

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO PAQUEQUER, TERESÓPOLIS, RJ: UMA CONTRIBUIÇÃO AO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Marilu de Meneses Silva¹
Rodolfo de Oliveira Souza²
Mário Miranda de Souza³
João Ricardo Constâncio³
Domingos Senra Antelo³
Alcina Caçonia⁴
Márcio Lima de Moraes⁵

Introdução

Esta pesquisa objetivou fazer o levantamento da qualidade das águas da Bacia do Rio Paquequer com vista ao diagnóstico ambiental da região. Suas águas que formam cascatas e corredeiras no seu percurso, eram usadas para recreação, pesca e irrigação agrícola. Para consumo, utilizavam-se as inúmeras nascentes da Bacia. Devido ao crescimento econômico acelerado do Município, que se expressou pelo incremento do fluxo turístico, das expansões industrial, agrícola e populacional, associado à falta de infra-estrutura, as águas da Bacia sofreram uma rápida deterioração. As consequências foram imediatas. Houve a redução das áreas de recreação, a diminuição da biota aquática e a restrição no uso das águas de nascentes, seja devido à sua contaminação e/ou por terem secado, como resultado do desmatamento. Hoje, o Rio Paquequer e seus afluentes constituem corpos receptores de efluentes domésticos, industriais, rurais e do lixo urbano.

Para avaliação dos níveis de poluição das águas, foram analisados os parâmetros físico-químicos, os teores microbiológicos, principalmente de coliformes fecais, e os metais pesados. Também foi levantada a disponibilidade desses metais retidos nos sedimentos fluviais, para o ecossistema aquático.

“Metais pesados” é uma expressão usada para elementos de número atômico maior que 20 e peso específico maior que 5g/cm^3 , como o ferro, manganês, zinco, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, cromo, cobalto e cádmio, entre outros. Esses metais, amplamente usados nos processos industriais e por outras atividades econômicas indispensáveis à vida moderna, vem poluindo

¹ MSc. e professora assistente. DMPI/GEOQUAM/FGEL/UERJ

² Mestrando e pesquisador colaborador

³ Técnicos em química de nível universitário. GEOQUAM/FGEL/UERJ

⁴ MSc e pesquisadora do INT

⁵ Bolsista de I.C. UERJ

Laboratório de Geoquímica Ambiental - GEOQUAM / Faculdade de Geologia / Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ; R. São Francisco Xavier, 524, sala 4039, bloco F - Maracanã, CEP 20.550-003 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil TEL (005521) 587-7729 / FAX (005521) 587-7102. e-mail marilums@vmesa.uerj.br.

os sistemas aquáticos e terrestres. Como são acumulativos nos organismos vivos, podem provocar elevada toxicidade na biota e no homem, tornando este problema uma das preocupações mundiais.

A solubilização desses metais de origem antrópica e/ou natural, que permanecem nos sedimentos fluviais, dependem das variação dos parâmetros físicos e químicos das águas, como acidez, alcalinidade, temperatura, condições oxi-redutoras, entre outros, assim como da presença de substâncias orgânicas. Os metais de origem natural ou estão presos na estrutura dos minerais que compõem os sedimentos, isto é, estão inertes e/ou já foram dispersados no ambiente pelos processos de intemperismo.

Nos tratamentos convencionais das águas para o consumo, quando são corrigidos o seu pH, eliminados os microorganismos patológicos e material em suspensão, eles não conseguem retirar todos os metais pesados e nem alguns resíduos orgânicos tóxicos, de origem industrial e agrícola.

