

Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos – o Enquadramento – como ferramenta para reabilitação de rios

On water resources management instruments – Framing – as a tool for river rehabilitation

David de Andrade Costa^{1,2}, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção³, José Paulo Soares de Azevedo¹, Marco Aurélio dos Santos¹

DOI: 10.1590/0103-11042019S303

RESUMO O Enquadramento dos Corpos Hídricos em Classes de Usos Preponderantes, de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005, possibilita o estabelecimento de metas a serem alcançadas, ou mantidas, em um segmento de corpo d'água de acordo com seus usos preponderantes. Sua proposição é responsabilidade dos Comitês de Bacia Hidrográfica, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro; o Comitê Piabanha definiu como prioridade o Enquadramento do Rio Piabanha. Nesse sentido, o objetivo deste artigo foi comparar em que medida o Enquadramento comporta-se como um processo de reabilitação da saúde dos rios. Busca-se construir um referencial teórico e definir diretrizes metodológicas para projetos de enquadramento de recursos hídricos. Nas conclusões, são destacadas cinco recomendações consideradas chave para o processo de enquadramento.

PALAVRAS-CHAVE Usos da água. Poluição de rios. Qualidade da água.

ABSTRACT *The Framing of Water Bodies in Preponderant Uses Classes, according to Conama Resolution nº 357/2005, enables the establishment of goals to be achieved, or maintained, in a body of water according to its predominant uses. Its proposal is the responsibility of the River Basin Committees, in the Mountain Region of the state of Rio de Janeiro; The Piabanha Committee has set the Framing of the Piabanha River as a priority. In this sense, the objective of this article was to compare the extent to which the Framing behaves as a process of rehabilitation of river health. It seeks to build a theoretical approach and define methodological guidelines for water resources framing projects. In the conclusions, five recommendations that are considered key to the framing process are emphasized.*

KEYWORDS *Water use. River pollution. Water quality.*

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.
david.costa@iff.edu.br

²Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), Campus Avançado São João da Barra – São João da Barra (RJ), Brasil.

³Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (Ensp), Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental (DSSA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.



Introdução

No Brasil, poucos dados de monitoramento contínuo demonstram a melhora da qualidade das águas dos rios^{1,2}. A distribuição espacial adequada e a continuidade das séries históricas são um desafio constante na operação de uma rede qualiquantitativa. Tais descontinuidades prejudicam o acompanhamento da saúde ambiental dos rios e inviabilizam a tomada de decisão factual por parte do agente fiscalizador.

Em analogia aos exames clínicos, solicitados por um médico, de parâmetros como hemograma, taxas de glicose, colesterol entre muitos outros que aferem a saúde humana, parâmetros de qualidade da água, como Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), potencial Hidrogeniônico (pH), entre outros, aferem a saúde de um corpo hídrico.

Oportuno estudo ‘Observando Rios’, produzido pela SOS Mata Atlântica, trouxe dados coletados e analisados do período de março de 2016 a fevereiro de 2017, contendo preocupantes resultados sobre a saúde dos rios, bastante afetada e requerendo cuidados. “Foram realizadas 1.607 análises da qualidade da água, em 240 pontos de coleta, distribuídos em 184 corpos d’água, em 73 municípios de 11 estados do bioma Mata Atlântica”¹⁽⁶⁾, concluindo que 51 rios apresentaram qualidade ruim ou péssima; e 97, regular, segundo os padrões do Índice de Qualidade da Água (IQA). Como tratar esses rios? É possível recuperá-los?

Entre os instrumentos de gestão instituídos pela Política Nacional de Recursos Hídricos³ (Lei nº 9.433/97), o Enquadramento dos Corpos Hídricos em Classes de Usos Preponderantes, de acordo com a Resolução Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357/2005, possibilita o estabelecimento de metas a serem alcançadas, ou mantidas, em um segmento de corpo d’água de acordo com seus usos preponderantes⁴.

Os parâmetros estabelecidos para as classes de enquadramento são uma referência para o *checkup* da saúde dos rios, englobando todos os elementos que medem a qualidade da água a partir de um monitoramento contínuo.

Sabe-se que a água é precursora da vida e que sem ela em quantidade e qualidade não há bem-estar, portanto, a saúde humana fica enormemente comprometida. Essa lógica levou a que, historicamente, os aglomerados humanos instalassem-se nas proximidades de rios, lagos e estuários.

No entanto, com o processo de urbanização, as características dos ambientes naturais foram fortemente alteradas, trazendo consequências indesejáveis, como: a redução da qualidade da água, a perda da capacidade de suporte da vida aquática, a redução da quantidade de água devido aos seus usos e a alterações na geomorfologia local⁵, além das indesejáveis doenças de veiculação hídrica.

Visando ensejar a reversão desse histórico de degradação, a Organização das Nações Unidas (ONU), ao reconhecer o saneamento e o acesso à água como direito humano, propôs o Programa Objetivos do Milênio⁶ que estabeleceu, entre outros, o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS 6.6), relativo à proteção e restauração de ecossistemas relacionados com a água. Outro grande marco foi a declaração da assembleia geral da ONU, 1º de março de 2019, que estabeleceu o período de 2021 a 2030 como a década da restauração de ecossistemas⁷.

No cenário local, o Comitê Piabanha^{8,9}, integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos¹⁰, definiu como prioridade o Enquadramento do Rio Piabanha, situado na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. É esperado que metodologia aplicada nesse projeto seja a referência para o Enquadramento dos demais rios da região.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é comparar em que medida o Enquadramento comporta-se como um processo de reabilitação da saúde dos rios. Busca-se construir um referencial teórico e definir diretrizes metodológicas para projetos de enquadramento de recursos hídricos.

Material e métodos

Para o tópico Enquadramento de Recursos Hídricos, realizamos uma pesquisa

bibliográfica sistemática que compreende o período de 2008 a 2019. O ano inicial é justificado pela publicação a Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos¹¹ (CNRH) que dispõe sobre critérios gerais para o enquadramento de corpos hídricos.

Para o levantamento de artigos científicos, foi utilizada a plataforma do Periódico Capes, constituída por 520 bases de dados, o que inclui a base Scopus, a Web of Science, a Springerlink e a Scientific Electronic Library Online (SciELO). Além dessas bases, também foram utilizadas as ferramentas de busca da ‘Revista Brasileira de Recursos Hídricos’ e da revista ‘Saúde em Debate’.

