



INTER
FACES
CIENTÍFICAS

SAÚDE E AMBIENTE

ISSN IMPRESSO 2316-3313

E - ISSN 2316-3798

DOI - 10.17564/2316-3798.2016v5n1p65-80

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA SUBSIDIAR PROPOSTAS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DA BACIA DO RIO DOCE EM MINAS GERAIS – BRASIL

EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF WATER FOR SUPPORTING PROPOSALS FOR CONSERVATION

AND MANAGEMENT OF THE RIVER DOCE BASIN IN MINAS GERAIS – BRAZIL

EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA SUBSIDIAR PROPUESTA DE CONSERVACIÓN

Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO DOCE EM MINAS GERAIS – BRASIL

Zenilde das Graças Guimarães Viola¹
Francisco Antônio Rodrigues Barbosa³

Katiane Cristina de Brito Almeida²

RESUMO

Devido à variação temporal e espacial da química das águas é necessário um programa de monitoramento que permita uma avaliação representativa e confiável da qualidade das águas superficiais. O conhecimento sobre a qualidade das águas é necessário para uma decisão sobre a possibilidade de seu uso para determinado fim, evitando o uso impróprio de águas de qualidade inferior e o desperdício ao se utilizar uma água potável para usos menos exigentes. Portanto, a adequação das águas a determinados usos exige um conhecimento suficiente sobre suas características e seus efeitos, tendo-se em vista os usos pretendidos (enquadramento) ou praticados, devendo-se também conhecer os riscos que

podem apresentar para a saúde e para o meio ambiente. Nesse trabalho foi investigada a correlação entre 50 parâmetros monitorados pelo Projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, através de gráficos de dispersão para cada par de parâmetros e calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para 36 estações de amostragem. Os resultados demonstraram que turbidez, sólidos em suspensão, fósforo, condutividade elétrica e matéria orgânica são fortes indicadores da degradação dos corpos de água da bacia do Rio Doce. O tratamento de esgotos e efluentes industriais, o reuso da água e o reflorestamento são ações importantes para a recuperação da bacia.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento. Qualidade. Recursos hídricos.

ABSTRACT

Because of the temporal and spatial variation of chemical water, a monitoring program is necessary to allow a representative and reliable assessment of the quality of superficial water. Knowledge about the quality of water is necessary for a decision on the possibility of their use for a particular purpose, avoiding improper use of lower quality water and waste when using a drinking water for less demanding uses. Therefore, the suitability of water for certain uses requires a sufficient knowledge of their characteristics and their effects, and in view of the intended uses (framework) or practiced, it must also know the risks they may present to health and the environment. In this study, were investigated the correlation between 50 parameters monitored by the “Projeto Aguas de Minas” of the “Instituto

Mineiro de Gestão das Águas” through scatter plots for each pair of parameters and calculated the Pearson correlation coefficient (r) for 36 stations sampling. The results showed that turbidity, suspension solids, phosphorus, electrical conductivity and organic matter are strong indicators of degradation of water bodies in the basin of Rio Doce. The treatment of sewage and industrial wastewater, water reuse and reforestation are important actions for the recovery of this basin.

KEYWORDS

Monitoring. Quality. Water research.

RESUMEN

Debido a la variación temporal y espacial de la química de las aguas, se hace imprescindible un programa de monitoreo que permita una evaluación representativa y fiable de la calidad de las aguas superficiales. Se necesita conocimiento de la calidad del agua para una decisión acerca de la posibilidad de su uso para un fin determinado, evitar el uso inadecuado de aguas de menor calidad y el desperdicio del uso de un agua potable para propósitos menos nobles. Por lo tanto, la adecuación de aguas para ciertos usos requiere conocimiento suficiente sobre sus características e sus efectos, con vistas a los usos pretendidos (marco) o practicados, además, hay que conocer los riesgos que pueden provocar para la salud y para el medio ambiente. En este estudio se investigó la correlación entre 50 parámetros monitoreados por el Projeto Águas de Minas del Insti-

tuto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, mediante diagramas de dispersión y cálculo del coeficiente de correlación de Pearson (r) para 36 puntos de muestreo. Los resultados han demostrado que turbidez, sólidos en suspensión, fósforo, conductividad eléctrica y materia orgánica son fuertes indicadores de la degradación de los cuerpos de agua de la cuenca del Río Doce. Tratamiento de las aguas residuales y vertidos industriales, reutilización de agua y reforestación son acciones importantes para la recuperación de la cuenca.

PALABRAS CLAVE

Monitoreo. Calidad. Recursos hídricos.