Descrição da Área

A Bacia do Rio Paquequer, com área aproximada de 400 Km², encontra-se na porção ocidental do Município de Teresópolis, na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, a 90 Km da capital (**Figura 1**). Caracteriza-se pela intensa urbanização e concentração de indústrias e comércio. Nela destacam-se as indústrias de malharias, metalurgias, bijouteria, têxtil, química, de piscinas, mobiliários, entre outras. Seu rio principal, o Paquequer, nasce na Pedra do Sino (2.100 m de altitude), no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, atravessa a cidade de Teresópolis, sede do Município, e segue em direção norte, onde se desenvolvem atividades rurais. Durante o seu trajeto no sentido geral S-N, coleta os efluentes industriais, domésticos e rurais, indo desaguar no Rio Preto, que constitui um sub-afluente da margem direita do Rio Paraíba do Sul. Seus terrenos pré-cambrianos encontram-se bastante alterados, sendo compostos por rochas dos tipos ortognaisse, granito andorinha e migmatito, que originam solos areno-argilosos e argilosos, propensos à erosão devido à declividade das encostas e ao clima tropical de altitude (temperatura média 17^oC, pluviosidade média 1716, 7 mm ao ano), marcado por chuvas torrenciais no verão (Souza, 1996).

O Paquequer vem recebendo efluentes domésticos, aumentados durante os feriados prolongados e nos períodos de férias, além dos efluentes industriais e agrotóxicos, como se fosse um esgoto a céu aberto. Porém, não é um rio “morto”. Nele ainda se observam a fauna e flora aquáticas, mesmo nas áreas poluídas, os peixes mais resistentes permanecem. Este alimento é ainda consumido pela população mais carente. Apesar dos problemas, ao norte, na área rural, suas águas são ainda usadas para irrigação da lavoura.

Metodologia

A pesquisa e acompanhamento bibliográfico, o levantamento de dados junto às entidades públicas municipais, estaduais e federais, as campanhas de campo, as análises **in loco** e laboratoriais, e a interpretação dos resultados foram feitos no período de um ano e meio (de 1990 a 92).

Nos cinco pontos de amostragem (BP1 a BP5) na Bacia do Rio Paquequer (**Figura 1**) foram coletadas em cada um deles, amostras de água (4 L de amostra/ campanha) e de sedimentos de corrente (3 Kg de amostra/ campanha), que foram acondicionados, respectivamente, em frascos e sacos de polietileno.

Nas águas foram determinados os parâmetros pH, Eh, condutividade elétrica, DQO, turbidez, sólidos em suspensão, coliformes fecais e teores dos metais cobre, zinco, chumbo, ferro, manganês, níquel, cromo, cádmio e cobalto (APHA, 1976 e FEEMA, 1983). Nos sedimentos foram feitas extrações totais desses metais, assim como a extração sequencial (Malm et al.,1985; Tessier et al, 1979 e Jordão & Nickless, 1989), possibilitando conhecer em que fração geoquímica dos sedimentos, os metais analisados encontravam-se retidos, assim como, identificar o grau de disponibilidade dos mesmos para o meio aquático, ou seja para a biota e para o homem.

A preparação e análises das amostras da Bacia do Rio Paquequer foram realizadas nos laboratórios do INT e no Laboratório de Geoquímica Ambiental - GEOQUAM, da UERJ. A determinação dos metais foi feita pelo Espectrofotômetro de Absorção Atômica, da VARIAN. Durante as análises usaram-se duplicatas das amostras e branco dos reagentes.

Resultados

As águas da bacia estavam levemente ácidas (o pH variou entre 6,27(BP1) a 6,87 (BP2)), oxidantes (Eh : 243,90 a 298).O teor do oxigênio dissolvido estava acima de 5,00 mg.L⁻¹ de O₂, mostrando que, em virtude da agitação de suas águas, formando corredeiras e cascatas, a bacia do Paquequer ainda tem condições de se autodepurar (**Tabela 1**). A condutividade elétrica, que variou de 58,38 (BP1- nascente) a 114,00 (BP3 -foz do Rio Meudon), mostrou a presença de elementos ionizados em solução, como os metais estudados. Os valores da Demanda Química de Oxigênio (DQO), encontrados no Paquequer, variando entre 59,42 a 112,25 mg.L⁻¹ de O₂, indicaram a quantidade de matéria orgânica existente nas águas e que foi oxidada por reagentes químicos.

A turbidez de cada ponto de amostragem, que mostra a quantidade de material em suspensão que impede a penetração da luz, apresentou-se dentro dos valores permitidos pelo CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente(1986) para rios de Classe II, como é o caso do Rio Paquequer e seus afluentes. O mesmo não ocorreu com relação aos teores de coliformes fecais, cujos teores levam à proibição para o consumo e a balneabilidade que devem ser, respectivamente, zero e menor que 1.000 (NMP/100mL) de coliformes fecais.