Foram utilizados os seguintes termos de busca: ‘enquadramento recursos hídricos’, ‘enquadramento rios’, ‘enquadramento corpos d’água’, ‘efetivação metas enquadramento’, ‘*water use classifications goals*’, ‘*water use designation target*’.

As áreas do conhecimento consideradas foram ‘*Water Quality, Environmental Sciences, Rivers, Water Resources, Public Health, Environmental Monitoring, Watersheds, Engineering/Environmental, River Basins, Water Pollution, Water Resources Management, Brazil, Recursos Hídricos, Qualidade da Água*’.

Para o tópico Doenças de Veiculação Hídrica, realizamos uma busca direcionada para a Região Hidrográfica IV (RH-IV), área de atuação do Comitê Piabanha. Foram utilizados os seguintes descritores: ‘doenças de veiculação hídrica na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro’, ‘esquistossomose mansônica no estado do Rio de Janeiro’, ‘esquistossomose mansônica na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro’, ‘esquistossomose mansônica no município de Sumidouro’. Utilizamos a plataforma Periódico Capes e a bases da PubMed.

Como critérios de seleção, foram utilizados: 1) Artigos revisados por pares; 2) Menção explícita dos termos de busca no título; 3) Referência explícita no resumo de experiências ou metodologias ou diretrizes para o Enquadramento; 4) Referência explícita no resumo de doenças de veiculação hídrica com ocorrência nos municípios integrantes da RH-IV.

Para a temática Reabilitação de Rios, buscamos os documentos norteadores da Society for Ecological Restoration (SER). Buscamos, ainda, os documentos temáticos produzidos no âmbito da ONU.

Além da revisão bibliográfica, discutimos uma série histórica de dados de qualidade da água em dois pontos do Rio Piabanha no período entre 2014 e 2018. Os dados sistematizados são provenientes do monitoramento sistemático realizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea).

Área de estudo

A RH-IV do Rio de Janeiro representa uma área de 4.484 km² e compreende, na integralidade, os territórios dos municípios de Teresópolis, Areal, São José do Vale do Rio Preto, Sapucaia e Sumidouro, e parcialmente os municípios de Petrópolis, Paty do Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios e Carmo¹².

A Bacia do Rio Piabanha, inclusa na RH-IV e localizada na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, possui 2.050 km² de área¹². As duas maiores cidade da região, Petrópolis e Teresópolis, ocupam as cabeceiras das bacias e dão origem ao Rio Piabanha e ao Rio Preto respectivamente.

O saneamento é um dos maiores problemas de saúde ambiental da região, pois as cidades cresceram de maneira desordenada ao longo da hidrografia local. O território abriga uma população de aproximadamente 500 mil habitantes¹² e possui uma economia diversificada com indústrias, comércio, serviços e agricultura, especialmente, de hortaliças. O Rio Piabanha, com 80 km de extensão, drena os municípios de Petrópolis, Areal e Três Rios, seus principais afluentes são o Rio Preto e o Rio Fagundes.

O Comitê Piabanha é o responsável por promover a gestão dos recursos hídricos da RH-IV do Rio de Janeiro. Dentre suas atribuições, destacam-se a aprovação e a implementação do Enquadramento de Recursos Hídricos nos termos da Lei Estadual nº 3.239/1999.

Resultados e discussões

Qualidade da água na Bacia do Rio Piabanha

A Bacia do Rio Piabanha conta com cinco pontos de monitoramento sistemático do Inea¹³, sendo um no Rio Preto, um no Rio Paquequer, um no Rio Santo Antônio e dois pontos no Rio Piabanha – um em Petrópolis e outro em Três Rios, respectivamente na cabeceira e na foz.

Os parâmetros de qualidade da água aferidos são DBO, Fósforo Total, Nitrato, OD, pH, Turbidez, Coliformes Termotolerantes, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e Temperatura (*quadros 1 e 2*). Com base nesses parâmetros, é possível calcular o Índice de Qualidade da Água do National Sanitation Foundation (IQA_{NSF}), oficialmente adotado pelo estado do Rio de Janeiro.

No caso dos coliformes termotolerantes, todas as amostras da série histórica violam o padrão de 100 NMP/100 ml estabelecido para classe 2 pela Conama n° 357/2005. As altas concentrações de coliformes evidenciam o lançamento de esgoto no Rio Piabanha, propiciando a presença de patógenos nessas águas.

A ausência e/ou ineficiência de coleta e tratamento de efluentes sanitários que, para

os corpos hídricos, ensejam poluição; para a população, é causa de inúmeras doenças de veiculação hídrica. Endemias como da esquistossomose no município de Sumidouro são bastante documentadas por artigos^{14,15} que abrangem pesquisas há mais de meio século, e, ainda hoje, o problema persiste nas áreas rurais: essa doença também foi detectada no município de Carmo¹⁶.

Outros autores relatam a ocorrência de patógenos, como *Cryptosporidium parvus* em hortaliças em Teresópolis^{17,18}. Casos de hepatite A, leptospirose, giardíase, entre outros, são comuns e podem apresentar-se em maior quantidade nos períodos de cheias, em que é comum o extravasamento das águas dos rios¹⁹. No geral, a percepção dos autores que residem nessa região indica que a RH-IV apresenta um quadro epidemiológico com subnotificações de casos, dado que nem todo episódio de gastroenterite é registrado.

O parâmetro OD na água está diretamente relacionado com a atividade biológica no rio e com a sua respectiva DBO, permitindo inferir os processos aeróbios e anaeróbios de biodegradação no rio. Em linhas gerais, baixos teores de OD estão majoritariamente relacionados com poluição das águas por material orgânico e demais nutrientes, em especial, o esgoto sanitário²⁰.

