

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS BACIAS EXPERIMENTAIS E REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA A PARTIR DO CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA

*Mariana Dias Villas-Boas¹; Camila Ferreira Borduam Chaves²; Filipe Jesus dos Santos³;
Janaina Gomes Pires da Silva⁴; Marcelo Parente Henriques⁵ & Achilles Eduardo G. de C.
Monteiro⁶*

Resumo – Os índices de qualidade da água são ferramentas úteis na avaliação da qualidade da água de uma bacia, bem como, do próprio monitoramento, em razão da sua facilidade de aplicação e compreensão por parte do público em geral. Neste trabalho foi aplicada uma das metodologias disponíveis de “Índice de Qualidade de Água” com o objetivo de avaliar as condições da qualidade da água na Bacia do rio Piabanha no âmbito do projeto “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas da Região Serrana – RJ” desenvolvido CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. A metodologia selecionada foi o Sistema de Cálculo da Qualidade da Água – IQA/SCQA, utilizado pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Os resultados obtidos evidenciaram o problema principal da bacia que é a deficiência no tratamento de esgoto doméstico e possibilitaram a compreensão do comportamento da qualidade de água na área de estudo como um todo, bem como, a avaliação da rede de monitoramento.

Abstract – The water quality indices are useful tools in assessing the quality of water from a basin, as well as monitoring of their own, because of its ease application and understanding by the general public. In this work was applied on of the methodologies available for a "Water Quality Index" in order to evaluate the condition of water quality in the River Basin Piabanha under the project EIBEX of CPRM. The methodology selected was the System of Calculation of Water Quality - WQI / SCWQ used by IGAM. The results obtained the main problem in the basin that is the deficiency in the treatment of domestic sewage and provided an understanding of the behavior of water quality in the study area as a whole as well as the evaluation of the monitoring network.

Palavras-Chave – Bacias Experimentais e Representativas, Monitoramento de Qualidade de Água, Índice de Qualidade de Água

¹ Pesquisadora em Geociências - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca/RJ – (21) 2546-0306, 2295-9183, mariana.villasboas@cprm.gov.br

² Estagiária em Eng. Ambiental - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca/RJ – (21) 2546-0306, (21) 2295-9183, camila.chaves@cprm.gov.br

³ Técnico em Geociências - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca/ RJ - (21) 2546-0366, (21) 2295-9183, filipe.santos@cprm.gov.br

⁴ Técnica em Geociências - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca /RJ – (21) 2546-0366, (21) 2295-9183, janaina.silva@cprm.gov.br

⁵ Pesquisador em Geociências - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca/RJ – (21) 2546-0306, (21) 2295-9183, marcelo.henriques@cprm.gov.br

⁶ Pesquisador em Geociências - CPRM/SGB, Av. Pasteur, 404,Urca – RJ, (21) 2546-0306, (21) 2295-9183, achiles.monteiro@cprm.gov.br

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água é um instrumento essencial para a gestão dos recursos hídricos e para que sejam alcançados os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei 9.433/97. Ele pode ser feito em diversas escalas de acordo com o seu objetivo.

Para a avaliação da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica e da própria rede de monitoramento, é possível a utilização de métodos simples que forneçam informações objetivas e de fácil interpretação. Neste aspecto, o uso de índices de qualidade de água é muito adequado como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Uma das principais vantagens dos índices de qualidade de água consiste na reunião de informações de diversos parâmetros em um único valor facilitando a compreensão da situação da qualidade de água para o público em geral.

Neste trabalho foi aplicada a metodologia do “IQA – Índice de Qualidade de Água” aos dados obtidos a partir do monitoramento da qualidade da água na Bacia do rio Piabanha, realizado pela CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, no âmbito do projeto institucional “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas da Região serrana – RJ - EIBEX” desenvolvido pela CPRM/SGB como forma de avaliação da qualidade das águas na bacia. Para isso foi realizado um levantamento das metodologias mais utilizadas procedido da seleção da metodologia mais adequada para o desenvolvimento do estudo.

O projeto intitulado EIBEX tem como objetivo o monitoramento de variáveis hidrológicas em diferentes escalas (bacias experimentais) para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que poderão ser extrapolados para o restante da bacia. Um desses estudos diz respeito a avaliação da qualidade da água em relação aos diferentes uso e ocupação do solo existentes na bacia, no qual se inclui esse trabalho.

2. METODOLOGIA

Para atender aos objetivos da pesquisa foi aplicada a seguinte metodologia apresentada nas etapas listadas a seguir:

- a. Revisão bibliográfica de alguns dos estudos e pesquisas desenvolvidos com a utilização do Índice de Qualidade da Água – IQA, bem como, das diversas adaptações que foram feitas do índice original com o objetivo de definir a mais adequada para o projeto;
- b. Caracterização da região de estudo, compreendendo um cuidadoso levantamento cartográfico e de estudos já realizados na região;

- c. Organização dos dados hidrológicos existentes, de forma avaliar a existência de informações que permitissem a realização do estudo;
- d. Levantamento do cadastro de usuários da bacia que contivesse a sua localização e dados do seu uso para auxiliar na avaliação;
- e. Cálculo do IQA para cada uma das estações do projeto e para a bacia.
- f. Preparação dos mapas com os dados georeferenciados utilizando um Sistema de Informação Geográfica – SIG;
- g. Avaliação dos resultados obtidos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o passar dos anos houve um aumento na preocupação e no cuidado com a água, a partir daí algumas instituições de pesquisa formularam maneiras para se medir sua qualidade e uma dessas formas é o IQA. Com o intuito de compreender o funcionamento do índice de qualidade de água – IQA e conhecer as diversas aplicações e adaptações realizadas, bem como, a sua origem foi realizada uma revisão bibliográfica de alguns estudos e pesquisas que utilizaram o IQA. Nessa revisão, foi possível perceber que existem diversas adaptações da metodologia original.

Segundo Derísio (1992) in Prado e Di Lullo (2007), Horton, pesquisador alemão foi quem fez a primeira apresentação formal de um IQA, em 1965, referindo-se aos índices como ferramentas para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública. O índice criado por Horton incluiu oito parâmetros, cada um com peso diferentes (variando de 1 a 4), incluindo: oxigênio dissolvido, pH, coliformes fecais, alcalinidade, cloreto, condutividade, tratamento de esgoto e carbono cloriforme extraído.

A National Sanitation Foundation (NSF) nos Estados Unidos deu início a pesquisa sobre o índice de qualidade de água no ano de 1970. A partir da opinião de cerca de 142 especialistas em qualidade de água sobre a importância de 35 parâmetros para a formulação do índice para a melhoria e proteção da água para o consumo, foram selecionados 9 parâmetros, quais sejam: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Variação da temperatura (1 milha a jusante), Fosfato Total, Nitrato, Turbidez e Sólidos Totais.