Quanto à média de metais nas águas (**Tabela 2**), verificou-se que somente o ferro encontrava-se acima do valor permitido pelo CONAMA. Isto ocorreu em todos os pontos da Bacia do Paquequer, cujos teores de ferro variaram entre 0,4 e 17,8 mg.L⁻¹. Porém, durante o inverno, período de poucas chuvas, também observaram-se concentrações mais altas de cobre (0,035 mg.L⁻¹) e de níquel (0,055 mg.L⁻¹) no ponto BP3, as de chumbo (0,07 mg.L⁻¹) no BP4, o zinco (0,92 mg.L⁻¹) no BP1 e novamente o cobre (0,040 mg.L⁻¹) no BP2.

O uso da extração sequencial dos metais nos sedimentos teve como objetivo a remoção seletiva dos metais nas fases ou frações geoquímicas dos sedimentos. Essas frações são constituídas pela trocável (os metais estão adsorvidos e encontram-se facilmente disponíveis), carbonácea, redutível e orgânica (os metais nestes casos, estão potencialmente disponíveis, isto é, encontram-se precipitados como carbonatos, sulfetos, coprecipitados com hidróxidos/óxidos de ferro e manganês ou presos na matéria orgânica por quelação) e fração residual (os metais não estão disponíveis, eles encontram-se inertes, isto é, dentro da estrutura cristalina dos minerais e só poderão ser liberados pela ação de anos geológicos).

Segundo a **Tabela 2**, os teores de ferro nos sedimentos apresentaram-se altos, mais de 10.000 vezes maiores que os valores dos outros metais. Isto se deve à litologia da região e aos processos químicos de intemperismo e pedológicos em clima tropical úmido.

Comparando os teores totais dos metais nos sedimentos (**Tabela 2**) com a extração seletiva dos mesmos, verificou-se que o ferro apareceu em todas as fases sequenciais mas, predominantemente, na residual (98% a 99%), o mesmo ocorrendo com o zinco (40 a 72%) e o cobre (48 a 71%). O cádmio foi detectado na fase residual (37 a 100%), carbonácea (0 a 7%) e trocável (0 a 56%). O chumbo, apareceu nas fases residual (66 a 83%), orgânica (11 a 17%), redutível (0 a 3%) e trocável (7 a 17%). O cromo apareceu somente nas fases residual (52 a 86%) e orgânica (14 a 48%). O níquel e o cobalto foram encontrados principalmente nas fases residual (54 a 81% e 62 a 83%, respectivamente) e orgânica (15 a 20% e 13 a 16%), sendo que na fase trocável, o níquel (9 a 22%) e o cobalto (9 e 11%) aparecem nos pontos BP1, BP2 e somente o níquel no ponto BP3.

Observou-se o aumento dos metais na fase residual em direção à foz do Paquequer (BP5). Isto se deve principalmente, aos processos transporte deposição dos sedimentos fluviais, associados à diferença declividade da região, variando em média de 2.000 m para 700m de altitude, às rochas bastante alteradas pelo intemperismo e os colúvios que contribuem com o material e às chuvas.

Conclusão

As águas da bacia apresentaram-se ligeiramente ácidas e oxidantes. Características essas, que são peculiares de rios que ainda conseguem se renovar, apesar da poluição proveniente das atividades antrópicas. As medidas de condutividade indicaram a presença de metais solúveis nas águas. Comparando com os limites determinado pelo CONAMA, o ferro apresentou-se acima do permitido, principalmente nos pontos BP3 (próximo a foz do afluente Meudon, no sentido jusante), no baixo curso BP4 e na foz do

Paquequer, BP5. Os demais metais encontravam-se dentro dos limites aceitáveis durante o período das chuvas porém, durante os meses de inverno os teores de zinco (BP1), cobre (BP2, BP3), níquel (BP3) e chumbo (BP4) ultrapassavam os valores permitidos.

Esta poluição também é orgânica, conforme foi indicada pelo DQO e pelos altos valores de coliformes fecais.