Quadro 1. Série histórica de 2014 a 2018 do monitoramento sistemático do Inea no Rio Piabanha após o centro urbano de Petrópolis

Data	IQA _{NSF}	Categoria qualidade IQA	DBO (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	OD (mg/L)	pH	Turbidez (uT)	Coliformes* NMP/100mL	SDT (mg/L)	Temp Água (°C)
08/01/2014	48,5	Ruim	4,2	0,22	0,88	4,8	6,9	4,8	33.000	78	17
12/03/2014	43,5	Ruim	5	0,32	5,23	4,2	7,1	3,8	79.000	135	20
26/05/2014	42,7	Ruim	7,2	0,76	5,64	4,6	6,9	4,4	33.000	101	18
22/07/2014	35,3	Ruim	7,2	0,98	6,86	3,2	7,5	4,1	92.000	111	15
28/10/2014	44	Ruim	7,2	0,27	4,84	6	7	6	1.600.000	129	17
16/06/2015	N/A	N/A	8,4	0,82	ND	3	7,2	8	120.000	109	12
21/09/2015	36	Ruim	6	0,89	0,06	1,4	7,6	3,1	19.000	140	18
17/11/2015	62,3	Média	2	0,31	3,69	7,2	7,4	22,8	3.400	100	25
02/02/2016	51,9	Média	9	0,24	1,91	5,8	7	2,3	14.000	63	20

Quadro 1. (cont.)

21/03/2016	45,9	Ruim	4,4	0,39	0,92	4,4	6,9	3,7	56.000	95	20
22/09/2016	39,4	Ruim	8	0,45	0,25	3,8	7,1	8,3	20.000	140	15
14/02/2017	49,1	Ruim	5	0,29	0,93	5,6	7,1	3,0	24.196	77	18
18/11/2017	55,8	Média	4	0,58	0,22	4,2	7	4,1	2.300	122	21
20/02/2018	51	Média	3,4	0,37	1,08	5,6	8,2	5,3	24.000	89	20
15/05/2018	N/A	N/A	4,6	0,51	ND	4,8	7,4	5,5	54.000	105	18
18/09/2018	N/A	N/A	6	0,39	ND	6,6	7,3	6,4	35.000	116	17
12/12/2018	50,8	Média	2	0,5	0,38	3	7,4	3,9	3.300	114	19
Média	46,87	N/A	5,5	0,49	2,35	4,6	7,2	5,9	130.129	107	18
Mediana	47,20	N/A	5,0	0,39	1,01	4,6	7,1	4,4	33.000	109	18
Desvio padrão	7,49	N/A	2,1	0,24	2,38	1,5	0,3	4,7	380.200	22	3
Classe 2	N/A	N/A	<5	<1,4	<10	>5	N/A	<100	<100	<500	N/A

Fonte: Elaboração própria com dados disponibilizados pelo Inea.

* Coliformes termotolerantes. Os dados destacados em cinza referem-se a violações à Classe 2 da Conama 357.

No ponto de monitoramento em Petrópolis (quadro 1), pode-se constatar que a maior parte dos valores de OD encontram-se abaixo do Valor Mínimo Permitido (VMP) para a classe 2; do mesmo modo, o parâmetro DBO também apresenta violações. As datas que apresentam valores de OD superiores a 5 mg/L, em sua maioria, estão

associadas a períodos chuvosos, em que o efeito de diluição eleva os teores de OD. Infelizmente, os dados quantitativos, ou seja, a medição de vazão não é realizada simultaneamente à tomada de amostras para análises laboratoriais de qualidade da água, o que permitiria a quantificação das cargas poluidoras.

Quadro 2. Série histórica de 2014 a 2018 do monitoramento sistemático do Inea próximo à foz do Rio Piabanha em Três Rios

Data	IQA _{NSF}	Categoria qualidade IQA	DBO (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	OD (mg/L)	pH	Turbidez (uT)	Coliformes* NMP/100mL	SDT (mg/L)	Temp Água (°C)
08/01/2014	66,3	Média	2	0,15	1,46	7,4	7,2	54,0	780	117	26
12/03/2014	67,8	Média	2	0,09	1,2	7,8	7	42,0	790	73	25
26/05/2014	68,3	Média	2,8	0,28	2,88	9	7	12,0	790	63	18
22/07/2014	72	Boa	2	0,4	2,75	8,6	7,5	11,0	230	79	16
28/10/2014	54,6	Média	5,8	0,25	1,27	8	7,1	70,0	5.400	75	20
16/06/2015	N/A	N/A	2	0,2	ND	8,4	7,2	11,0	3.300	78	19
21/09/2015	N/A	N/A	2	0,18	3,12	ND	7,5	7,9	600	53	23
17/11/2015	31,7	Ruim	12	0,86	0,17	1,6	7	5,3	49.000	114	21
02/02/2016	61	Média	2,2	0,15	1,53	8,2	7,1	32,5	4.900	64	23
21/03/2016	49,3	Ruim	2	0,5	1,36	8	6,9	145,0	4.900	91	24
22/09/2016	66,3	Média	2	0,23	4,12	8,2	7,2	14,2	1.300	112	21

Quadro 2. (cont.)

14/02/2017	70,8	Boa	2	0,15	1,21	7,8	6,9	14,6	556	58	24
28/11/2017	68,9	Média	2	0,21	0,93	8	7,5	29,5	790	64	22
20/02/2018	49	Ruim	2	0,16	0,78	5,6	8,1	11,9	92.000	81	21
15/05/2018	N/A	N/A	2	0,13	ND	8,4	7,4	16,7	780	70	20
18/09/2018	N/A	N/A	3	0,28	ND	8,6	7,5	96,7	2.300	72	20
12/12/2018	67,2	Média	2	0,24	1,58	7,4	7,5	19,5	930	52	23
Média	61,02	N/A	2,9	0,26	1,74	7,6	7,3	34,9	9.962	77	22
Mediana	66,30	N/A	2,0	0,21	1,41	8,0	7,2	19,7	930	73	21
Desvio padrão	11,74	N/A	2,5	0,18	1,07	1,8	0,3	37,8	24.080	20	3
Classe 2	N/A	N/A	<5	<1,4	<10	>5	N/A	<100	<100	<500	N/A

Fonte: Elaboração própria com dados disponibilizados pelo Inea.

*Coliformes termotolerantes. Os dados destacados em cinza referem-se a violações à Classe 2 da Conama 357.

O IQA_{NSF} oscila entre as categorias média e ruim (*quadro 1*), sendo a categoria ruim a mais frequente. Destaca-se que quando um único parâmetro que compõem o IQA_{NSF} não está disponível, torna-se inviável o cálculo do índice, justificando assim a quebra na sequência histórica.