1 INTRODUÇÃO

As crescentes demandas de água estão ocasionando problemas aos recursos hídricos em muitas partes do mundo. Em alguns casos, o uso indiscriminado da água tem chegado até ao secamento total de rios, açudes, lagos e aquíferos subterrâneos. Lamentavelmente, grande parte da água extraída para as atividades humanas, de qualquer que seja a fonte, é utilizada de maneira muito ineficaz (SETTI, 2001). As águas superficiais são mais vulneráveis a poluição devido à facilidade para a disposição de efluentes. Processos naturais como a precipitação, erosão, desgaste das rochas e as influências antrópicas da área urbana, atividades industriais e agrícolas, aumento da exploração dos recursos hídricos, juntos determinam a qualidade da água superficial em uma região (SINGH, 2004).

Nas últimas décadas, tem crescido a preocupação para se chegar a um manejo cientificamente eficiente que assegure o bem-estar dos ecossistemas e uma qualidade de água favorável como o produto do ecossistema aquático (TIMCHENKO et al, 2000). De fato, para ser ecologicamente eficiente, o manejo de rios deve ser baseado em conhecimento suficiente da ecologia do corpo de água, na organização estrutural-funcional de ecossistemas, processos que definem o seu funcionamento normal e a formação favorável da qualidade da água que sustenta o habitat hidrobiótico e recursos para uso econômico (TIMCHENKO et al, 2000).

O manejo dos recursos hídricos abrange uma grande variedade de atividades, que incluem tratamento de efluentes, armazenamento de água para o abastecimento e a regulação das águas superficiais (SIMON, et al, 2004). Essas atividades não influenciam apenas a qualidade e a quantidade das águas, mas a quantidade de energia, materiais e o espaço necessário para proporcionar esses serviços. Assim o manejo dos recursos hídricos representa uma área de conflito entre problemas econômicos, ecológicos e sociais (SIMON, et al, 2004).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída: seu exutório, e compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (TUCCI, 2001). Para o máximo aproveitamento dos recursos hídricos de uma bacia é recomendável que o estudo dos mesmos abranja a bacia hidrográfica como um todo, evitando-se eventuais conflitos decorrentes dos diversos usos da água pelo homem. É fundamental também que as decisões finais sobre as providências, diretrizes e obras estejam fundamentadas em fatos e números concretos. Os fatos e números referentes à disponibilidade, à quantidade, à qualidade, aos usos e ao controle e à conservação dos recursos hídricos constituem os dados básicos para o planejamento integrado de uma bacia hidrográfica (GARCEZ et al, 1998).

No acompanhamento, análise e gerenciamento dos recursos hídricos, é fundamental a medição regular dos principais elementos que controlam o ciclo hidrológico para a determinação da quantidade de água disponível, e assim, otimizar o seu uso (SETTI et al, 2001). O monitoramento é o primeiro passo importante para a elaboração de um banco de dados confiável e adequado que possa ser útil ao planejamento e ao gerenciamento (TUNDISI, 2005). Os principais elementos são a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento e o armazenamento da água no solo, aquíferos, represas e geleiras. Outro dado importante a ser acompanhado é o da qualidade da água, pois, em função deste, o uso da água fica limitado para algumas atividades (SETTI et al., 2001).

Devido à variação temporal e espacial da química das águas é necessário um programa de monitoramento que permita uma avaliação representativa e confiável da qualidade das águas superficiais. Nas

atividades econômicas do homem, o conceito de qualidade é invariavelmente associado ao uso de um bem ou serviço. Dessa forma derivam as definições de qualidade baseadas em adequação ao uso, satisfação do usuário etc. e o estabelecimento de padrões de qualidade, ou seja, características que definem um bem ou serviço que atende às necessidades do uso a que ele se destina (MANCUSO et al., 2003). A adequação ao uso resulta da conformidade daquele bem ou serviço com essas características. A aplicação desses conceitos ao caso da água e seus diversos usos levou à definição dos padrões de qualidade de água. Assim, a qualidade da água pode ser avaliada a partir da sua comparação com esses padrões.

O conhecimento sobre a qualidade das águas é necessário para uma decisão sobre a possibilidade de seu uso para determinado fim, evitando o uso impróprio de águas de qualidade inferior e o desperdício ao se utilizar uma água potável para usos menos exigentes.

No Estado de Minas Gerais, o IGAM, responsável pelo programa de monitoramento da qualidade das águas, vem realizando estudos que comparam os resultados dos parâmetros monitorados com os respectivos padrões de qualidade estabelecidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), através da Deliberação Normativa Conjunta COMPAM-CERH nº 01, de 05 de maio de 2008, que estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências. Essa deliberação normativa estadual foi estabelecida baseando-se na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), nº 357 de 17 de março de 2005. A Deliberação Normativa Conjunta COMPAM-CERH nº 01, de 05 de maio de 2008, classifica as águas doces no Estado conforme os seguintes usos:

I - Classe especial - águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro 2000;
d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro 2000.
d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
c) à pesca amadora;
d) à recreação de contato secundário; e
e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística; e
- c) aos usos menos exigentes.