Avaliando quais os metais ligados aos sedimentos fluviais que estavam facilmente disponíveis para o ecossistema aquático, verificou-se que com exceção do cromo, todos os metais aparecem na fase trocável, como o ferro (0,1% a 0,3% do seu total, que é muito elevado), o zinco (10 a 41%), cobre (4 a 10%), cádmio (0 a 57%) e chumbo (7 a 17%), Cr (), Ni (0 a 22%) e Co (0 a 11%). Um percentual de todos os metais estavam potencialmente disponíveis. Porém, a maior parte dos teores dos metais pesquisados estava na fração residual, isto é, estava inerte, caracterizando os minerais primários, que compõem as rochas da bacia estudada, como os principais suportes geoquímicos desses metais.

O zinco, chumbo, cobre, cádmio, níquel e cobalto apresentaram valores altos e só foram encontrados nos pontos de amostragem BP1, BP2 e BP3. Tal fato, indicou uma poluição ligada principalmente, às atividades das indústrias têxteis, de bijouterias e de mobiliário que se localizam à margem do rio Paquequer (BP1 e BP2) e de seu afluente Meudon (BP3).

Apesar do rio ter ainda condições de autodepurar-se, já se observaram períodos críticos, principalmente, quando ocorreram o aumento das concentrações de metais pesados nas águas e sedimentos fluviais, exatamente nos períodos de seca (inverno).

Pelo exposto, precisa-se tomar medidas urgentes, visando equacionar o problema de deterioração das águas da Bacia do Paquequer, dando continuidade aos trabalhos de tratamento dos efluentes industriais, domésticos e rurais. Também são necessárias medidas preventivas, tendo em vista a existência de metais potencialmente disponíveis, ligados aos sedimentos dos rios e que poderão solubilizar-se no momento em que houver alteração das condições físico-químicas das águas. Ainda são possíveis soluções com custos sociais e orçamentários baixos.

Referências Bibliográficas

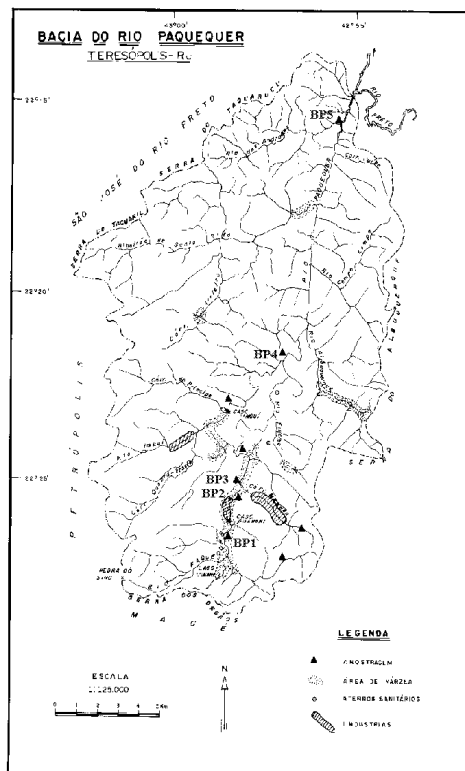
- APHA. AWWA. WPCT. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Assotion. washington, D.C. 1193 p., 1976
- CONAMA. *Resolução nº20*, de 16/06/86. D.O. de 30/07/86.
- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. *Manual do Meio Ambiente*. Dicont. Rio de Janeiro-RJ, v 1, 126 p.1983
- Jordão,C.P.& Nickless, G. *Chemical associations of Zn,Cd,Pb e Cu in soils and sediments determined by the sequential extraction technique*. Environ. Technol. Lett, **10**: 743-752 , 1989.
- Malm,O. et al . *Heavy metal monitoring by the critical pathway analysis the Paraíba do Sul river (P.S.R.), Rio de Janeiro state ,Brazil*, AN: Intern. Conf. on Heavy Metals in the Envir.. Athens, 1985.V1, p. 230-2 , 1985.
- Silva, M de M *Relatório do Projeto Levantamento de Parâmetros Físico-Químicos da Bacia do Rio Paquequer, Teresópolis,RJ*. Relatório Técnico 60 p., 1993
- _____ & Roquette Pinto, C.L. *Bacia do Rio Paquequer, Teresópolis-RJ: Levantamento dos Parâmetros para Controle Ambiental*. IN: 2º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente., Florianópolis-SC. Vol. I Anais p. 98-103.,1989.
- _____ *Metais Pesados em Bacias Hidrográficas: O Exemplo do Município de Teresópolis, Rio de Janeiro*. IN: I Seminário de Avaliação e Prevenção de Desastres Naturais, Rio de Janeiro-RJ. Anais (no prelo) 6 p., 1996.
- Souza, R. de O. *Contribuição da Climatologia no Estudo Ambiental da Bacila hidrográfica do Rio das Bengalas, RJ* IN: X Encontro Nacional de Geógrafos, Recif-PE. Anais p.83-4, 1996.
- Tessier, S.; Campbell, P.G.C.; Bisson, M. *Sequential extration procedure for the speciation of particulate trace metals*.Analytical Chemistry 51(7): 884-51. 1979.