Próximo à foz do Rio Piabanha, no município de Três Rios (*quadro 2*), constata-se uma melhora da qualidade da água. Nesse ponto, praticamente todas as análises para o parâmetro OD foram acima de 5 mg/L, ou seja, dentro do padrão para a classe 2. O parâmetro DBO apresentou apenas duas violações para o ponto. Como reflexo dessa melhora na qualidade o IQA_{NSF} (*quadro 2*), também oscilou entre as categorias média e ruim, porém com valores limiares a categoria boa.

A melhora da qualidade da água na região próxima à foz deve-se à capacidade de auto-depuração do Rio Piabanha, que passa por regiões encachoeiradas, o que permite altas taxas de aeração natural da água. No entanto, principalmente, deve-se à diluição conferida pela sua confluência com o Rio Fagundes e com o Rio Preto, onde, em campo, visualmente já é possível perceber o efeito diluidor.

Os demais parâmetros monitorados

encontram-se abaixo do valor máximo permitido para a classe.

Tomando por base o IQA_{NSF} apresentado, pode-se constatar que o Rio Piabanha é altamente impactado por pressões antrópicas, desde o lançamento de efluentes e/ou da prática desregrada da agricultura até a ocupação irregular de suas margens. Nesse aspecto, é imprescindível a restauração/reabilitação dos trechos degradados e a manutenção/proteção dos trechos menos impactados.

Para viabilizar a melhoria da qualidade do Rio Piabanha, foi necessário considerar os instrumentos necessários, sejam eles conceituais na ciência da restauração ecológica, sejam eles legais, no caso do Enquadramento de Corpos Hídricos.

Restauração ecológica

A restauração ecológica é definida pela SER^{21,22} como o processo de auxiliar na recuperação de um ecossistema que tenha sido degradado, danificado ou destruído. Essa definição é resultado de uma ampla análise dos mais citados trabalhos científicos, que foram discutidos pelo relatório Primer da SER²¹. Trata-se de uma atividade intencional e planejada destinada à restauração de qualquer tipo de

ecossistema degradado para sua trajetória histórica, não para sua condição histórica²¹. Significando que o ecossistema restaurado não necessariamente recuperará seu estado anterior, uma vez que restrições e condições contemporâneas podem fazer com que ele se desenvolva ao longo de uma trajetória alterada²². A atividade de restauração colocará o ecossistema em uma trajetória de recuperação em que este possa persistir, e suas espécies possam adaptar-se e evoluir.

A primeira etapa de planejamento e concepção do projeto de restauração é a identificação de um ecossistema de referência, que pode ser definido como um modelo característico de ecossistema que representa a meta do projeto de restauração²². Essa referência é sintetizada com informações do passado e do presente, e antecipa as condições futuras da restauração, reforçando a importância do monitoramento. Projetos que buscam reinstalar alguma forma de funcionalidade sem buscar a recuperação de uma proporção substancial da biota nativa encontrada em um ecossistema de referência devem ser descritos como projetos de reabilitação²².

Planejamento, implementação, monitoramento e manutenção de projetos de restauração ecológica

O documento de referência elaborado pela SER²² dedica sua terceira seção à recomendação de práticas padrão para planejar, implementar, monitorar e manter projetos de restauração ecológica. As principais recomendações são sumarizadas na sequência.

Durante a fase de planejamento e projeto, devem ser observadas oito ações genéricas e padrão que devem ser adaptadas na medida das especificidades de cada projeto, são elas²²:

1. Engajamento das partes interessadas: quanto maior o engajamento e a construção da percepção de pertencimento, maior o potencial de sucesso do projeto. É fundamental

a participação de autoridades políticas, órgãos ambientais, população, indústrias e outros.

2. Análise do contexto externo: deve ser analisada a vizinhança de entorno do projeto, sua interação com a paisagem e com o meio aquático, de forma a mitigar ou gerenciar ameaças e, principalmente, permitir conectividade e fluxo gênico.

3. Inventário de base do ecossistema: consiste em um diagnóstico detalhado do estado atual do ecossistema a ser recuperado. Identifica as causas da degradação.

4. Definição de um ecossistema de referência: descreve um ecossistema nativo e local como referência de qualidade a ser alcançada pelo projeto de restauração.

5. Identificação de objetivos e metas: o projeto deve identificar claramente seus propósitos.

6. Indicação das ações de restauração: descreve claramente as ações que devem ser executadas, como, quando, por quem, em qual ordem e prioridade. Gerenciamento adaptativo deve ser uma prioridade.

7. Garantia dos direitos de propriedade: antes de investir em ações de restauração, devem ser verificados os direitos de propriedade do local de forma a garantir o acesso para manutenção e a continuidade de longo prazo da restauração.

8. Análise logística: devem ser avaliados os recursos necessários para o projeto, humanos e financeiros. Deve-se construir um cronograma detalhado e identificar as autorizações e licenças necessárias aplicáveis ao projeto.

Durante a fase de implementação, os projetos de restauração devem ser gerenciados de forma que seis questões padrão sejam observadas, são elas²²:

1. Nenhum dano adicional: os trabalhos de restauração devem ser conduzidos de forma a não impactarem negativamente quaisquer recursos naturais ou elementos da paisagem ou recursos hídricos.

2. Acompanhamento qualificado: execução das ações de forma responsável, efetiva e eficiente por pessoas adequadamente qualificadas e experientes ou sob a supervisão destas.

3. Suporte aos processos naturais: todas as intervenções devem ter foco em potencializar os processos naturais de recuperação.

4. Gerenciamento adaptativo: adotar mudanças corretivas formalmente documentadas para adaptar-se às respostas inesperadas do ecossistema em tempo hábil.

5. Conformidade legal: exercer total conformidade com a legislação trabalhista, de saúde e segurança e com toda a legislação, inclusive a relativa ao solo, ar, água, patrimônio, espécies e conservação do ecossistema.

6. Comunicação: é fator-chave à todas as partes interessadas.

Uma vez que destacamos o estado da arte em termos da restauração ecológica preconizada pela SER, vamos enfatizar um pouco mais os ambientes de fluviais.

Visando manter o preciosismo etimológico da palavra ‘restauração’ e seguindo a recomendação da SER, adotamos, neste trabalho, o uso da palavra ‘reabilitação’ para descrever todos os esforços envidados para reinstalar alguma forma de funcionalidade do ecossistema sem a pretensão de recuperar uma proporção significativa da biota nativa encontrada em um ecossistema de referência.

