

AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DE CORPOS D'ÁGUA NO SEMIÁRIDO BAIANO. ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALITRE

Clélia Nobre de Oliveira

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial / Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro, Área de Meio Ambiente. Av. Luiz Tarquínio Pontes, 938, 42700-000. Lauro de Freitas – BA, Brasil

Vânia P. Campos*

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia. Campus Universitário de Ondina, s/n, 40170290 Salvador – BA, Brasil

Yvonilde Dantas Pinto Medeiros

Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Rua Aristides Novis, 2, 40210-630 Salvador - BA, Brasil

Recebido em 12/7/09; aceito em 16/12/09; publicado na web em 8/4/10

EVALUATION AND IDENTIFICATION OF SIGNIFICANT QUALITY PARAMETERS FOR THE BODIES OF WATER IN BAHIA'S SEMI-ARID REGION. CASE STUDY: SALITRE RIVER HYDROGRAPHIC BASIN. Objective of this work was identifying superficial water quality parameters, significant to semi-arid hydrographic basins, minimizing costs of water monitoring. The Salitre river basin, an important sub-basin of the São Francisco river, was used as a case study. STD, Cl⁻, DO, BOD, pH, NO₃⁻, PO₄³⁻, Al, Cu, Fe, Mn, Ni and Pb were considered the most significant parameters, with concentration levels found in some stretches of the basin not compliant with the current legislation. Some of the Salitre river basin sediments may represent a risk to the quality of the water body in relation to levels of nickel and zinc.

Keywords: water quality parameters; semi-arid region; metals in sediment.

INTRODUÇÃO

A questão da qualidade das águas ganhou evidência com a sanção da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos,¹ tendo como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Isso demonstra a preocupação com a integração da gestão quanto aos aspectos de qualidade e quantidade, destacando-se, também, como uma das ações principais a “integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental”.

Para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais, conforme classificação da Resolução CONAMA 357/05,² é necessário efetuar a caracterização físico-química e bacteriológica da água, ou seja, avaliar a sua qualidade. A avaliação da qualidade de qualquer sistema ambiental depende fundamentalmente da escolha de parâmetros representativos de seu *status* por ocasião do momento da amostragem.

A salinidade das águas, que a define como doces, salinas e salobras, é expressa em mg/kg ou ainda, em partes por mil (‰), isto é, g/kg e traduz o teor de sais dissolvidos, dentre os quais pode-se destacar os cloretos de Na, Mg e Ca, os sulfatos de Mg, K e Ca e os carbonatos de Ca e Mg.³

Em regiões semiáridas o parâmetro salinidade tem uma importância muito maior do que em outras regiões, visto ser o diferencial para o uso mais nobre (dessedentação humana) e por tratar-se de áreas que além de altas taxas de evaporação, apresentam em sua maioria, condições hidrogeológicas favoráveis a teores elevados de sais nos corpos d'água. Nessas regiões, o uso de todos os parâmetros para avaliação da qualidade da água, segundo estabelecido pela legislação,

não se justifica na maioria dos casos, uma vez que muitos pressupõem cenários de poluição normalmente não correspondentes à realidade da região semiárida tão pouco industrializada.

Populações de cidades circunvizinhas a barragens, açudes e rios na região semiárida baiana, especialmente na bacia do rio Salitre, estudo de caso deste trabalho, usam muitas vezes água poluída ou salinizada para atendimento das suas necessidades básicas, o que implica em uma crescente e séria ameaça à saúde e ao bem-estar daquelas populações.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar e identificar parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano, definindo os mais relevantes para o monitoramento adequado de águas de bacias hidrográficas de regiões semiáridas. Utilizou-se como estudo de caso a bacia do rio Salitre, uma sub-bacia do rio São Francisco, localizada em área de clima tropical semiárido, com distribuição de chuva bastante irregular, apresentando a maior escassez de água instalada no extremo norte do Estado da Bahia.

PARTE EXPERIMENTAL

A metodologia usada para definição de parâmetros de qualidade de água relevantes para o monitoramento de águas de bacias hidrográficas de regiões semiáridas baseou-se em adaptações de sugestões de procedimentos encontradas na literatura sobre gestão dos recursos hídricos, no que diz respeito aos usos preponderantes, que visam alcançar metas de qualidade para os corpos hídricos.^{4,7} A Figura 1 apresenta essa metodologia, que consta de quatro procedimentos básicos: i) caracterização da área de estudo: envolve o reconhecimento das características locais que apontem para alguma relação com as fontes de poluição e usos da água, responsáveis pela contaminação do corpo hídrico. ii) levantamento de dados de campo: baseia-se na seleção preliminar de pontos na bacia, obedecendo a critérios específicos que podem interferir nos