Tabela 1: Parâmetros Físico - Químicos e Microbiológico da Bacia do Rio Paquequer (BP), Teresópolis, RJ

Amostra	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	CONAMA (*)
pH(log 1. H ⁻¹)	6,27	6,87	6,58	6,62	6,52	6,0 a 9,0
Eh (mV)	262,0	282,5	285,0	281,0	298,0	-
Condutividade elétrica (uS.cm ⁻¹)	58,38	90,43	114,0	97,13	77,75	-
Temperatura(°C)	19,1	19,3	17,7	19,7	19,8	-
Turbidez (NTU)	45,5	52	57,9	51,3	50,3	100
Coliformes fecais (NMP/100ml)	5,0x10 ³	2,8x10 ³	3,4x10 ²	1,6x10 ⁴	2,8x10 ³	0 e <1,0x10 ³
DQO (mg.Lde O ₂)	70,00	60,21	68,45	112,25	59,42	-
OD (mg.L ⁻¹ de O ₂)	>5,00	>5,00	>5,00	>5,00	>5,00	>5,0

(*) Resolução nº 20 de 30/07/86

Tabela 2: Teores médios de metais nas águas e nos sedimentos de corrente da Bacia do Rio Paquequer (BP), Teresópolis, RJ (sentido jusante)



Metal Amostra	Fe Total (mg. L ⁻¹)	Zn (mg. L ⁻¹)	Co (mg. L ⁻¹)	Cr (mg. L ⁻¹)	Cu (mg. L ⁻¹)	Pb (mg. L ⁻¹)	Ní (mg. L ⁻¹)	Cd (mg. L ⁻¹)	Á
BP1	0,706	0,144	0,007	0,005	0,010	0,009	0,006	LD	G U
BP2	0,694	0,044	0,008	0,005	0,022	0,008	0,009	LD	
BP3	1,241	0,052	0,009	LD	0,023	0,013	0,017	LD	
BP4	1,871	0,054	0,007	0,005	0,011	0,015	0,011	LD	
BP5	1,991	0,004	0,006	0,005	0,010	0,007	0,009	LD	
CONAMA	0,3	0,18	0,2	0,5	0,02	0,03	0,025	0,001	A
Metal Amostra	Fe Total (%)	Zn (mg. g ⁻¹)	Co (mg. g ⁻¹)	Cr (mg. g ⁻¹)	Cu (mg. g ⁻¹)	Pb (mg. g ⁻¹)	Ní (mg. g ⁻¹)	Cd (mg. g ⁻¹)	S E D I M E N T O
BP1	5,4	243,0	14,20	76,20	78,50	99,90	42,30	1,0	I
BP2	5,0	285,7	10,80	33,80	136,00	115,80	27,60	2,8	M
BP3	6,0	173,7	10,60	34,20	64,50	66,50	24,50	0,90	E
BP4	5,3	139,6	12,60	24,20	34,00	65,20	23,80	0,60	N
BP5	4,4	93,8	14,90	41,50	24,20	64,80	25,60	0,80	T O

Figura 1: Mapa da Bacia do Paquequer