Reabilitação de rios

A Organização das Nações Unidas para a

Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) lançou, em 2016, o livro ‘Restauração de Rios: uma abordagem estratégica para planejamento e gerenciamento’²³.

Nessa referência internacional, o termo ‘restauração de rios’ é usado para se referir a qualquer intervenção para melhorar a função do ecossistema, a saúde do rio e os serviços ecossistêmicos relacionados. Essas intervenções incluem medidas que visam alcançar um estado que difere da condição natural original do rio. Os sistemas fluviais restaurados não refletem necessariamente a função ou estrutura do sistema original, mas evidenciam funções ou estruturas melhoradas em comparação com o sistema degradado.

No referido trabalho, são elencadas oito regras Golden Rules com base na experiência internacional de restauração/reabilitação de rios, são elas²³:

1. Trabalhar com recorte geográfico da bacia hidrográfica: entender as condições físicas, químicas e os processos biológicos que afetam a saúde dos rios para então compreender as causas do seu declínio e identificar as possíveis medidas de restauração.

2. Integrar-se a atividades mais amplas: reconhecer, incorporar e envolver todos os planos, programas e projetos existentes que afetam o rio.

3. Trabalhar na escala apropriada: ações de planejamento, implementação e monitoramento são necessárias em escala regional, com a reunião de diversos trabalhos em escala local.

4. Definir metas claras, alcançáveis e mensuráveis: devem ser especificados em termos de mudanças mensuráveis na função do ecossistema, na provisão de serviços ecossistêmicos e, quando possível, em fatores socioeconômicos.

5. Construir resiliência para futuras mudanças: considerar mudanças prováveis na paisagem ao longo do tempo, incluindo o clima, uso da terra, hidrologia, cargas de poluentes, canal do rio e vegetação ripária.

6. Garantir a sustentabilidade dos resultados da restauração: as estratégias de restauração devem ser planejadas, implementadas e gerenciadas com o objetivo de alcançar resultados que sejam sustentados em longo prazo.

7. Envolver todas as partes interessadas relevantes: uma abordagem integrada, incluindo as questões da terra e da água, e envolvendo a colaboração interinstitucional e comunitária, é provável que alcance os melhores resultados.

8. Monitorar, avaliar e comunicar evidências de resultados da restauração: monitorar os objetivos definidos e mensuráveis é fundamental como meio de orientar o gerenciamento adaptativo.

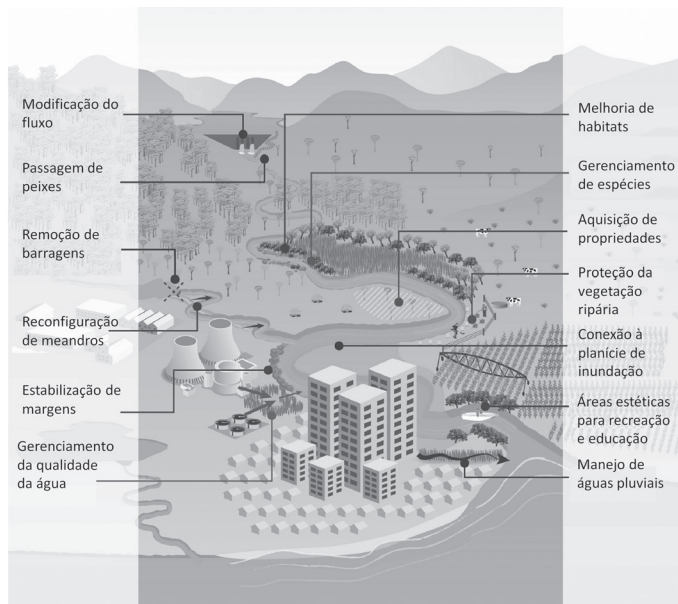
Técnicas para restauração/reabilitação de rios

O Centro de Restauração de Rios (River Restoration Centre – RRC) do Reino Unido é uma organização sem fins lucrativos, fundada por membros provenientes dos setores público, privado e de Organizações Não Governamentais (ONG) desse país, a qual tem promovido a restauração de rios desde 1997. O RRC é um centro de ‘informação e consultoria especializada’ para todos os aspectos da restauração de bacias hidrográficas e gestão de bacias hidrográficas.

Desde a criação do RRC, foram contabilizados 3.947 projetos de restauração/reabilitação de rios²⁴. As principais técnicas utilizadas nesses projetos compreendem a restauração de meandros, a remoção de barragens, o cercamento de rios, a regeneração da vegetação ripária, o controle de fontes de poluição, a criação de passagens de peixes, a formação/manutenção de áreas inundáveis, estabilização de margens e a melhoria de pontos de entrega de águas pluviais.

Speed et al.²³ descrevem 13 categorias de intervenções para revitalização de rios, conforme a figura 1.

Figura 1. Categorias de intervenções para reabilitação de rios



Fonte: Adaptado de Speed et al.²³

Enquadramento dos corpos de água brasileiros

O enquadramento dos corpos hídricos, segundo os usos preponderantes da água, da mesma forma que o Plano de Recursos Hídricos, é um instrumento de planejamento previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997) e nas demais Políticas Estaduais de Recursos Hídricos. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA)²⁵:

O enquadramento dos corpos de água representa o estabelecimento da meta de qualidade da água a ser alcançada, ou mantida, em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos pretendidos, segundo a Resolução do Conama nº 357/2005.

O objetivo desse instrumento é assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Para estabelecer um objetivo de qualidade da água é preciso: avaliar a condição atual do rio, ou seja, 'o rio que temos'; discutir, com a população da bacia, a condição de qualidade desejada para aquele rio, 'o rio que queremos'; e, por fim, discutir e pactuar a meta com os diferentes atores da bacia hidrográfica, 'o rio que podemos ter', levando em conta as limitações técnicas e econômicas para seu alcance²⁵⁽³⁹⁾.

O enquadramento está relacionado com outros instrumentos da gestão de recursos hídricos, tais quais: a outorga de recursos hídricos e a sua respectiva cobrança pelo uso, bem como o licenciamento ambiental, que, apesar deste último não ser um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve observar as classes de enquadramento no licenciamento de atividades que captam ou lançam efluentes em rios enquadrados²⁵.