Além disso, os cientistas, com base nos dados brutos, fizeram gráficos relacionando o valor real do parâmetro com um valor entre 0 (para a pior situação) e 100 (para a melhor situação). Foi feita uma média das curvas produzidas para cada parâmetro, e o resultado foram as chamadas “curvas médias de variação de qualidade”, através das quais são obtidos os “valores-Q”.

Depois da obtenção do “valor-Q” esse valor é multiplicado por um “fator de ponderação” que foi estabelecido com base na importância de cada parâmetro para a qualidade da água. O somatório

desses fatores de ponderação deve ser igual a 1. A Tabela 1 apresenta os parâmetros, unidades e fatores de ponderação estabelecidos pela NSF.

Tabela 1 – Parâmetros, unidades e fatores de ponderação estabelecidos pela NSF

Parâmetros	Unidades	Pesos
Oxigênio Dissolvido	%	0,17
Coliformes Fecais	NMP/100m	0,16
pH	-	0,11
DBO5	mg/l	0,11
Nitratos	mg/l	0,10
Fosfato total	mg/l	0,10
Varição da Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Sólidos Totais	mg/l	0,07

Os valores calculados devem ser somados resultando num número entre 0 e 100 que será o Índice de Qualidade da Água. A partir desse número é possível classificar o rio em: excelente (100-90), bom (90-70), médio (70-50), ruim (50-25) e muito ruim (25-0). Caso falte algum parâmetro, o cálculo poderá ser feito com a seguinte restrição: após o somatório do “valor-Q”, o total deverá ser dividido pelo somatório dos “fatores de ponderação”, o resultado dessa divisão corresponderá ao IQA.

O índice foi importado para o Brasil, inicialmente, pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), em 1975, que fez algumas adaptações, dentre elas trocou o parâmetro nitrato por nitrogênio total e fosfato por fósforo total, e alterou as faixas de classificação estabelecidas pela NSF. Atualmente, a CETESB utiliza outros índices específicos para cada uso, tais como; o IAP, para abastecimento público e o IVA para proteção da vida aquática.

Como o Brasil possui uma grande diversidade a maior parte dos estados que utiliza o IQA fez adaptações na metodologia desenvolvida pela NSF. A seguir serão apresentadas considerações em relação a utilização do IQA por alguns estados.

O estado de Minas Gerais que só passou a utilizar o IQA em 1997, depois de fazer um estudo minucioso e constatar que ele se aplicava às suas necessidades. Os parâmetros não foram alterados em relação à NSF, mas foram feitas modificações na forma de cálculo do índice.

No Rio Grande do Sul a temperatura foi retirada e é utilizado nitrogênio amoniacal em substituição ao nitrato, fato que ocorre, também, na Bahia e Mato Grosso do Sul, este desenvolveu o IQA em forma de percentil. No Paraná, assim como, em São Paulo são utilizados fósforo e nitrogênio total, no lugar, de fosfato e nitrato. No Amapá e Mato Grosso, são utilizados os mesmos parâmetros da NSF.

Pelo menos onze estados (Amapá, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul e São Paulo) usam o IQA para visualizar as condições dos corpos hídricos.

Após o levantamento das metodologias utilizadas pelos diversos estados brasileiros, nesse estudo optou-se em utilizar a metodologia aplicada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas de Minas Gerais – IGAM. Em razão da compatibilidade entre os parâmetros utilizados e aqueles monitorados na bacia experimental do Piabanha, e, também, pelo estabelecimento com clareza de uma metodologia de cálculo através da criação do “Sistema de Cálculo da Qualidade da Água – SCQA” dentro do Programa Nacional do Meio Ambiente do Ministério do Meio Ambiente.

4. DISCUSSÃO E APLICAÇÃO

4.1. O Sistema de Cálculo da Qualidade da Água - SCQA

O Sistema de Cálculo da Qualidade da Água – IQA/SCQA, publicado em junho de 2005, foi desenvolvido no âmbito do Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, um parceria entre o Ministério do Meio Ambiente e Governo do estado de Minas Gerais. Ele é considerado muito eficiente, foi desenvolvido em linguagem JAVA e conta com um manual que descreve o sistema de cálculo, detalhadamente, através de etapas (SEMAD (2005)).

O IQA/SCQA utiliza os mesmos parâmetros estabelecidos pela NSF que representam as características físico-químicas e biológicas da água, com uma adaptação para realidade brasileira em relação à variação da temperatura. Os ambientes brasileiros, geralmente, não recebem cargas térmicas elevadas, dessa forma a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero.

Outra alteração foi em relação aos fatores de ponderação, aos quais deu o nome de “Peso – w_i ”. Cada um dos “Peso – w_i ” foi estabelecido com base na importância relativa do parâmetro no cálculo do IQA/SCQA. Tais parâmetros encontram-se listados na Tabela 2 acompanhados das suas unidades e “Peso – w_i ” relativos.

Tabela 2 – Parâmetros, unidades e “Peso – wi” utilizados no SCQA.

SCQA		
Parâmetros	Unidades	Pesos
Oxigênio Dissolvido	% OD	0,17
Coliformes Fecais	NMP/100ml	0,15
pH	-	0,12
DBO	mg/l	0,10
Nitratos	mg/l	0,10
Fosfatos	mg/l	0,10
Varição da Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Sólidos Totais	mg/L	0,08

Com base nas “curvas médias de variação da qualidade da água” da NSF e em estudos realizados no Brasil, através de regressões polinomiais e do programa Excel, o SCQA estabeleceu um série de equações para serem utilizadas no cálculo do valor “qs”, que corresponde ao “valor-Q” da metodologia da NSF, e também varia entre 0 e 100 (SEMAD (2005)).

O cálculo do valor do IQA/SCQA é realizado de duas formas: aditiva e multiplicativa. A primeira corresponde à forma estabelecida pela NSF, o “qs” é multiplicado pelo peso relativo, e é feito um somatório dos nove valores, já na segunda o “qs” é elevado ao peso relativo e, a seguir, é realizado um produtório dos valores. Essa última opção, apresentada na Equação 1, é a impressa pelo programa e será a utilizada nesse trabalho.

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido da respectiva equação, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado, um número entre 0 e 1;

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

O IQA/SCQA calculado é classificado segundo as mesmas faixas estabelecidas pela NSF, conforme faixas apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Faixas de Classificação dos valores do IQA (SEMAD (2005)).

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

4.2. Área de Estudo

Para a aplicação da metodologia foi selecionada a bacia do rio Piabanha na qual está sendo desenvolvido um projeto institucional da CPRM – Serviço Geológico do Brasil intitulado “Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativa – Região Serrana – RJ - EIBEX”, que surgiu com a finalidade de apoiar financeiramente 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” que teve início no ano de 2006, financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO. Com o fim do projeto financiado pela FINEP, em 2010, a CPRM continuou a operação da rede e prosseguiu com os estudos relacionados às suas atividades, dos quais fazem parte os experimentos de qualidade de água. (Araújo et al (2007)).

