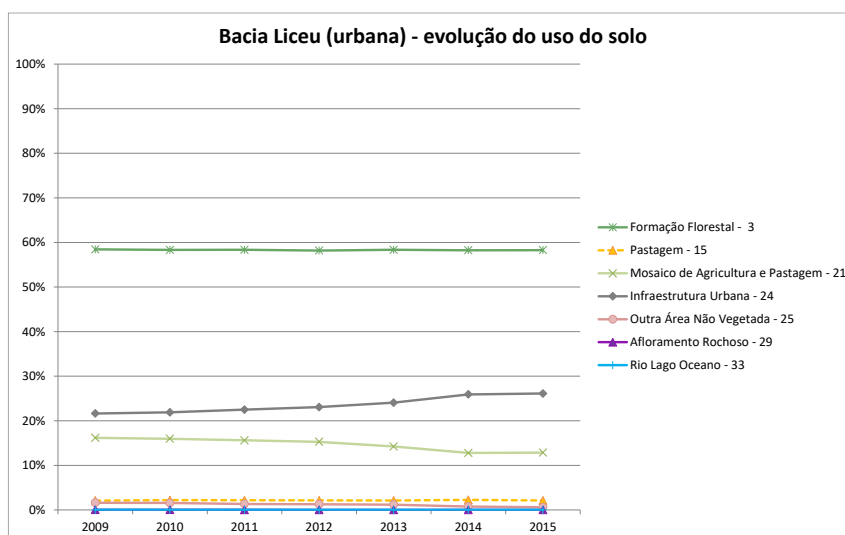


Figura 25 - Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em Liceu.

Em poço Tarzan houve aumento da carga de NO₃ com o aumento da área de mosaico de agricultura e pastagem (Figura 26).

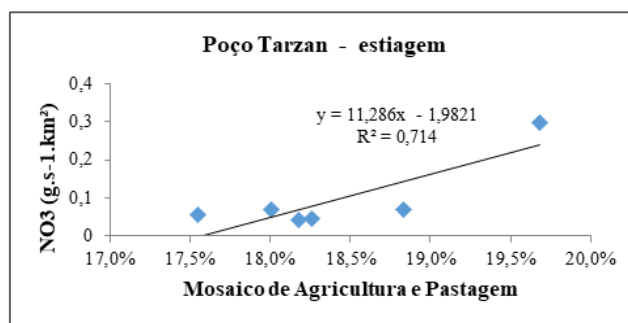


Figura 26 - Equação de regressão entre carga esp. de NO3 e % área em MAP em PT.

Na figura 27, é possível verificar o crescimento do percentual de formação florestal e decréscimo do percentual de pastagem com aumento de mosaico de agricultura e pastagem até 2013 quando, em seguida, este uso parece diminuir com leve recuperação e imediata estabilização do percentual de pastagem.

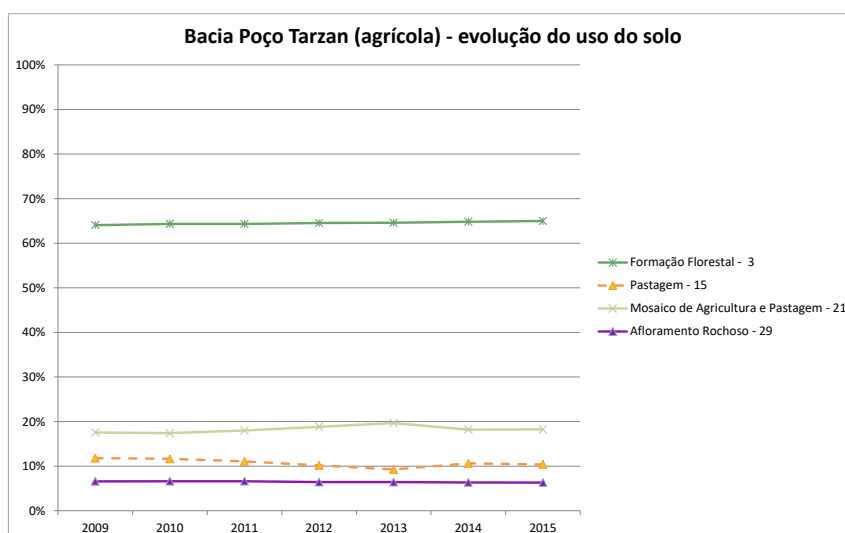


Figura 27 - Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em PT.