A ausência da definição efetiva de um enquadramento pode acarretar prejuízos à sociedade por não garantir os objetivos aos

quais o instrumento se destina.

A proposta de enquadramento é uma atividade de ordem técnica, devendo ser realizada pelas agências de água e discutida no Comitê de Bacia, que, por sua vez, deverá submetê-la à aprovação do respectivo Conselho de Recursos Hídricos²⁵. Um breve histórico sobre o processo de enquadramento está descrito em ANA²⁵.

O primeiro sistema de classificação de corpos de água do Brasil foi proposto em São Paulo, em 1955, por meio do Decreto Estadual nº 24.806. Na esfera federal, a primeira iniciativa de classificação aconteceu em 1976, na qual o Ministério do Interior, por meio da Portaria nº 3, classificou as águas doces, conforme os usos preponderantes a que as águas se destinavam. Dez anos mais tarde, essa Portaria foi substituída pela Resolução Conama nº 20, que estabeleceu uma nova classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, distribuídas em nove classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinavam.

Em 1997, com a promulgação da Lei nº 9.433, o instrumento foi incorporado à Política Nacional de Recursos Hídricos. Vale ressaltar que o enquadramento, também, é referência para o Sistema Nacional de Meio Ambiente, pois representa, entre outros, padrões de qualidade da água para as ações de licenciamento e de monitoramento ambiental.

Em 2005, publica-se a Resolução Conama nº 357, em substituição à Resolução nº 20, que rege o enquadramento dos corpos de água, juntamente com a Resolução Conama nº 396/2008 que trata do enquadramento de águas subterrâneas.

Por fim, o CNRH aprova a Resolução nº 91/2008 que dispõe sobre procedimentos gerais para enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos²⁵⁽⁴⁴⁾.

No estado do Rio de Janeiro, à exceção do Comitê Guandu, os demais Comitês Estaduais ainda não propuseram o enquadramento dos rios de domínio estadual, portanto, estes são considerados Classe 2, exceto se as condições

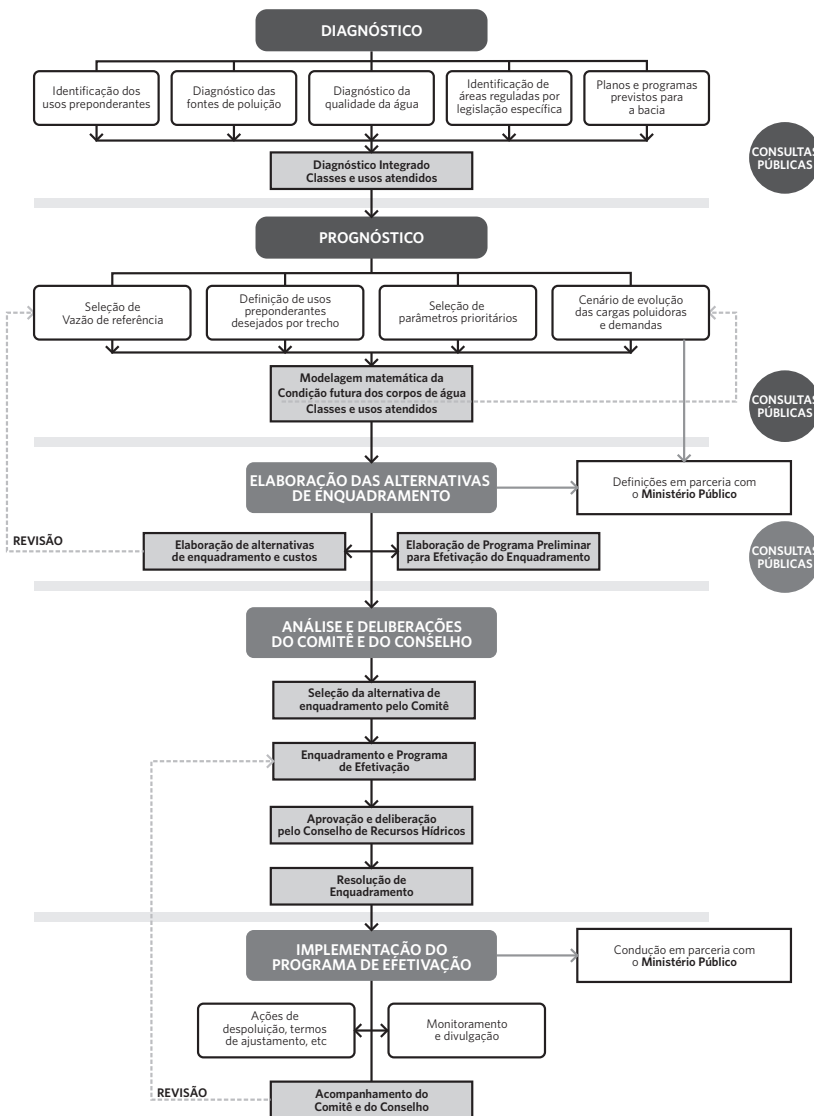
de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente, conforme o art. 42 da Resolução Conama nº 357. Os trechos do Rio Paraíba do Sul, de domínio federal, foram enquadrados por meio da Portaria GM/086, de 04 de junho de 1981, e se encontram entre as Classes 1 e 2.

A Resolução do CNRH nº 91/2008¹¹ divide a atividade de enquadramento em cinco etapas bases (figura 2): diagnóstico, prognóstico e

elaboração de alternativas de enquadramento, deliberação do Comitê e efetivação programa de enquadramento. As primeiras três etapas podem ser consideradas de caráter técnico, mas que devem ser conduzidas em estreita relação com o Comitê de Bacia, de forma a realizar consultas públicas, traçar cenários e definir ações.

As duas últimas ações possuem caráter mais político/decisório que deve ser conduzida pelo Comitê de Bacia juntamente com sua Agência Técnica.

Figura 2. Fluxograma das etapas para se implantar o enquadramento de corpos de água superficiais tendo por base a Resolução do CNRH nº 91/2008.



Fonte: Adaptado de ANA²⁵.