Para cada classe são estabelecidos padrões de qualidade para uma diversidade de parâmetros. A comparação dos resultados provenientes dos programas de monitoramento com os padrões legais visa simplificar e tornar mais objetiva a avaliação dos dados, mas tem limitações que devem ser consideradas. Deve-se levar em conta que, ainda não são suficientemente conhecidos os efeitos provocados pela presença de várias substâncias químicas, especialmente compostos orgânicos sintéticos, portanto não se dispõe de padrões para todos os possíveis constituintes de uma água.

Nesse trabalho foram relacionados os parâmetros de qualidade de água avaliados no programa de monitoramento da bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais e estes foram associados com os fatores de pressão sobre os corpos de água da bacia. Os resultados subsidiaram a apresentação de propostas para o gerenciamento e recuperação da bacia do Rio Doce.

2 OBJETIVO

Relacionar os parâmetros de qualidade de água utilizados no programa de monitoramento da bacia do Rio Doce (Estado) e associá-los com os fatores de Pressão sobre os corpos de água da bacia e utilizar os resultados para subsidiar propostas de manejo dos recursos hídricos (Resposta).

3 MÉTODOS E MATERIAIS

Considerando a série de resultados obtida pelo monitoramento do IGAM, no período de 1997 a 2005, para as estações de amostragem da bacia do Rio Doce, foram avaliados os parâmetros de qualidade de água com relação ao percentual de amostras cujos va-

lores violaram em mais de 20% os limites legais da DN COPAM-CERH 01/2008, considerando o enquadramento do corpo de água no local de cada estação de monitoramento. Outros parâmetros que não possuem um limite de qualidade estabelecido na respectiva deliberação normativa podem ser correlacionados com outros parâmetros. Portanto, foi investigada a correlação entre os 50 parâmetros monitorados através dos gráficos de dispersão dos resultados obtidos em todas as estações de amostragem para cada par de parâmetros e calculado o *coeficiente de correlação de Pearson (r)*. A linearidade indicativa da correlação entre os parâmetros pode ser empregada para avaliar o grau de impacto daqueles que não possuem um padrão estabelecido na legislação.

A partir de um levantamento bibliográfico apresentou-se propostas para o manejo e recuperação dos recursos hídricos da bacia do Rio Doce.