Foi possível associar os efeitos dos diferentes usos do solo e cobertura vegetal sobre a qualidade da água com a metodologia proposta e com os dados disponíveis atualmente. Com abordagens diferentes, avaliaram-se a distribuição espacial e temporal das concentrações de parâmetros de qualidade da água e das suas cargas específicas ao longo da área de estudo e seu comportamento durante o período 2009-2015.

As equações de regressão, ajustadas para os parâmetros de qualidade da água e variação do uso do solo, podem ser usadas na avaliação dos impactos de

mudanças futuras no uso e ocupação do solo sobre a qualidade de água, como apoio à decisão na gestão dos recursos hídricos e da ocupação do solo, em especial, pelo comitê de bacia e pela prefeitura. No entanto, esse estudo tem caráter preliminar, pois as séries de dados disponíveis ainda são curtas e apresentam falhas de observação. Essas equações de regressão poderão tornar-se mais robustas à medida que houver continuidade do monitoramento na bacia representativa e levantamentos de uso e cobertura mais detalhados

D) Regionalização da Vazão Q95% através de Redes Neurais Artificiais (VILLAS BOAS *et al.*, 2021)

Este estudo representa um avanço na pesquisa da melhor forma de estimativa da vazão de permanência Q95% para bacia do Piabanha, que teve início em 2018, com um trabalho comparando a regressão linear, método tradicionalmente utilizado no SGB-CPRM, e a modelagem hidrológica através do qual recebemos uma Menção Honrosa no III Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul, em 2008 (VILLAS BOAS *et al.*, 2018).

Na metodologia, tradicionalmente utilizada no SGB-CPRM, a vazão de permanência de 95% (Q95%) é definida através de equações de regressão linear em função das variáveis independentes, precipitação média anual (P) e/ou área de drenagem (A) (MELO; VILLAS BOAS, 2017). Dessa forma, a metodologia aqui proposta consiste numa adaptação da metodologia do SGB/CPRM, onde a relação entre a variável dependente Q95% e a(s) variável(is) independente(s) é definida através de um modelo de redes neurais artificiais, no lugar da regressão linear. Para isso, foram definidos dois modelos:

1 – dados de entrada P e A e de saída a Q95%;

2 – dados de entrada somente A e de saída a Q95%

A metodologia foi desenvolvida para a bacia do rio Piabanha que compreende as regiões homogêneas XIV e XV cujas equações regionais definidas estão apresentadas na Tabela 3. Dessa forma serão utilizados os dados de Q95%, P e A das estações selecionadas para o estudo do SGB/CPRM para essa área de modo a ajustar o modelo de redes neurais. Os dados das estações utilizadas encontram-se apresentados na Tabela 4 juntamente com o código de identificação de cada uma delas.

Tabela 3 - Equações regionais para as regiões homogêneas da Bacia-58 (MELLO *et al.*, 2017).

Região Homogênea	Equação regional sendo: Q(m ³ /s), A (km ²) e P (m)	R ² ajustado	Validade Área (km ²)
XIV	$Q_{95\%} = 10^{-2,0485} \times A^{0,7786} \times P^{2,2228}$	0,9974	52 a 2.063
XV	$Q_{95\%} = 10^{-1,7270} \times A^{0,8509} \times P^{0,2547}$	0,9864	104 a 1.814

Tabela 4 - Estações utilizadas para a definição do modelo de Redes neurais para a Bacia do rio Piabanha.

Codigo da estação	Precipitação média (m)	Área (km ²)	Q95 (m ³ /s)
58400000	1,88	52	0,78
58405000	1,72	423	3,22
58409000	1,63	523	3,69
58434000	1,35	270	1,36
58440000	1,49	2063	8,15
58420000	1,63	695	5,71
58425000	1,57	901	6,64
58427000	1,54	1004	8,66

Para a comparação do desempenho da metodologia de regionalização de vazões proposta (redes neurais artificiais) com o da metodologia original do SGB/CPRM (regressão linear) foi realizado um estudo de caso para a área da bacia representativa do Projeto EIBEX, que está totalmente inserida na região XIV, utilizando apenas as estações de Pedro do Rio e Parque Petrópolis devido à restrição de área mínima do estudo de regionalização de vazões. A Tabela 5 apresenta os dados utilizados para essa aplicação.