Para o projeto, foi definida uma bacia representativa, que reunisse as características de uso de solo e vegetação da bacia do rio Piabanha, segundo o princípio de que a bacia representativa deve corresponder a realidade sócio, econômica, física e ambiental da bacia como um todo, possibilitando, em princípio, a extrapolação dessa realidade para uma região de maior abrangência, podendo os dados serem utilizados na gestão de recursos hídricos (Pimentel da Silva *et al* (2010)).

Dentro da bacia representativa foram estabelecidas bacias experimentais, essas funcionam como pequenos laboratórios estabelecidos no mundo real que contribuem, entre outros, para a compreensão das relações e processos envolvidos no ciclo hidrológico que determinam a ocorrência espaço-temporal dos recursos hídricos. (Sraj et al., 2008; Medeiros et al., 2005 in Pimentel da Silva *et al* (2010))

Atualmente, há uma tendência, tanto brasileira como mundial, em desenvolver estudos em bacias experimentais e representativas de forma a caracterizar a disponibilidade hídrica de bacias de diferentes tamanhos e características de uso e ocupação do solo a fim de compreender a variação dos recursos hídricos no tempo e no espaço.

Existem alguns requisitos que devem ser observados para caracterização dos estudos em Bacias Representativas e Experimentais (FINEP (2005)):

- Apresentar características semelhantes aos principais padrões de uso do solo e cobertura vegetal presentes na bacia;

- Metodologias testadas para a bacia representativa devem ser facilmente estendidas para a bacia real;
- As bacias experimentais deveriam estar aninhadas umas dentro das outras em variados tamanhos para possibilitar o estudo dos processos hidrológicos em diversas escalas.

Ainda, segundo Segundo Toebes &. Ouryvaev (1970) in FINEP (2005) as bacias representativas devem ter área compreendida entre 250km² e 1.000km² e as experimentais de até 4km², apresentando solos e vegetação relativamente homogêneos.

A metodologia foi aplicada a bacia do rio Piabanha (afluente pela margem direita 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. Seus principais afluentes são os rios Fagundes, pela margem esquerda, e rios Paquequer/Preto, pela margem direita. A Figura 1 apresenta a localização da bacia do rio Piabanha em relação a do rio Paraíba do Sul. (Morais *et al* (2009)).

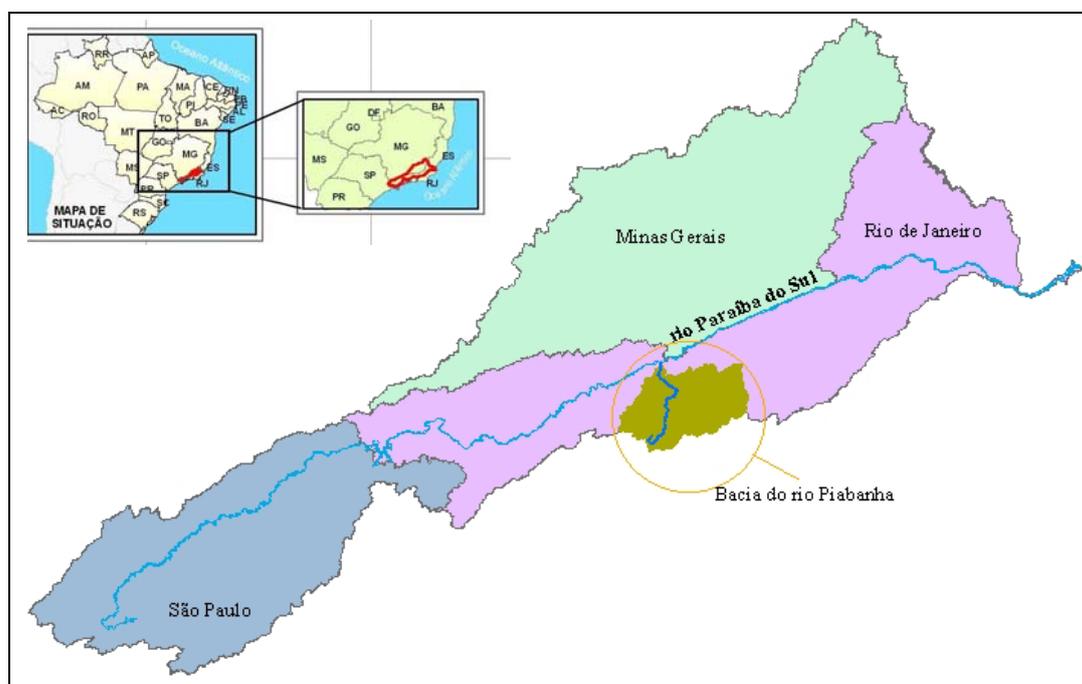


Figura 1. Bacia do rio Paraíba do Sul com destaque para o rio Piabanha. (adaptado LABHID COPPE/UFRJ(2002)).

A bacia é composta pelos municípios de Areal, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Teresópolis e Três Rios com população total de 590.000 habitantes (Araújo *et al* (2007)).

A área estudada, devido à proximidade com a cidade do Rio de Janeiro, foi induzida a um crescimento urbano acentuado e inadequado para as suas condições ambientais. A região apresenta problemas graves de erosão das encostas, proporcionados em parte pela ocupação irregular, além de

inundação na calha dos rios e qualidade da água deteriorada pelo lançamento de esgotos in natura. O tratamento dos esgotos é precário e as vazões naturais dos rios são muito baixas para a diluição das cargas lançadas, resultando em altos índices de poluição, principalmente, na parte urbana.

A bacia do Piabanha destaca-se, também, pelo uso industrial (mais de 50 indústrias de alto potencial poluidor) e pelo uso agrícola, co-responsáveis pela erosão dos solos e degradação das águas, juntamente com o uso urbano. Em geral, as áreas cultivadas se localizam nas margens dos rios e córregos e encostas, ocupando inclusive áreas de preservação permanente (APPs). Predominam as culturas de ciclo curto (verduras e legumes) e não se verifica o uso de técnicas de conservação de solo, como terraceamento e plantio em curva de nível, apesar das fortes declividades e do potencial de erosão hídrica da região. Nessas áreas nota-se o uso abusivo de agrotóxicos. (Araújo et al (2007)).

O nível de ocupação e a intensidade de uso das terras e das águas da bacia do rio Piabanha situam-na entre as sub-bacias do Paraíba do Sul de alta prioridade para a realização de ações de proteção e recuperação de florestas, solos e águas, sendo recomendadas medidas rigorosas de restrição de uso, especialmente no curso superior do rio Piabanha e de seu afluente Preto. Estes devem receber prioridade máxima na proteção das florestas, na recuperação de áreas degradadas, no planejamento e controle do parcelamento do solo urbano e dos usos da água, em geral, e do uso agrícola em especial (COPPE-LABHID, 2002).