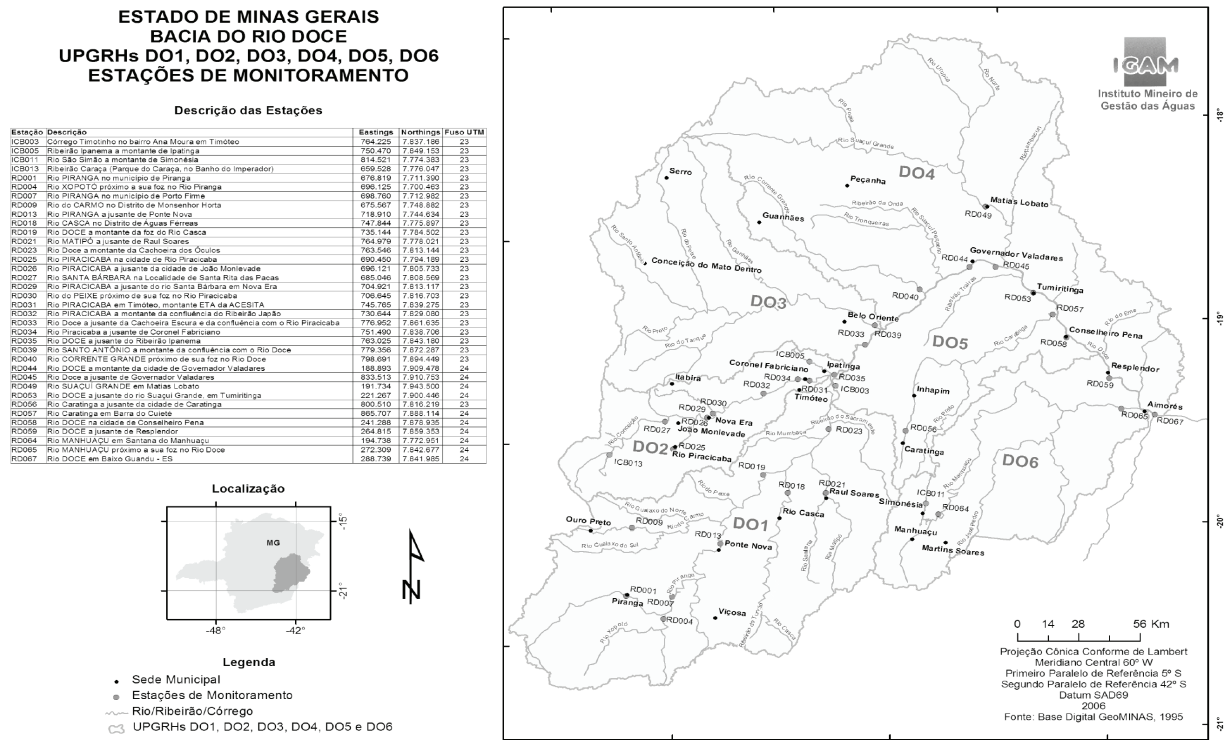
3.1 ÁREA DE ESTUDO E COLETAS

Este trabalho foi realizado na rede de amostragem definida no “Projeto Águas de Minas”, o programa de monitoramento da qualidade das águas do Estado de Minas Gerais. Esta rede de monitoramento é operada pelo IGAM e as coletas e análises laboratoriais são realizadas Centro de Tecnologia e Inovação SENAI Fiemg, através do Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente. As amostras coletadas são do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localizam-se sobre pontes. São definidos dois tipos de campanhas de amostragem: completas e intermediárias. As campanhas completas, realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, caracterizam respectivamente os períodos de chuva e estiagem, enquanto as intermediárias, realizadas nos meses abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro, caracterizam os demais períodos climáticos do ano. Os parâmetros são analisados de acordo com as normas padronizadas (APHA e ABNT/NBR).

Ao longo do Rio Doce foram monitoradas 10 (dez) estações de amostragem RD019, RD023, RD033, RD035, RD044, RD045, RD053, RD058, RD059 e RD067. Dos formadores do Rio Doce foram monitorados o Rio Piranga em 3 (três estações) RD001, RD007 e RD013 e o seu afluente Rio Xopotó (RD004) e o Rio do Carmo (RD009). Dos afluentes diretos do Rio Doce são monitorados o Rio Casca (RD018), Rio Matipó (RD021), Rio Santo Antônio (RD031), Rio Corrente Grande (RD040), Rio Suaçuí Grande (RD049), Rio Caratinga (RD056 e RD057) e Rio Manhuaçu (RD064 e

RD065). E a sub-bacia do Rio Piracicaba com 6 (seis) estações no Rio Piracicaba (RD025, RD026, RD029, RD031, RD032, RD034) e seus afluentes: Rio Santa Bárbara (RD027) e Rio do Peixe (RD030). Foram avaliados os resultados do monitoramento realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) que consistiu de campanhas de amostragem com frequência trimestral para um total de 32 (trinta e duas) estações de coletas no período de 1997 a 2005. A Figura 1 apresenta a localização geográfica da rede de monitoramento da bacia do Rio Doce.

Figura 1 - Localização da área de estudo e das estações de amostragem



Fonte: VIOLA, Z. G. G. (2008)

4 RESULTADOS

A avaliação dos parâmetros de qualidade das águas em relação aos padrões legais e aos parâmetros correlacionados permitem classificar se as águas são adequadas ou não aos seus usos determinados. Portanto, a adequação das águas a determinados usos exige um conhecimento suficiente sobre suas características e seus efeitos, tendo-se em vista os usos pretendidos (enquadramento) ou praticados, devendo-se também conhecer os riscos que podem apresentar para a saúde e para o meio ambiente.

A **Tabela 1** apresenta o percentual de violações em ordem decrescente do valor obtido para cada parâmetro. Os parâmetros são aqueles monitorados e que apresentam o seu respectivo padrão legal de qualidade de água.

Tabela 1 - Classificação dos parâmetros monitorados em ordem decrescente de percentual de violação de classe de enquadramento em toda bacia do Rio Doce, no período de 1997 a 2005

Parâmetros	Limite DN COPAM CERH 01/2005	% Violação	Nº Total de Análises
Alumínio total	0,1mg/L	97,7%	430
Fósforo total	0,025mg/L	72,8%	920
Coliformes fecais	1000NM-P/100mL	62,9%	935
Coliformes totais	1000NM-P/100mL	53,9%	935
Manganês total	0,1mg/L	38,1%	708
Fenóis	0,001mg/L	28,3%	731
Ferro dissolvido	0,3mg/L	16,9%	620
Cor	75mg Pt/L	16,5%	479
Turbidez	100UNT	14,6%	937