A etapa de diagnóstico diz respeito ao estado atual da bacia, é um retrato momentâneo que deve contar com dados primários e secundários. Nesse aspecto, cabe destacar que há uma prática amplamente difundida de realizarem-se diagnósticos apenas com dados secundários, porém, no caso específico do enquadramento, deve haver, sim, a coleta de dados primários, pois não há como enquadrar trechos de rios em que a qualidade da água seja desconhecida. O diagnóstico deve, minimamente, compreender²⁵:

1. Identificação dos usos preponderantes na bacia: pode ser feita com base no cadastro de usuários de recursos hídricos na região, por consultas ao Comitê de Bacia, com base em informações de da Emater para usos agrícolas, da Firjan para usos industriais, dos empreendimentos licenciados etc.
2. Identificação das fontes de poluição: pode utilizar as mesmas fontes para identificação dos usos preponderantes. Além disso, é fortemente recomendável trabalhos de campo para constar se as bases de dados são condizentes com a realidade de campo.
3. Diagnóstico da qualidade da água: pode utilizar os dados do monitoramento sistemático, caso haja estações na região de estudo. Trabalhos acadêmicos também são uma valiosa fonte de dados. Por outro lado, é extremamente importante a condução de campanhas de campo para coleta de dados atualizados nos locais de interesse.
4. Identificação de áreas com regulação específica: este é o caso de unidades de conservação, distritos industriais, áreas indígenas e quilombolas etc. Tais informações devem ser levantadas em uma detalhada pesquisa local.
5. Articulação com outros instrumentos: o enquadramento deve conhecer e estar articulado com demais planos e programas, tais como, Plano Municipal Diretor, Zoneamento

Ecológico Econômico, Plano de Recursos Hídricos, Plano de Saneamento etc.

O prognóstico, segunda etapa, diz respeito à projeção de possíveis trajetórias da bacia hidrográfica em um horizonte de tempo considerado, suas atividades devem, minimamente, compreender²⁵:

1. Vazão de referência: seleção de uma vazão de referência para ser utilizada nas simulações, geralmente adotadas a Q_{95} ou a $Q_{7,10}$.
2. Usos preponderantes: definição por trechos em estreita articulação com o Comitê de Bacia, que tem por excelência a representação dos segmentos impactados nessa decisão.
3. Parâmetros de monitoramento: seleção dos parâmetros prioritários para serem monitorados e modelados em cenários futuros. Embora não documentado formalmente, há um consenso tácito que não é possível conduzir um enquadramento tendo por base todos os parâmetros da Conama nº 357/2005. Decorre disso, expressa importância de verificar os parâmetros efetivamente monitorados pelo órgão ambiental e, na medida do possível, realizar consultas a processos de enquadramento já realizados. Para uma maior segurança no processo, recomenda-se uma consulta ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que em última instância é responsável por validar o processo de Enquadramento.
4. Carga poluidora: definição dos cenários de evolução da carga poluidora, nesse ponto deve ser considerado tanto o aumento das cargas que podem ser decorrentes do aumento populacional, ao crescimento econômico etc., quanto o decréscimo de carga devido a investimentos no tratamento e redução delas.

A elaboração das alternativas de enquadramento, terceira etapa, é feita tendo por base os cenários modelados no prognóstico.

Essencialmente, deve conter as principais ações a serem realizadas para alcance de cenário adotado, bem como as estimativas de custos associados a um programa de efetivação do enquadramento.

A análise e a deliberação do Comitê, bem como a validação por parte do Conselho de Recursos Hídricos, são atividades de ordem mais política que envolvem o consenso dos segmentos representados no Comitê de Bacia e demais atores políticos locais, haja vista que é necessário um programa de investimentos e ações por diversos atores, como prefeituras, agências de saneamento, órgãos ambientais etc.

A última e mais complexa etapa é a efetivação do programa de enquadramento. É a atividade mais desafiadora por compreender as ações propriamente ditas, obras, reflorestamentos, construção de redes de esgoto e estações de tratamento, desapropriações em áreas de risco etc.

Com base nessa breve exposição das etapas do enquadramento, pode-se constatar que a efetiva implementação de um programa de enquadramento é, em última instância, um projeto de reabilitação de rios ou, em segunda instância, um instrumento mantenedor da qualidade existente.

Conclusões

Os dados de monitoramento sintetizados pelo IQA_{NSF} apresentado permitem constatar que o Rio Piabanha é altamente impactado, e caso não sejam realizadas intervenções estruturais na bacia, há uma tendência crescente de degradação da qualidade da água, e, conseqüentemente, um aumento de doenças de veiculação hídrica.

A efetivação de um programa de enquadramento melhora a qualidade da água de um rio e, neste aspecto, assemelha-se a um projeto de reabilitação de rios.

Alguns conceitos aplicados à restauração ecológica e descritos neste trabalho são altamente recomendáveis de serem aplicados em projetos de enquadramento, a saber:

engajamento das partes interessadas; especificações claras de objetivos e metas; explicitação das ações de reabilitação; garantia dos direitos de propriedade nas áreas de intervenção; análise logística; nenhum dano adicional causado pelas etapas do projeto; acompanhamento qualificado; suporte aos processos naturais; gerenciamento adaptativo; conformidade legal e comunicação.

Além das etapas relacionadas na Resolução do CNRH nº 91/2008, que dispõe sobre o enquadramento, podemos destacar cinco diretrizes que consideramos chave para o sucesso do enquadramento, são elas:

1) O conhecimento das características de quantidade e qualidade da água são fundamentais para gestão de recursos hídricos, por isso é recomendável que os Comitês de Bacia Hidrográficas definam, em parceria com suas agências técnicas e com o órgão estadual gestor de recursos hídricos, os pontos de monitoramento sistemático e sua periodicidade. Em última instância, recomenda-se que o custo referente ao monitoramento seja incorporado e absorvido pela cobrança pelo uso da água.

2) Os Comitês de Bacia Hidrográfica possuem legalmente o dever de propor o Enquadramento e suas metas de curto, médio e longo prazo, por outro lado, a mesma legislação que confere este dever não confere aos Comitês mecanismos coercitivos e de fiscalização para sua efetivação. Tendo em vista a complexidade do Enquadramento e da diversidade de instituições intervenientes envolvidas na sua efetivação, recomenda-se que o esse processo seja conduzido em parceria com o Ministério Público para que, de fato, seja pactuado um compromisso com as metas do projeto.