Com base nessas informações coletadas, foi definida a Bacia Representativa com cerca de 400 km² limitada pela estação fluviométrica Pedro do Rio que pertence a Rede Hidrometeorológica Nacional de responsabilidade da Agência Nacional de Águas. A estação foi escolhida por ter um série histórica bem longa, mais de 30 anos, e consolidada, inclusive, com curva-chave definida.

Inserida na bacia representativa, foram definidas três bacias experimentais relacionadas aos principais usos e ocupação do solo, quais sejam: bacia de uso urbano, uso agrícola e mata preservada, respectivamente, com as seguintes áreas: 47 km², 30 km² e 13km². Figura 2 apresenta a localização da bacia representativa em relação a bacia do rio Piabanha e as bacias experimentais, bem como a hidrografia da região na escala 1:100.

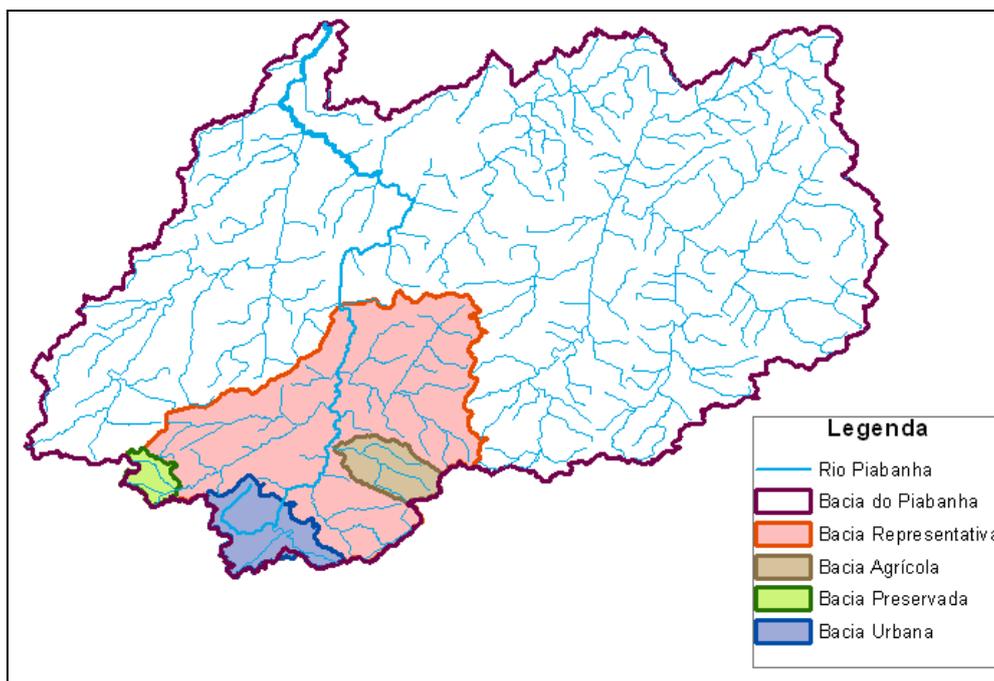


Figura 2 A bacia do rio Piabanha, a localização da Bacia representativa e das três bacias experimentais.

Dessa forma, o projeto EIBEX tem como objetivo o desenvolvimento de pesquisas e estudos hidrológicos, climatológicos, qualidade de água, solos, geoprocessamento e, ainda, a utilização de diferentes tecnologias de medição de dados. A base dessas atividades consiste na operação de uma rede de monitoramento quali-quantitativa na qual são produzidos dados fluviométricos, pluviométricos e de qualidade de águas. Esse trabalho tratará apenas dos resultados obtidos pela rede de qualidade de água.

As estações de qualidade de água foram instaladas onde já existiam estações fluviométricas devido a importância da relação entre quantidade e qualidade, principalmente, nos estudos com modelagem, e funcionam desde agosto de 2009. As campanhas de qualidade de água bimestrais consistem na coleta de amostras conjugada com a medição com equipamento de qualidade de água onde são analisados/medidos os parâmetros listados na Tabela 4 pelo Laboratório de Análises Minerais – LAMIN da CPRM e laboratório contratado.

Tabela 4 - Lista de Parâmetros da rede de qualidade de água.

Parâmetros - LAMIN	Parâmetros - LAMIN
Alumínio (Al)	Selênio (Se)
Antimônio (Sb)	Sólidos em Suspensão
Arsênio (As)	Sulfato (SO_4^{-2})
Cádmio (Cd)	Turbidez (uT)
Chumbo (Pb)	Zinco (Zn)
Cobalto (Co)	Laboratório Privado
Cobre (Cu)	DBO
Cromo Total (Cr)	DQO
Condutividade Elétrica (uS/cm a 20 °C)	Organo Clorados (SVOC)
Estanho (Sn)	Organo Fosforados
Ferro (Fe)	Carbamatos
Fosfato Total (PO_4^{-3})	Coliformes Fecais
Manganês (Mn)	Coliformes Totais
Níquel (Ni)	Equipamento Automático
Nitrato (NO_3^-)	Temperatura
Nitrogênio Amoniacal Total (NH_4)	Condutividade Elétrica
pH	Oxigênio Dissolvido
Prata (Ag)	pH

4.3. Aplicação

Atualmente, a rede de qualidade de água operada pela CPRM no âmbito do projeto EIBEX conta com nove estações distribuídas ao longo da bacia representativa, sendo três delas na bacia agrícola, três na bacia urbana, uma na bacia agrícola e duas, chamadas estações de controle, que ficam localizadas no curso principal. A Tabela 5 apresenta a relação das estações da rede de qualidade de água cujos dados serão utilizados.

Tabela 5 - Relação das estações de qualidade de água operadas pela CPRM.

ESTAÇÃO	Código FLU	Código PLU	LOCALIDADE	CURSO D'AGUA	LATITUDE	LONGITUDE	Bacia
Rocio 2 - Ponte	58400212	****	Petropolis	Rio da Cidade	22° 28' 38,70"	43° 15' 24,60"	Preservada
Esperança	58400010	2243285	Petropolis	Rio Piabanha	22° 30' 39"	43° 12' 37"	Urbana
Liceu	58400050	2243288	Petropolis	Rio Piabanha	22° 29' 14"	43° 10' 38"	Urbana
Morin	58400030	2243287	Petropolis	Rio Palatinado	22° 31' 00"	43° 10' 08"	Urbana
Poço Tarzan	58400110	2243303	Petropolis	Rio Bonfim	22° 27' 14"	43° 06' 28"	Agrícola
Poço do Casinho	58400102	****	Petropolis	Rio Açú	22° 27' 39,6"	43° 05' 40,8"	Agrícola
Joao Christ	58400104	****	Petropolis	Rio Alcobaça	22° 27' 37,19"	43° 05' 59,76"	Agrícola
Pq.petropolis	58400250	2243302	Petropolis	Rio Quitandinha	22° 24' 19"	43° 08' 00"	-
Pedro do Rio	58405000	*****	Petropolis	Rio Piabanha	22° 19' 56"	43° 08' 01"	