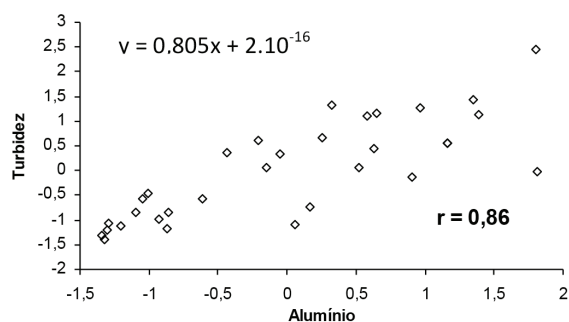
Cobre total	0,02mg/L	13,2%	854
Zinco total	0,18mg/L	2,0%	538
DBO	5mg/L	1,6%	937
Chumbo total	0,03mg/L	1,1%	554
Cádmio total	0,001mg/L	0,8%	521
Níquel total	0,025mg/L	0,7%	534
Amonia não ionizável	0,02mg/L	0,7%	936
Mercurio total	0,0002mg/L	0,6%	474
Sulfeto	0,002mg/L	0,5%	548
Oxigênio dissolvido	5mg/L	0,5%	937
Arsênio	0,05mg/L	0,2%	455
Nitrato	1,0mg/L	0,1%	937
pH in loco	6,0 a 9,0	0,0%	936
pH laboratório	6,0 a 9,0	0,0%	704
Sólidos dissolvidos	500mg/L	0,0%	761
Cloretos	250mg/L	0,0%	899
Sulfato	250mg/L	0,0%	457
Nitrito	1,0mg/L	0,0%	656
Cianeto livre	0,01mg/L	0,0%	549
Bário total	1,0mg/L	0,0%	458
Boro total	0,75mg/L	0,0%	0
Selênio total	0,01mg/L	0,0%	441
Surfactantes aniônicos (ABS)	0,5mg/L	0,0%	564
Cromo III	0,5mg/L	0,0%	454
Cromo VI	0,05mg/L	0,0%	520

Fonte: IGAM (2006)

Verificou-se que o alumínio e o fósforo apresentaram os maiores percentuais de violação em relação

aos limites legais na bacia do Rio Doce, no período considerado. A presença de alumínio nas águas da bacia do Rio Doce, componente natural nos solos, está relacionada com fontes difusas de poluição, que atingem os cursos de água por meio de processos dominados pelo escoamento superficial. A correlação existente entre alumínio e turbidez reforça a origem difusa desse poluente (Fig.2).

Figura 2- Dispersão da turbidez em função do alumínio total para todas as estações do Rio Doce. r: coeficiente de correlação de Pearson



Fonte: VIOLA, Z. G. G. (2008)

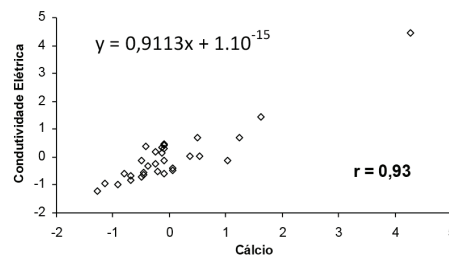
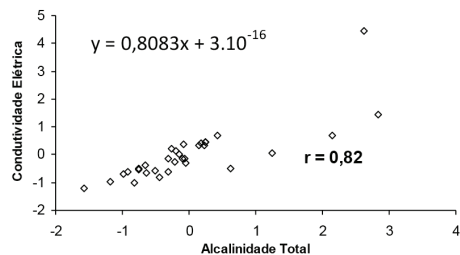
Em relação ao fósforo, no entanto, verificou-se uma forte correlação linear com parâmetros associados com a matéria orgânica, como DBO ($r = 0,79$), DQO ($r = 0,80$) e nitrogênio orgânico ($r = 0,75$) e não há uma boa correlação linear com turbidez ($r = 0,39$) ou sólidos em suspensão ($r = 0,56$). Portanto, atribui-se a origem de fósforo na bacia predominantemente por fontes pontuais de poluição, como os esgotos sanitários, principalmente no Rio do Carmo (RD009), Rio Casca (RD018)