Tabela 5 - Variáveis hidrológicas das estações da bacia representativa do Piabanha que foram utilizadas para aplicação do modelo de redes neurais definido através da metodologia proposta.

Características		PTAM	Q95%
ESTAÇÃO	ÁREA (km ²)	(mm)	(m ³ /s)
Pedro do Rio - PR	413	1,26	3,97
Parque Petrópolis - PP	263	1,46	2,43

A aplicação da metodologia proposta para a regionalização da vazão de permanência da bacia do Piabanha foi realizada a partir da definição de um modelo de redes neurais artificiais cujos dados de entrada consistiram na

precipitação e área e os de saída na Q95% das estações da Tabela 4. Definiu-se uma RNA feedforward simples com uma camada oculta e funções de ativação linear e tangente hiperbólica, respectivamente, para a camada oculta e camada de saída. Variou-se o número de neurônios na camada oculta de modo a encontrar o melhor modelo de ajuste para os dados de entrada e saída da rede. Foi utilizado o software MATLAB para a modelagem. Para o treinamento da RNA usou-se o algoritmo Backpropagation e os pesos e bias iniciais foram determinadas usando o método Nguyen-Widrow. A arquitetura final definida para a Rede contou com 5 neurônios na camada oculta.

Após o ajuste do modelo foi possível estimar a Q95% para as estações da bacia do Piabanha. Os resultados encontram-se na Tabela 6 onde podem ser comparados com aqueles obtidos no ajuste da regressão linear no estudo de regionalização do SGB/CPRM. Foi calculado o erro percentual (ERLinear) entre os dados observados e os simulados para as duas metodologias. Nota-se um menor erro linear para a maior parte das estações no modelo de redes neurais proposto demonstrando um ajuste melhor desse modelo ao conjunto de dados de entrada proposto.

Tabela 6 - Resultados do ajuste dos modelos de regressão linear e redes neurais para a bacia do Rio Piabanha.

DADOS USADOS - MODELOS				REGRESSÃO LINEAR		REDES NEURAIS	
Código da estação	Precipitação média(m)	Área (km ²)	Q95 (m ³ /s) observada	Q95 (m ³ /s) calculada	ERLinear (%)	Q95(m ³ /s) calculada	ERLinear (%)
58400000	1,88	52	0,78	0,78	-0,57	0,81	4,07
58405000	1,72	423	3,22	3,32	-3,03	3,21	-0,18
58409000	1,63	523	3,69	3,49	5,48	3,69	-0,03
58434000	1,35	270	1,36	1,37	-0,44	1,36	0,01
58440000	1,49	2063	8,15	8,28	-1,65	8,15	0,01
58420000	1,63	695	5,71	5,55	2,84	5,71	-0,04
58425000	1,57	901	6,64	6,88	-3,57	7,31	10,03
58427000	1,54	1004	8,66	7,51	13,24	7,86	-9,22

Em seguida, com base na Equação de regionalização da Região Homogênea XIV (Tabela 3), nas áreas e precipitação total anual média (Tabela 4), foi estimada a

Q95% para os dois pontos de interesse cujos resultados encontram-se na Tabela 7. Nesse caso, observa-se uma melhor estimativa do modelo de redes neurais para a estação Pedro do Rio e, por outro lado, um erro percentual menor do modelo tradicional de regressão linear para a estação Parque Petrópolis.

Tabela 7 - Resultados da aplicação da metodologia proposta (redes neurais) comparados à metodologia original (regressão linear).

ESTAÇÃO	Q95% (m ³ /s)	Q95% (m ³ /s) Redes Neurais	Q95% (m ³ /s)	ERLinear (%)	ERLinear (%)
	Dados observados		Regressão Linear	- Redes Neurais	-Regressão Linear
Pedro do Rio - PR	3,97	2,67	1,63	33	59
Parque Petrópolis - PP	2,43	1,14	1,60	53	34

Comparando-se, ainda, com os resultados obtidos através da Modelagem Hidrológica por Villas Boas *et al.* (2018) nota-se uma melhor performance da Modelagem Hidrológica para ambas as estações com um erro percentual de 16% e 27% respectivamente para Pedro do Rio e Parque Petrópolis.