Para a avaliação da qualidade de água da bacia também foi feito o levantamento dos usuários instalados na bacia com base em dados fornecidos pelo INEA – Instituto Estadual do Ambiente e pela ANA – Agência Nacional de Águas através do CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos. Com base na relação de usuários de lançamento, foi possível constatar que a maior parte deles utiliza fossa e sumidouros para lançar esgoto doméstico sem tratamento. Já as

indústrias que lançam diretamente nos corpos d'água, em sua maioria fazem algum tipo de tratamento no efluente antes de lançá-lo. Dessa forma, os usuários foram separados em dois grupos de acordo com o local de despejo: lançamentos nos corpos d'água e em fossas e sumidouros, apresentados na Tabela 6 e 7.

Tabela 6. Relação de usuários do CNARH selecionadas para o estudo que lançam em rios.

USUÁRIOS	RIO	DESCRIÇÃO	CARGA MÉDIA DBO - BRUTA (mg/s)	CARGA MÉDIA DBO - TRATADA (mg/s)
MUSEU IMPERIAL	Quitandinha	Processo sem tratamento	0,005	0,000
MUSEU IMPERIAL	Quitandinha	Processo sem tratamento	0,005	0,000
LEXMAR INDÚSTRIA E COMERCIO DE MALHAS LTDA.	Rio Palatinato	**ETAR/ETDI	5062,500	458,333
Lexmar Indústria e Comércio de Malhas Ltda	Palatinato	Outro	13,885	2,777
GE CELMA LTDA	Rio Piabanha	**ETAR/ETDI	0,000	0,000
GE CELMA LTDA	Rio Piabanha	*ETE	4393,836	683,222
Carl Zeiss Vision Brasil Indústria Óptica Ltda	Rio Piabanha	*ETE	54,000	67,500
WERNER FABRICA DE TECIDOS S/A.	Rio Piabanha	**ETAR/ETDI	13311,667	692,611
WERNER FABRICA DE TECIDOS S/A.	Rio Piabanha	**ETAR/ETDI	699,542	36,458
Carl Zeiss Vision Brasil Indústria Óptica Ltda.	Rio do Carmo	*ETE	1293,939	1716,472
Confecções Feranda Ltda.	Drenagem local	*ETE	25,000	5,000
XERIUM TECHNOLOGIES BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Rio Piabanha	**ETAR/ETDI	89,444	92,000
XERIUM TECHNOLOGIES BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	Rio Piabanha	**ETAR/ETDI	89,444	92,000
NESTLE WATERS BRASIL - BEBIDAS E ALIMENTOS LTDA	Rio Piabanha	*ETE	5,858	1,028
Empresa de Aguas S/O Lourenço Ltda	Rio Piabanha	*ETE	6,667	8,333
Moinho Verde Alimentos Ltda	Rio Piabanha	Processo sem tratamento	69,600	0,000
CEREAIS BRAMIL LTDA.	Rio Piabanha	*ETE	16,889	2,667
*ETE - Tratamento de esgoto sanitário doméstico ou de unidade industrial				
**ETAR/ETDI - Tratamento de efluentes de processo				

Tabela 7. Relação de usuários do CNARH selecionadas para o estudo que lançam em fossas e sumidouros.

USUÁRIOS	DESCRIÇÃO
alps auto posto ltda	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO DO EDIFICIO AQUARIUS	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
FERNANDO MADEIRA GOMES COELHO	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO DO EDIFICIO SANTOS DUMONT E MARISA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
odette inecco gomes de lemos	ETE
Auto Posto Montecaseros Ltda	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO NUCLEO RESIDENCIAL TIRADENTES	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
METALURGICA DABLOGE LTDA.	Outro
CONDOMINIO SOLAR DAS HORTENCIAS	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO DO PARQUE RESIDENCIAL YPIRANGA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Condominio Residencial Victoria Place	ETE
Hotel do nono ltda	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
BIJUTERIAS PETROPOLIS LTDA	ETE
FERNANDO LUIZ BRAGA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Condominio Barao do Rio Branco	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
POSTO DE ABASTECIMENTO OLIVEIRA E VOGEL LTDA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Condominio do Conjunto Residencial Barao do Pilar	ETE
DUcio Angelo Fonini Junior	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Condominio Jardim Carangola	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
ZULEIKA BORGES TORREALBA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CondomYnio Vivenda dos Eucaliptos	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÉPOLIS	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CondomYnio Quinta do Lago	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
HOTEL CAMPESTE DE PETRÉPOLIS LTDA	Outro
SERVIÃO SOCIAL DO COMÉRCIO/ARRJ - U. NOGUEIRA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
LAFARJE BRASIL S/A	Processo sem tratamento
ASSOCIAÇÃO DOS FUNCIONARIOS DO BNDES	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Associação dos Lojistas do Centro Comercial Tarrafas	ETE
DE PAULA MOURA IND. DE ROUPAS LTDA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Tambo Los Incas Turismo Ltda	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO VARGEM ALEGRE	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
CONDOMINIO CENTRO EXECUTIVO 2000	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
COND. PARQUE DA BOA VISTA	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Condominio Mirante do Sol Nascente	Esgoto domiciliar difuso sem tratamento
Freire Palha empreendimentos Hoteleiros Ltda	Outro
Concreto Nova Estrela Ltda	ETE
CONDOMINIO EDIFICIO BARÃO DE GUARACIABA	Outro
*ETE - Tratamento de esgoto sanitário doméstico ou de unidade industrial	

Com base nesses dados, utilizando o software Arc GIS 9.3, foram reunidas as informações coletadas e elaborado um mapa que contém as estações de qualidade de água, os lançamentos nos cursos d'água e em fossas e sumidouros, os limites das bacias, e fotos relativas às bacias agrícolas, urbana e preservada que se encontram apresentadas na Figura 3.