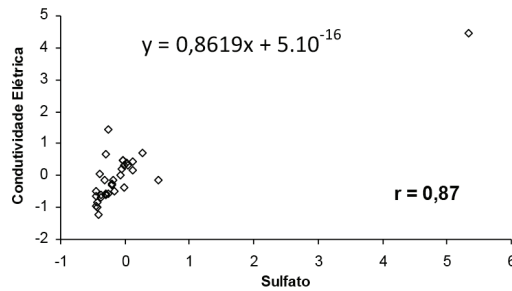
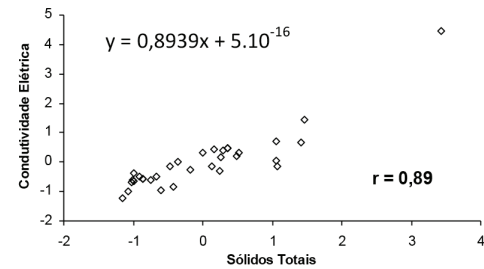
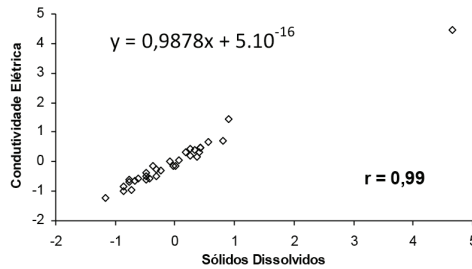
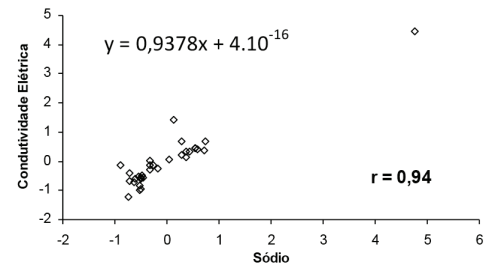
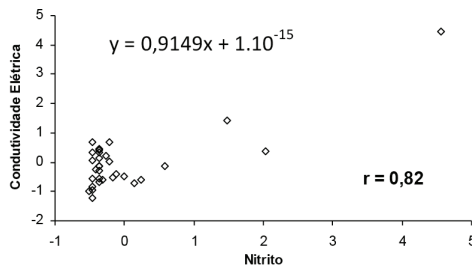
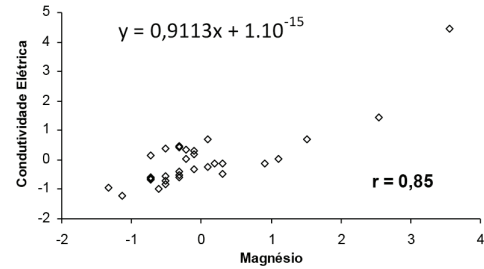
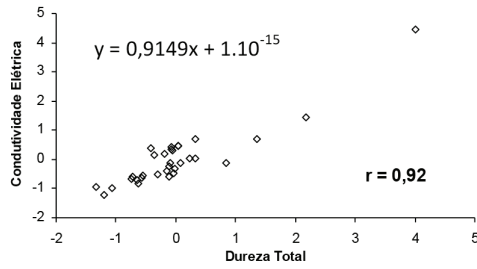
e Rio Caratinga (RD056), onde o fósforo apresentou violação de 100% das análises (Tabela 1). O grande número de violações de coliformes fecais (62,9%) e totais (53,9%) reforça a evidência de contaminação das águas da bacia do Rio Doce por esgotos sanitários.

A condutividade elétrica é um parâmetro de medição relativamente simples e realizada no campo. Para a condutividade elétrica não há um padrão estabelecido na legislação, mas ela está correlacionada com parâmetros como sólidos dissolvidos, nitrito e sulfato que possuem limites legais e, no entanto, segundo a Tabela 1, não apresentaram violação na bacia do Rio Doce. Os resultados dessas correlações indicam que a bacia do Rio Doce possui valores satisfatórios de íons dissolvidos como cálcio, magnésio e sódio, além do nitrito e sulfato. Na Fig. 3 estão representadas as dispersões da condutividade elétrica e vários parâmetros: alcalinidade total ($r = 0,82$), cálcio ($r = 0,93$), dureza total ($r = 0,92$), magnésio ($r = 0,85$), nitrito ($r = 0,82$), sódio ($r = 0,94$), sólidos dissolvidos ($r = 0,99$), sólidos totais ($r = 0,89$) e sulfato ($r = 0,87$).

Situação semelhante pode ser observada quando se correlaciona a DQO com o fósforo total ($r = 0,80$) e os sólidos em suspensão com a turbidez ($r = 0,89$). A DQO e os sólidos em suspensão não possuem padrão na legislação, mas podem ser correlacionados com o fósforo total e a turbidez, respectivamente (Fig.4). Portanto, onde houve violação de fósforo deve-se avaliar com cautela a DQO, e onde houve violação de sólidos em suspensão a turbidez está elevada.

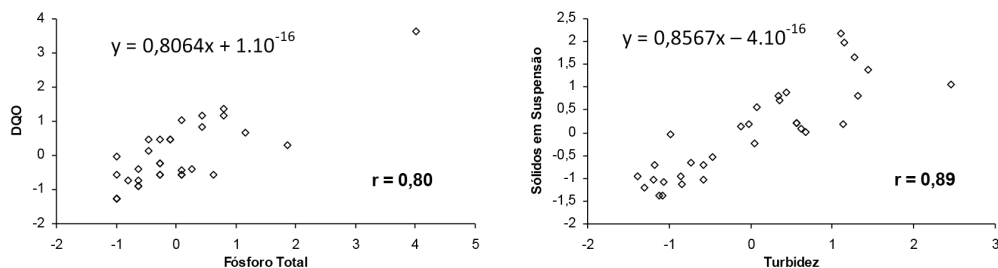
Figura 3 - Dispersões da condutividade elétrica em função de outros parâmetros para todas as estações do Rio Doce. Os valores de r correspondem ao coeficiente de correlação de Pearson





Fonte: VIOLA, Z. G. G. (2008)

Figura 4 - Dispersões da DQO em função do Fósforo total e dos sólidos em suspensão em função da turbidez para todas as estações do Rio Doce. Os valores de r correspondem ao coeficiente de correlação de Pearson