2.3 – Treinamentos

A equipe envolvida nas atividades do Projeto EIBEX teve a oportunidade de participar de um treinamento de 40 horas sobre Análise e Consistência de Dados Pluviométricos ministrado pelo Pesquisador Márcio Cândido e pela técnica Bárbara Cordeiro, ambos da SUREG/BH, no período de julho a novembro de 2021.

O treinamento contou com encontros semanais de duas horas onde os instrutores explicavam a parte teórica enquanto os participantes aplicavam os conhecimentos adquiridos na análise e consistência do banco de dados do Projeto EIBEX-MA.

Assim, ao final do treinamento a equipe foi capacitada e os dados do projeto organizados e consistidos.

2.4 Alimentação do banco de dados e organização da Base Cartográfica

Durante o ano de 2021, com a redução das campanhas de campo, a equipe se concentrou na organização da base dados e alimentação do banco de dados durante o segundo e terceiro trimestres mantendo-se o contato com os

observadores através do *Whatsapp* por meio do qual os observadores encaminharam os boletins pluviométricos e fluviométricos.

Além disso, dados de qualidade de água, convencionais e automáticos foram disponibilizados na página da CPRM, conforme apresentado na Figura 28 juntamente com informações das atividades de modo a ampliar o acesso e divulgar o trabalho realizado na Bacia do Piabanha.

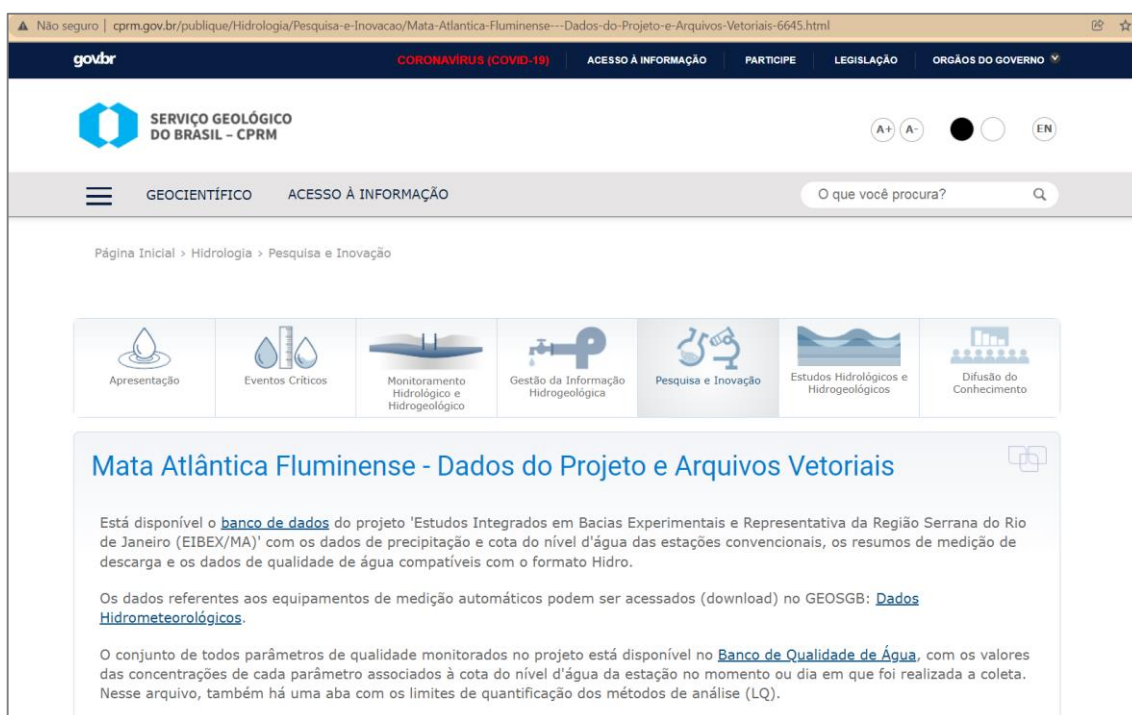


Figura 28 - Página do projeto EIBEX-MA com a disponibilização dos dados.