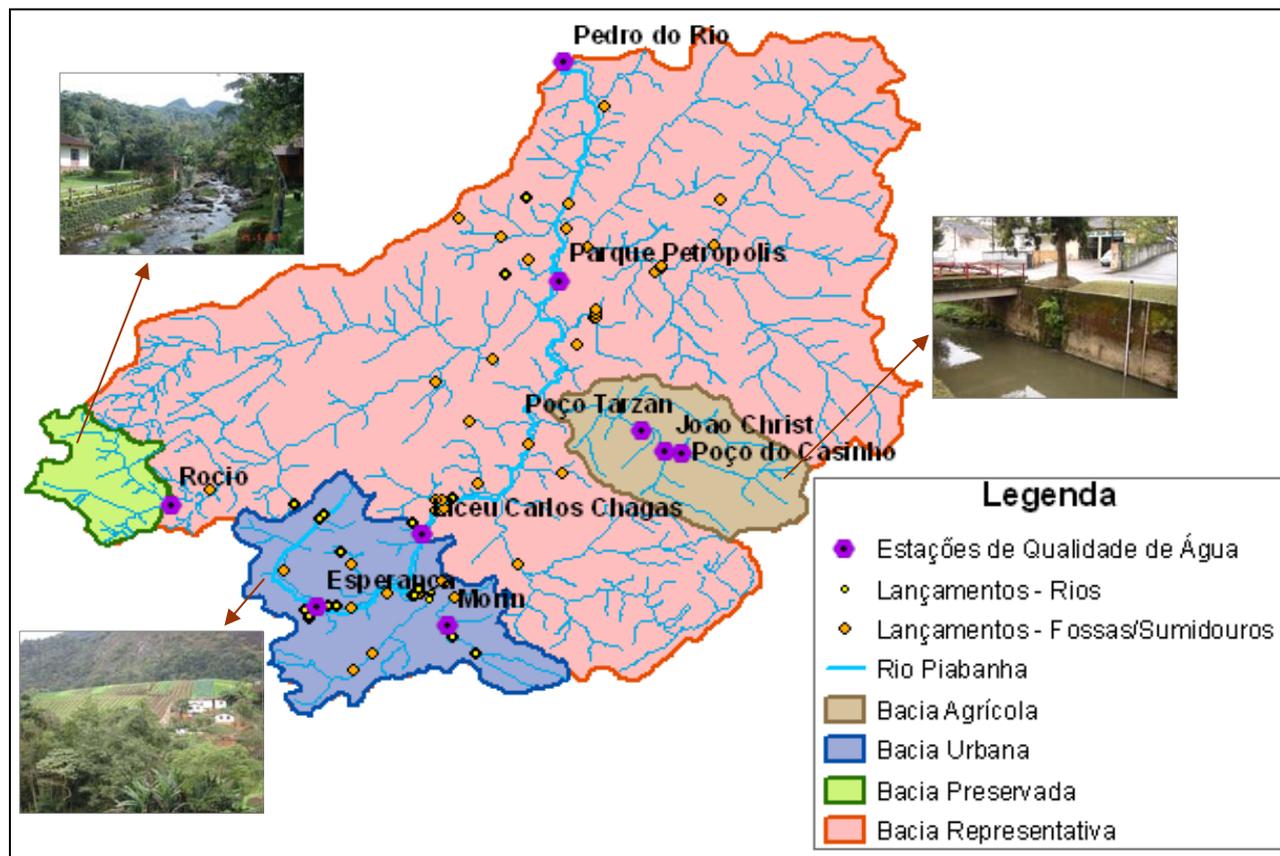


Figura 3 – Mapa com informações coletadas para a avaliação da qualidade de água da bacia do Piabanha.

Como já relatado, anteriormente, a metodologia definida para o cálculo do IQA que foi utilizada no trabalho foi a do Sistema de Cálculo de Qualidade de Água – SCQA utilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM com uma pequena adaptação em relação ao parâmetro “Sólidos Totais”, já realizada em Prado e Di Lullo (2007). Como esse parâmetro não é monitorado, ele foi substituído pelo parâmetro “Sólidos Dissolvidos Totais”, que, também, não faz parte do elenco de parâmetros da rede, mas pode ser obtido a partir dos dados de “Condutividade Elétrica” por estarem intimamente relacionados. Foi utilizado o fator de conversão “0.64”.

Os dados utilizados no estudo compreenderam as coletas realizadas no período de junho de 2010 a fevereiro de 2011 (quatro campanhas). Vale ressaltar que os dados são brutos e não passaram por nenhum procedimento de consistência. Os resultados obtidos para cada estação, em cada campanha, para o “IQA/SCQA” encontram-se apresentados na Tabela 8. As estações foram

ordenadas por bacia hidrográfica, de montante para jusante. Os valores estão assinalados com as cores referentes a classificação do IQA/SCQA segundo as classes estabelecidas na Tabela 3. A Tabela 9 apresenta a classificação da qualidade de água da bacia do rio Piabanha segundo a metodologia do SCQA.

Tabela 8 - Valores de “IQA/SCQA” calculados para as estações da Bacia do rio Piabanha.

Datas/Estações	Esperança	Morin	Liceu	Pç. Casinho	Joao Christ	Poço Tarzan	Rocio 2	Pq.Petropolis	Pedro do Rio
Junho de 2010	48,66	44,34	49,64	76,82	71,28	69,00	74,32	54,30	64,23
Outubro de 2010	41,00	53,22	57,40	72,47	70,63	51,01	65,64	28,85	60,16
Novembro de 2010	37,62	39,00	41,33	74,33	73,27	72,17	50,73	47,58	54,40
Fevereiro de 2011	41,35	36,95	46,21	74,62	65,43	67,40	72,40	51,48	53,94

Tabela 9 Classificação da qualidade da água das estações da bacia do rio Piabanha segundo a metodologia do SCQA.

Bacias Experimentais	Urbana			Agrícola			Preservada	Controle	
Datas/Estações	Esperança	Morin	Liceu	Pç. Casinho	Joao Christ	Poço Tarzan	Rocio 2	Pq.Petropolis	Pedro do Rio
Junho de 2010	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Médio	Bom	Médio	Médio
Outubro de 2010	Ruim	Médio	Médio	Bom	Bom	Médio	Médio	Ruim	Médio
Novembro de 2010	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Bom	Médio	Ruim	Médio
Fevereiro de 2011	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Médio	Médio	Bom	Médio	Médio

É possível perceber que os piores valores de IQA/SCQA encontram-se na bacia urbana que corresponde às estações mais a montante em relação ao curso principal. As estações obtiveram IQA/SCQA considerado “Ruim” em todas as coletas com exceção da campanha de outubro de 2010, para as estações Morin e Liceu, que tiveram classificação “Médio”, embora os valores obtidos para o IQA/SCQA, nesses dois casos, se situarem bem próximos do limite da classe inferior. Isso já era esperado em razão da situação atual da bacia, mais acentuada na área urbana, que praticamente não possui tratamento de esgoto e demonstra que o IQA/SCQA é uma ferramenta útil para esta área. Demonstra, também, que a definição da rede de monitoramento está correta.

Para a bacia de uso agrícola, os valores encontrados variaram entre “Bom” e “Médio”, em virtude da área possuir baixa densidade demográfica alternado entre áreas preservadas e cultivadas. O seu principal problema está nos agrotóxicos utilizados nas culturas e alguns metais que compõem o solo. Assim, os resultados encontrados não são representativos da situação da qualidade da água nessa área, pois, correspondem a apenas uma vertente da situação. Nota-se que a estação mais a montante, Poço Casinho, situada próxima a nascente obteve ótimos resultados já que, praticamente, não recebe cargas orgânicas.