Fonte: VIOLA, Z. G. G. (2008)

4.1 PROPOSTAS PARA O GERENCIAMENTO E RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE

4.1.1 POLUIÇÃO DE ORIGEM PONTUAL

Para o controle da poluição de origem pontual existem soluções técnicas disponíveis que apresentam resultados satisfatórios já comprovados. São os sistemas de tratamentos de esgotos e efluentes industriais que devem ser aplicados antes do lançamento dos rejeitos nos corpos de água. Os municípios com maiores populações urbanas na bacia do Rio Doce, como Governador Valadares, Ipatinga, Caratinga, Coronel Fabriciano, João Monlevade, Ouro Preto e Manhuaçu, devem ser priorizados na implantação do tratamento de esgotos sanitários, pois contribuem de maneira mais relevante para a contaminação dos corpos de água, conforme resultados observados através das estações localizadas a jusante desses municípios respectivamente: RD045, RD035, RD056, RD034, RD026, RD009 e RD064. Além disso, os corpos de água atingidos e degradados pelos esgotos deverão ser recuperados de modo a diminuir as cargas recebidas.

O Rio Doce (RD033 e RD045) e o Rio Piracicaba (RD034) apresentaram características de impacto por efluentes industriais, pois são corpos de água que estão na área de abrangência das grandes indústrias localizadas na bacia. Isso denota a ausência ou inefi-

cácia das ações de controle ambiental adotadas pelos empreendimentos da região. Deve, portanto, haver uma maior fiscalização desses empreendimentos com cobrança efetiva da implantação do tratamento de efluentes industriais, bem como, do investimento para o desenvolvimento de tecnologias que utilizem produtos passíveis de recuperação e/ou reutilização no processo industrial para a remoção adequada durante o tratamento.

As tecnologias convencionais de tratamento de esgotos são usualmente capazes de reduzir as concentrações de matéria orgânica de origem humana (matéria fecal), detergentes, gorduras etc., presentes nos esgotos domésticos, até níveis exigidos para reúso. No entanto, quando a contribuição de efluentes industriais, de postos de gasolina, de áreas de plantio para o esgoto urbano é significativa há o risco da ocorrência de compostos orgânicos persistentes, como os organoclorados. Nesses casos o tratamento biológico fica comprometido e a qualidade da água recuperada deve ser questionada.

Para um grande número de compostos químicos presentes na água, especialmente os orgânicos sintéticos de formulação mais recente, não se conhece quais as concentrações tóxicas e que podem provocar doenças crônicas por ingestão. Águas, nessas condições, não devem ser tratadas para reúso como potável,

principalmente aquelas que recebem esgotos com parcela de efluentes industriais. Torna-se imprescindível portanto, para a garantia da água de qualidade para a população, o controle sobre as fontes dos efluentes lançados no sistema de esgotos urbanos.

4.1.2 POLUIÇÃO DE ORIGEM DIFUSA

A poluição difusa, que possui um caráter sazonal e pode atingir grandes áreas, deve envolver o manejo de toda a bacia de drenagem com medidas específicas em função da fonte de origem, do tipo de transporte, do regime de chuvas e das atividades humanas desenvolvidas. Na bacia do Rio Doce, o impacto na qualidade das águas por poluição de origem difusa é decorrente principalmente da erosão do solo desflorestado e da silvicultura e agricultura. A movimentação de grandes volumes de solos para a preparação do cultivo, a criação de trilhas pelo gado nas pastagens, o pisoteio das margens desprotegidas dos rios, além do potencial natural do solo ao risco à erosão, explicam em parte como as atividades rurais liberam sedimentos que atingem os cursos de água (SIMÕES, 2003). Dessa forma, o controle da poluição difusa na bacia do Rio Doce nas regiões onde predominam as atividades rurais deve envolver a adoção de práticas de manejo para a bacia como um todo e a implantação ou restauração das matas ciliares. Deve haver o gerenciamento e adequação da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas para diminuir as fontes de contaminação e a eutrofização e controlar a toxicidade dos mesmos. Onde existem condições apropriadas, a mata ripária é capaz de remover e desintoxicar o escoamento por intermédio de vários processos químicos e biológicos. O mais importante mecanismo é a quebra de compostos químicos orgânicos por microrganismos do solo, que se adaptam à presença de um pesticida e começam a metabolizá-lo como fonte de energia (SIMÕES, 2003). Quando metabolizado, o pesticida é quebrado em componentes intermediários e, por último, em dióxido de carbono.

As áreas ripárias são importantes para a remoção do fósforo adsorvido a partículas de solo e matéria orgânica (SIMÕES, 2003). e o fósforo na forma dissolvida pode ser removido por meio de adsorção pelas partículas de argila, particularmente se os solos contiverem argila com alto teor de ferro e alumínio (COOPER; GILLIAM, 1987).