2.5 Integração Interinstitucional

Em 2021, foi possível a integração com diversas instituições ambientais e de pesquisa.

A. Comitê de Bacias do Rio Piabanha

Houve participação de membros da equipe do Projeto EIBEX-MA em algumas reuniões do “Grupo de Trabalho Plano de Bacia e Enquadramento” a fim de integrar o monitoramento com aquele realizado pelo Comitê e planejar o desenvolvimento de atividades em conjunto.

- B. Participação na coordenação e organização da sessão especial de Bacias Experimentais e Representativas no XXIV SBRH/2021

Juntamente com pesquisadores de outras instituições de pesquisa brasileiras (Embrapa, UFPE, COPPE/UFRJ, IPH/UFRGS, UFPB, ANA, UFSC, UFCG, IGEO/UFRJ) coordenamos a organização da Sessão Técnica Especial “SE07. A - Bacias Experimentais e Representativas: pesquisa, inovação, perspectivas e desafios” no XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos a fim de oferecer a oportunidade de compartilhar experiências, inovações e desafios acerca da temática das bacias experimentais e representativas. Durante a sessão foram apresentados trabalhos científicos com os avanços da temática no Brasil.

- C. INEA - Instituto Estadual do Ambiente

Apoio no desenvolvimento de Modelagem Hidrológica com o modelo SWAT para elaboração de metodologia para delimitação de áreas de preservação ambiental.

3. CONCLUSÕES

Em 2021, o Projeto EIBEX-MA ainda foi muito impactado pelas questões sanitárias pandêmicas mundiais em razão do Coronavírus (COVID-19) que iniciaram em 2020. Com as restrições de circulação, as campanhas de campo, que representam quase 50% das atividades do projeto, tiveram que ser reduzidas e só iniciaram-se no último trimestre do ano. Foi possível a realização de duas campanhas de qualidade de água, duas campanhas de manutenção dos equipamentos automáticos e uma campanha de medição de vazão e manutenção das estações. Em 2022, espera-se realizar a totalidade das campanhas, com a perspectiva de melhoria do cenário pandêmico mundial e, inclusive, realizar um encontro de observadores e Comitê de Bacias na bacia representativa, que havia sido planejado para 2020. Ademais, ressalta-se a importância de uma equipe de campo dedicada ao projeto para que seja possível uma operação efetiva no nível de uma bacia representativa.

Por outro lado, foi possível avançar na realização de estudos em três linhas de pesquisas: qualidade de água, mapeamento de uso e ocupação do solo e inteligência computacional. Os resultados obtidos foram apresentados através de quatro artigos no XXIV SBRH/2021. Para 2022, está previsto o envio de artigo para

publicação em periódico internacional, avanços na área de inteligência computacional e a retomada dos estudos hidrogeológicos na bacia.

Além disso, praticamente toda a equipe do projeto teve a oportunidade de participar do Treinamento de Consistência Pluviométrica e consistir os dados de precipitação da bacia representativa. No ano que vem, daremos continuidade ao Treinamento com a Consistência Fluviométrica e a atualização das Curvas-Chave.

Os dados produzidos no projeto foram disponibilizados na página do SGB/CPRM e serão atualizados trimestralmente de modo a ampliar o acesso e divulgar as atividades realizadas.

Por último, cabe ressaltar, os avanços na área da integração interinstitucional. Foram retomadas as discussões com o Comitê de Bacias através do “Grupo de Trabalho Plano de Bacia e Enquadramento” a partir das quais se vislumbra a possibilidade de uma cooperação técnica entre a instituição e o SGB com foco na área de qualidade de água e educação ambiental. E, ainda, o SGB-CPRM participou da organização de Sessão Especial “SE07. A - Bacias Experimentais e Representativas: pesquisa, inovação, perspectivas e desafios”, no XXIV SBRH/2021, proporcionando a integração do SGB-CPRM com pesquisadores de diversas instituições de pesquisa. Assim, espera-se reunir alguns desses pesquisadores em um Grupo de Trabalho, no próximo ano, a fim de estruturar uma Rede Nacional de Bacias Representativas e Experimentais e fomentar a temática no Brasil.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. *In*: CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2019**. São Paulo: CETESB, 2020. 57 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-variaveis.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2021.