Os resultados obtidos para a bacia mata preservada são incompatíveis com a sua situação da qualidade da água, nas campanhas de outubro e dezembro de 2010, que apresentaram resultados “Médios”. Essa bacia deveria ter apresentado, no mínimo, resultados “Bons” em todas as campanhas. Na campanha de outubro de 2010, constatou-se que os valores obtidos para os parâmetros oxigênio dissolvido e coliformes fecais, foram muito baixo (26%) e alto (3169

NMP/100 ml) respectivamente. Assim, provavelmente, as amostras coletadas não foram representativas. Já na campanha de dezembro de 2010, os valores de coliformes fecais é que foram altos (3169 NMP/100 ml) fazendo com que o IQA/SCQA tivesse seu valor reduzido. Recomenda-se que sejam observados, nas próximas campanhas, os valores de coliformes fecais e oxigênio dissolvido para confirmar a situação da estação Rocio em relação a qualidade de água, caso, o problema se repita por mais vezes a estação deverá ser alterada para que não perca a sua função na pesquisa.

Também, é possível, acompanhar os valores obtidos do IQA/SCQA obtidos no gráfico apresentado na Figura 4 que mostra as estações que compõem a Rede de Qualidade de Água da bacia representativa do rio Piabanha. A partir dele é possível perceber que o rio Piabanha recupera a sua qualidade de montante para jusante (estações Parque Petrópolis e Pedro do Rio), conforme se distancia da bacia urbana, região de maior adensamento possuindo valores “Médios” no exutório da Bacia Representativa.

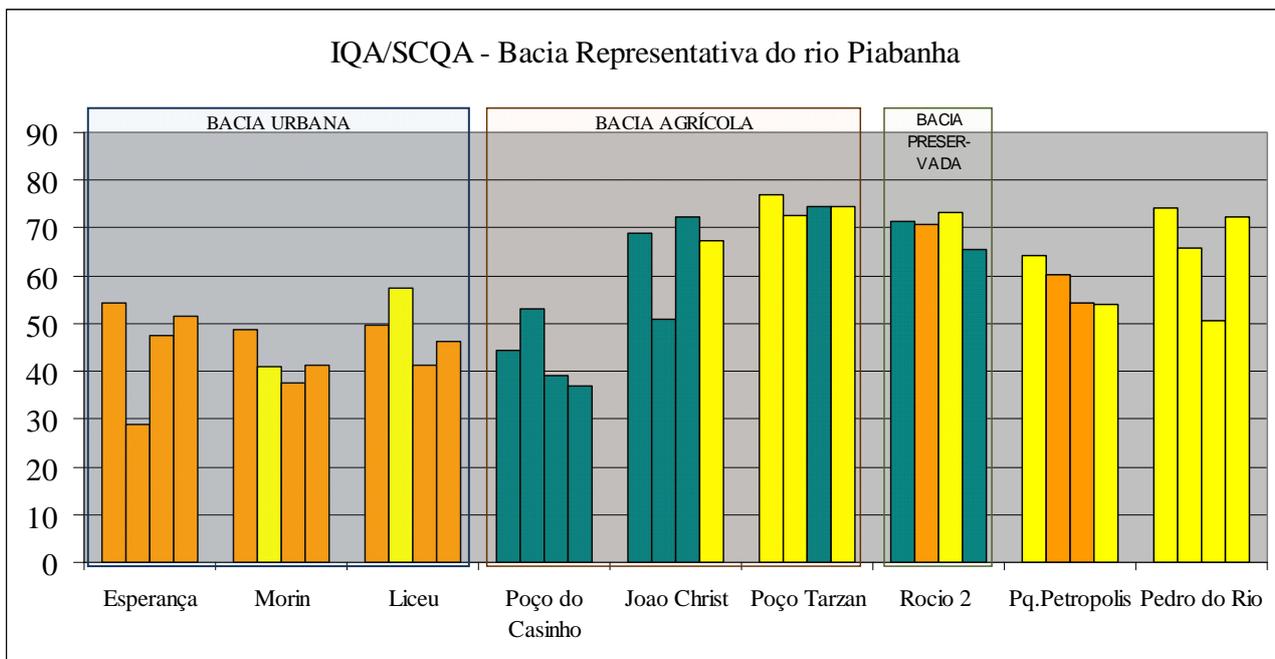


Figura 4 – Valores do IQA/SCQA obtidos para as estações da Rede de Monitoramento de Qualidade de Água da bacia representativa do rio Piabanha.

Proporcionalmente, os valores de IQA/SCQA na bacia representativa do Piabanha correspondem aos seguintes valores, aproximadamente: 28% “Bom”, 39% “Médio” e 33% “Ruim”, conforme pode ser observado na Figura 5

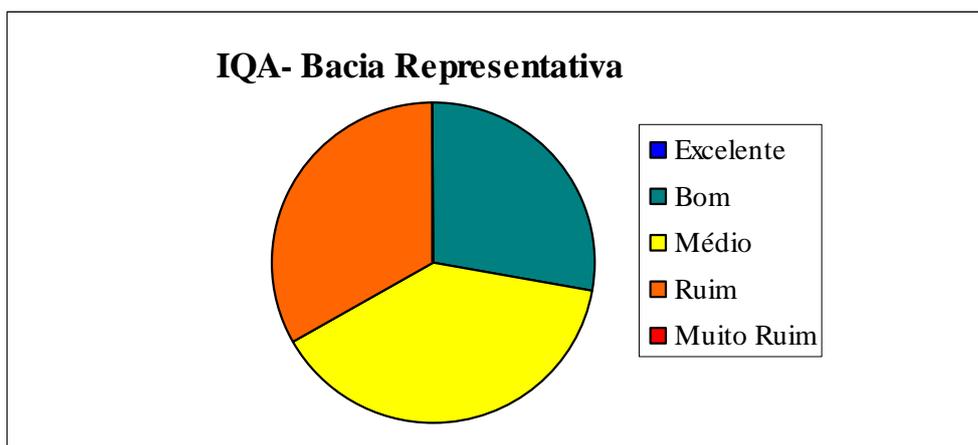


Figura 5 - Gráficos que apresentam a distribuição do IQA/SCQA na Bacia.

Os resultados obtidos para cada estação foram organizados e reunidos num mapa que contém as informações da bacia com o objetivo de oferecer uma maior compreensão e melhor avaliação da qualidade de água da bacia apresentado na Figura 6

É possível analisar a contribuição de cada bacia para a qualidade de água do rio Piabanha e compará-las entre si. Nota-se que as bacias preservadas e agrícolas auxiliam a melhoria dos índices de qualidade. O rio Piabanha na estação Liceu apresenta IQA/SCQA “Ruim”, em 100% das campanhas, antes de chegar a Parque Petrópolis recebe a contribuição das duas bacias e já apresenta uma melhora (50% “Ruim” e 50% “Médio”).