A turbidez, que apresentou violações em relação ao limite legal sobretudo no período chuvoso, está associada aos sólidos em suspensão ($r = 0,89$). Esses sólidos podem abrigar microrganismos sensíveis aos tratamentos de desinfecção das águas (MANCUSO, 2003). Além disso, organismos que causam doenças podem ser adsorvidos nos sedimentos ou matéria orgânica podendo sobreviver por longos períodos de tempo. Altas concentrações de nutrientes e elevada turbidez na água também aumentam a sobrevivência de bactérias por fornecerem fonte de nutrição e reduzir a quantidade de luz do sol que penetra na água (SIMÕES, 2003). Tanto as faixas de filtro vegetativo (formados principalmente por gramíneas) quanto as zonas tampão ripárias (espécies arbustivas e arbóreas) reduzem a conexão entre a fonte de poluição potencial e o corpo de água receptor e constituem barreira física e bioquímica contra a entrada de poluição de fontes distantes do curso de água (MUSCUTT et al, 1993).

Na região da bacia onde predomina o escoamento superficial, a mata ripária poderá ser usada como barreira aos sedimentos. Em regiões onde a capacidade de transporte é menor que a carga de sedimentos, a sua deposição ocorrerá na interface entre a zona ripária ou faixa vegetativa e a área de cultivo ou pastagem (SIMÕES, 2003). Os poluentes adsorvidos aos sedimentos são também aí depositados.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados foi possível identificar as fontes de poluição pontual e difusa na

bacia do Rio Doce e estabelecer os fatores de pressão antrópica na bacia através das violações dos parâmetros, que possuem seus respectivos padrões na legislação e correlações daqueles que não os possuem. Os dados provenientes da análise de correlação apontou a turbidez, sólidos em suspensão, fósforo, condutividade elétrica e matéria orgânica como fortes indicadores da degradação dos corpos de água. Verificou-se que o alumínio e o fósforo apresentaram os maiores percentuais de violação em relação aos limites legais para bacia do Rio Doce. O alumínio é um componente natural nos solos e a sua correlação com a turbidez caracteriza a origem difusa desse poluente.

Avaliando-se as estações de amostragem e os respectivos usos e ocupação do solo na bacia sugeriu-se a implantação e o aperfeiçoamento do tratamento de esgotos e efluentes industriais, com a expectativa desses atingirem o nível terciário. Além disso, os corpos de água já degradados devem ser recuperados e preservados através da recuperação de matas ciliares. As atividades agrossilvipastoris devem ser gerenciadas quanto à adequação na aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Esse trabalho está sendo atualizado quanto ao período de monitoramento até o ano 2014. Destaca-se, no entanto, que a evolução histórica dos dados não apresenta mudanças significativas ao longo do monitoramento da bacia do Rio Doce. Porém, o IGAM tem ampliado a rede de monitoramento, a frequência de monitoramento para algumas estações e o número de parâmetros monitorados conforme a avaliação dos resultados, metas de qualidade e os recursos disponíveis, considerando-se que trata-se de uma instituição pública.

REFERÊNCIAS

COOPER, J.R; GILLIAM, J.W. *Phosphorus redistribution from cultivated fields into riparian*

areas. Soil Science Society of America Journal, v.51, n. 1987, 1600-1604p.

GARCEZ, L.N. et al. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998. 291p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Relatório de monitoramento das águas superficiais na bacia do Rio Doce em 2005**. Belo Horizonte, v.1, 2006.

MANCUSO, P.C.S. et al. **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003. 576p.

MUSCUTT, A.D. et al. *Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environments*, v.45, 59-77, p.1993.

SETTI, A.A. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. 2. ed. Brasília, 2001. 328p.

SIMÕES, L.B. **A importância das Matas Ripárias no Controle da Poluição Difusa**. In: Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos. Henry, R. (org.). São Carlos: RIMA, 2003. 349p.

SIMON, U. et al. **Aspects of decision support in water management – example Berlin and Potsdam (Germany) I – spatially differentiated evaluation**. *Water Research* 38, 2004. 1809-1816p.

SINGH, K.P. et al. **Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality o Gomti River (India) – a case study**. *Water Research* 38, 2004. 3980-3992p.

TIMCHENKO, V. et al. *A model for ecosystem state and water quality management in the Dnieper river delta. Ecological Engineering* 16, 2000. 119-125p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**. Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943p.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI. Enfrentando a Escassez**. 2. ed. São Carlos: RIMA Editora, 2005. 251p.

Recebido em: 29 de Maio de 2016
Avaliado em: 30 de Maio de 2016
Aceito em: 3 de Junho de 2016

1. Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente, Belo Horizonte, Brasil
2. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, Brasil
3. Instituto de Ciências Biológicas-UFMG, Belo Horizonte, Brasil