3) Os Planos Plurianuais de Investimento dos Comitês devem fazer refletir em seu orçamento as metas do Enquadramento, isso significa fazer o plano de investimentos de

forma a evitar a ‘pulverização de recursos’ em diversos (e importantes) projetos, mas que efetivamente não retornam incrementos qualiquantitativos diretos.

4) O engajamento das partes interessadas é fator fundamental para o sucesso de qualquer projeto, dessa forma, a comunicação social é imprescindível. Recomenda-se a elaboração de informativos, com elevada qualidade visual, para veiculação nas diferentes categorias de mídia.

5) O conhecimento regional e a articulação institucional são fatores estratégicos para o sucesso do projeto de Enquadramento. Recomenda-se a criação, em parceria com o Ministério Público, de um grupo de trabalho composto estritamente por especialistas técnicos que represente as instituições envolvidas no projeto. É desejável que esse grupo seja altamente qualificado e composto por um reduzido número de técnicos, idealmente um representante de cada instituição.

De forma a complementar as diretrizes, a experiência de participação dos autores no

Comitê Piabanha permite destacar experiências altamente recomendáveis de serem retomadas/ampliadas, como, por exemplo, o Parque Fluvial Piabanha e o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Outra iniciativa de elevado êxito é a Demarcação da Faixa Marginal de Proteção (FMP) Contínua do Rio Piabanha que, entretanto, carece de um programa específico de recomposição florestal, em associação com outras ações, já discutidas pelo Comitê, como placas informativas e implantação de limites físicos da FMP.

Por fim, entende-se que o sucesso do processo de Enquadramento e suas metas dependem da universalização do saneamento na bacia.

Colaboradores

Costa DA (0000-0003-1814-5892)*, Assumpção RSFV (0000-0001-8257-3950)*, Azevedo JPS (0000-0002-9337-9640)* e Santos MA (0000-0002-2422-3765)* contribuíram igualmente para a elaboração do manuscrito. ■

*Orcid (Open Researcher and Contributor ID).

Referências

1. SOS Mata Atlântica. Observando os Rios 2017 - O retrato da qualidade da água nas bacias da Mata Atlântica. [internet]. São Paulo: SOSMA; 2017. [acesso em 2019 mar 22]. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2016/03/SOSMA_Observando-os-Rios-2017_online.pdf.
2. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília, DF: ANA; 2017.
3. Brasil. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União. 9 Jan 1997.
4. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. 18 Mar 2005.
5. Baptista M, Cardoso A. Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história. Rev. UFMG. 2013; 20(2):124-153.
6. United Nations. Transforming our World: The 2030 agenda for Sustainable Development. New York: UN; 2015.
7. El Salvador. Ministério do meio ambiente. United Nations Environment Programme, UN Decade of Ecosystem Restoration 2021 – 2030 [internet]. [acesso em 2019 mar 2]. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26027/Ecosystem_decade_Salvador_Initiative.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. Rio de Janeiro. Decreto Estadual nº 38.235, de 14 de setembro de 2005. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha e sub-bacias hidrográficas dos rios Paquequer e Preto, no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial do Estado. 15 Nov 2005.
9. Rio de Janeiro. Decreto Estadual nº 45.461, de 25 de novembro de 2015. Dá nova redação ao Decreto Estadual nº. 38.235. Diário Oficial do Estado. 28 Nov 2005.
10. Rio de Janeiro. Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. Cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial do Estado. 3 Ago 1998.
11. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Diário Oficial da União. 6 Fev 2009.
12. Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Relatório de Diagnóstico: RP 06 Tomo II. Resende: AGEVAP; 2014.
13. Instituto Estadual do Ambiente. Gestão da Qualidade das Águas [internet]. [Rio de Janeiro]: INEA: [data desconhecida] [acesso em 2019 mar 15]. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Qualidadedaagua/index.htm%26lang>.
14. Coura JR, Queiroz GC, Florencio CG, et al. Morbidade da Esquistossomose Mansonii no Brasil. I-Estudo de 4.652 casos observados no Rio de Janeiro de 1960 a 1979. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 1982; 77(1):69-88.
15. Giovanelli A, Soares MS, D'Andréa PS, et al. Abundância e infecção do molusco *Biomphalaria glabrata* pelo *Schistosoma mansoni* no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Saúde Pública. 2001 35(6):523-530.
16. Thiengo CT, Mattos AC, Boaventura MF, et al. Freshwater Snails na Schistosomiasis Mansonii in the State of Rio de Janeiro, Brazil: V - Norte Fluminense Mesoregion. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 2004; 99(1):99-103.

17. Pereira CRA, Ferreira AP, Koifman RJ. Detecção de *Cryptosporidium parvum* em alfaces frescas para consumo cru. Estudo de caso: Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil. *Gaia Scientia*. 2008; 2(2):31-6.
18. Ferreira AP, Horta MPA, Pereira CRA. Qualidade higiênico-sanitária das águas de irrigação de estabelecimentos produtores de hortaliças no município de Teresópolis, RJ. *Rev. Uniandrade*. 2013; 13(1).
19. Assumpção RSFV. Petrópolis: um histórico de desastres sem solução? Do Plano Koeler ao Programa Cidades Resilientes. [tese]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo cruz; 2015. 246 p.
20. Von Sperling M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 9. rev. ed. Belo Horizonte: UFMG; 2018.
21. Society for Ecological Restoration. *International Primer on Ecological Restoration*. Tucson: SER; 2004.
22. McDonald T, Gann GD, Jonson J, et al. *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts*. Society for Ecological Restoration: Washington; 2016.
23. Speed R, Li Y, Tickner D, et al. *River Restoration: A Strategic Approach to Planning and Management*. Paris: Unesco; 2016.
24. National River Restoration. *National River Restoration Inventory Factsheet* [internet]. Cranfield: NRR; 2018 [acesso em 2019 jan 29]. Disponível em: https://www.therrc.co.uk/sites/default/files/files/NRRI/english_nrri_factsheet_v2.pdf.
25. Agência Nacional de Águas. *Cadernos de capacitação em Recursos Hídricos: Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos corpos de água. Volume 5*. Brasília, DF: SAG; 2013.

Recebido em 30/04/2019
Aprovado em 11/09/2019
Conflito de interesses: inexistente
Suporte financeiro: não houve