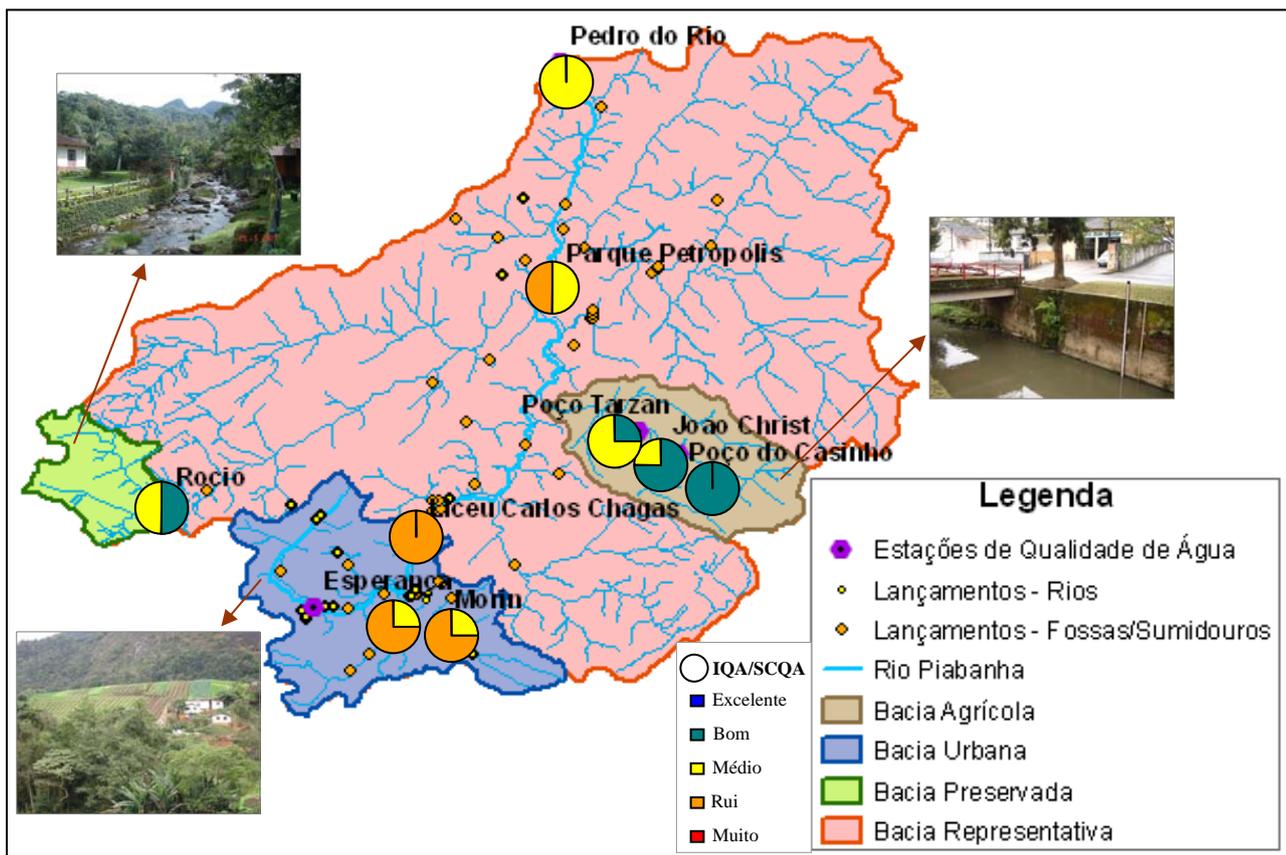


Figura 6 – Mapa da bacia representativa do rio Piabanha com informações reunidas para a avaliação da qualidade da água.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As bacias representativas e experimentais consistem em uma metodologia muito eficaz para o desenvolvimento de pesquisas nas áreas da hidrologia e ciências afins. Através delas é possível a geração de dados que podem ser utilizados na gestão dos recursos hídricos.

A metodologia do Índice de Qualidade de Água do SCQA (IQA/SCQA) proporciona a avaliação da qualidade de água de uma bacia de uma forma simples e útil tanto para pesquisadores, quanto, para usuários e público em geral, pois transforma dados quantitativos em informação, reunindo vários parâmetros em um único valor traduzido numa classificação.

O IQA/SCQA funciona como uma boa ferramenta de avaliação da qualidade de água de uma bacia hidrográfica, principalmente, quando o principal problema é contaminação por esgoto doméstico sem tratamento, entretanto apresenta algumas limitações.

Através dos resultados obtidos, constatou-se a sua deficiência com relação a problemas na área agrícola, como pesticidas e alguns metais, que não são avaliados pelo índice e requerem um acompanhamento no projeto. Dessa forma, recomenda-se a adaptação do índice para esse problema específico com a inclusão de outros parâmetros.

Através do IQA/SCQA foi possível avaliar os pontos mais críticos da bacia e como e o seu comportamento em relação a qualidade da água, servindo, também, para detectar problemas na localização das estações e avaliar as áreas que necessitam de um monitoramento mais intensivo.

Recomenda-se a atualização do IQA/SCQA conforme forem obtidos mais dados de qualidade de água para acompanhar possíveis variações da qualidade da água ao longo do tempo e ter resultados mais robustos.

É recomendável, ainda, que seja feita uma análise conjunta dos dados de quantidade e qualidade de água para que a avaliação seja mais completa.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, L. M. N.; MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M.D. *et al Estudos Integrados de Bacias Experimentais Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha*. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11., 2007, São Paulo. Anais... CD-ROM

MCT/FINEP/CT-HIDRO, “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, março de 2010.

MORAIS, A; VILLAS-BOAS, M.D. *et al. “Estudos para um diagnóstico quali-quantitativo em bacias experimentais – Estudo de Caso: Bacia do rio Piabanha”*. In 2º Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, 2009, Taubaté, São Paulo.

LABHID COPPE/UFRJ. “Propostas para a Criação de Áreas Sujeitas a Restrição de Uso, com vistas à Proteção dos Recursos Hídricos”. Elaborado como parte dos documentos que compõem o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul, ANA, LabHid COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC, 2002.

PIMENTEL DA SILVA, L.; URPIA ROSA, E.; PIRES DA SILVA, C.P. *Caracterização de Parâmetros Físicos e do Saneamento Ambiental de Bacia Experimental-Representativa na Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil*. In: Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol 5, num. 3, 2010 pp.232-244 – Universidade de Taubaté – Taubaté, Brasil,

PRADO, R.B., DI LULLO, L. B. EMBRAPA SOLOS (2007). “Estudo de índices de qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – Rio de Janeiro.” Boletim de pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos.

SEMAD; UCEMG / PNMA II (2005). “Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) – Estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)”. Relatório I.