EMBRAPA. **SENTINEL**: missão Sentinel. Campinas: EMBRAPA, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em: 20 maio 2021.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA, L. E. de O. **O Outlier que perturba o seu sono: como identificar casos extremos?**, ago. 2016. Trabalho apresentado ao 10º Encontro Ciência Política e a Política: Memória e Futuro, Belo Horizonte, 2016.

MELO, J. S.; VILLAS BOAS, M. D. **Regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras**: estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 58, Bacia do Paraíba do Sul. Rio de Janeiro: CPRM, 2017. 136 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20819>. Acesso em: 28 dez. 2021.

NASCIMENTO, M. B. de S. do; SILVA, J. G. P. da; VILLAS BOAS, M. D.; SILVA, J. P. C. da; SACRAMENTO, C. E. da S.; ABREU, A. M. de; KENUP, R. E. Avaliação dos dados monitorados de qualidade da água usando a detecção de Outliers nas bacias experimentais e representativa do rio Piabinha, região Serrana do estado do Rio de Janeiro – RJ. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22538>. Acesso em: 27 dez. 2021.

SILVA, J. G. P. da. **Avaliação da influência do uso e capacitação do solo em bacias experimentais sobre a qualidade de água no Rio Piabinha - região serrana do Rio de Janeiro-RJ**. 2020. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biosistemas) - Escola de Engenharia, UFF, Niterói, RJ, 2020. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22281>. Acesso em: 28 dez. 2021.

SILVA, J. G. P. da; VILLAS BOAS, M. D.; NASCIMENTO, M. B. de S. do; SILVA, J. P. C. da; GOULART, D. R.; KENUP, R. E.; ABREU, A. M. de; RODRIGUEZ, D. A.; ARAÚJO, L. M. N. de. Avaliação do comportamento quali-quantitativo das estações de monitoramento nas bacias experimentais e representativa do rio Piabinha, região Serrana do estado do Rio de Janeiro – RJ. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22540>. Acesso em: 27 dez. 2021.

SILVA, J. P. C. da; SACRAMENTO, C. E. da S.; MELO, J. S.; GOULART, D. R.; SILVA, J. G. P. da; NASCIMENTO, M. B. de S. do; PARENTE, M. H.; VILLAS BOAS, M. D. Mapeamento do uso e ocupação do solo para caracterização da bacia experimental agrícola na bacia do rio Piabanha, região serrana do Rio de Janeiro. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 24., 2021, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22537>. Acesso em: 27 dez. 2021.

TOEBES, C.; OURYVAEV, V. A. **Representative and Experimental Basins, an International Guide for Research and Practice**. Paris: UNESCO, 1970. 348 p. *Studies and Reports in Hydrology*, 4.

VILLAS BOAS, M. D.; SACRAMENTO, C. E. da S.; GOULART, D. R.; SILVA, J. G. P. da; MELO, J. S.; SILVA, J. P. C. da; NASCIMENTO, M. B. de S. do; PARENTE, M. H.; RIBEIRO, M. J.; MACHADO NETO, A.; MEDEIROS, A. D. Regionalização da vazão Q95% através de redes neurais artificiais para a bacia representativa do rio Piabinha *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 24., 2021, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22539>. Acesso em: 28 dez. 2021.

VILLAS BOAS, M. D.; SANTOS, F. J. dos; SILVA, J. G. P. da; HENRIQUES, M. P.; RIBEIRO, M. J.; KENUP, R. E.; MEDEIROS, A. D.; AZEVEDO, J. P. S. de; OLIVERA, F. Comparação da vazão Q95% obtida através do estudo de regionalização de vazões e de modelagem hidrológica com uso do modelo SWAT para estações da bacia representativa do rio Piabanha. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL*, 3., 2018, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: UFJF, 2018. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22225>. Acesso em: 28 dez. 2021.