*e-mail: vaniaroc@ufba.br

resultados das análises das amostras. Estes orientam para a escolha preliminar de parâmetros específicos a serem analisados, que apresentam tendência a influenciar a qualidade daquela água, além dos parâmetros primordiais, indispensáveis, como pH, OD, STD, nutrientes etc. O atendimento a todas as exigências da Resolução CONAMA 357/05,² além de inviabilizar a avaliação da qualidade da água, pode englobar parâmetros sem relação causal com os corpos d'água dos trechos da bacia. A periodicidade das campanhas de campo é definida em função da sazonalidade, destacando-se no caso do Semiárido apenas os períodos seco e úmido. Um perfil temporal mais detalhado é ideal para que possa ser acompanhada de forma mais realista a qualidade das águas destes corpos aquáticos, visto que sua intermitência pode lhes conferir condições bem distintas naqueles dois períodos. No entanto, como alternativa para viabilizar o conhecimento das condições ambientais locais, sugere-se neste trabalho uma avaliação preliminar dessas condições, incluindo fontes de contaminação da água ou do leito do rio quando seco, reduzindo o número de parâmetros de qualidade da água a serem analisados, para um conjunto capaz de representar a condição do corpo d'água. iii) armazenamento e organização das informações: os dados levantados, armazenados em planilhas, gráficos e quadros, agrupados por trecho da bacia, dão ao estudo um melhor ordenamento e facilitam a visualização da contaminação e/ou dos riscos aos quais o corpo d'água está sujeito. iv) avaliação e seleção dos parâmetros de qualidade de água significativos para a investigação da condição do corpo d'água: a avaliação dos dados se baseia nos resultados das análises e identificação dos usos da água, necessitando comprovações periódicas da representatividade dos parâmetros considerados significativos naquele momento.

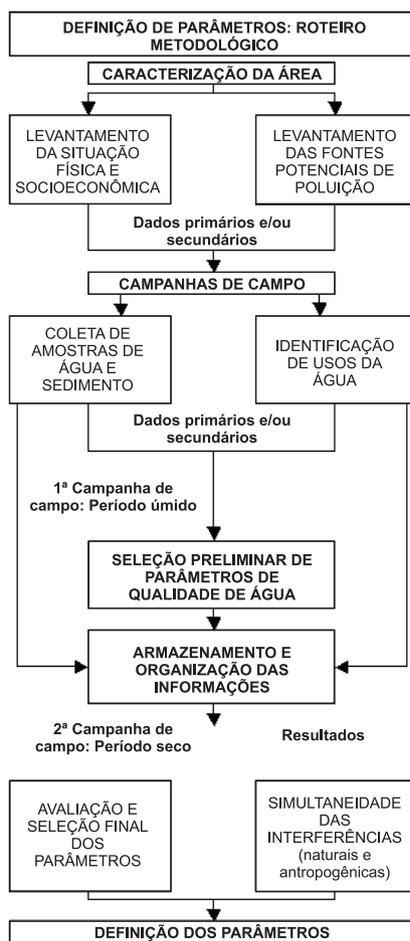


Figura 1. Etapas da metodologia de definição de parâmetros de qualidade da água

Área estudada

A bacia hidrográfica do rio Salitre, embora considerada de pequeno porte, é uma importante bacia do Semiárido baiano. Ocupa uma área do centro-norte do Estado de 13.468 km², equivalente a 2,1% da área total da Bacia do Rio São Francisco. Nove municípios pertencem à Bacia, todos totalmente inseridos na região semiárida, correspondendo a 433.673 habitantes, 3% da população do estado da Bahia. Localiza-se em uma área de clima tropical semiárido, com distribuição de chuva bastante irregular, apresentando a maior temperatura instalada no extremo norte do Estado da Bahia, com déficit hídrico devido às elevadas taxas de evaporação. Seu rio principal e afluentes agregam corpos d'água com altos teores de sais dissolvidos e são rios intermitentes, com trechos que secam nos períodos de pouca chuva, principalmente nos meses de agosto a outubro. A Figura 1S, material suplementar, apresenta mapa da área de estudo com os pontos de coleta usados nas amostragens de água e sedimento, inseridos nos trechos escolhidos para a identificação da condição dos corpos d'água da bacia.

Identificação de fontes de poluição

Fontes potenciais de poluição foram definidas em trechos selecionados (Figura 2S, material suplementar) para obtenção das amostras de água e sedimento, mostrando a relação direta das atividades antropogênicas com o nível de poluição identificado nos corpos d'água. Na Figura 1S, material suplementar, estão assinalados 31 trechos na bacia do rio Salitre. Dez desses trechos não foram incluídos neste estudo por terem características muito semelhantes a outro já usado nas suas proximidades ou por serem de acesso muito difícil. A situação da maioria apresentava risco de contaminação fecal, devido à presença de esgotos domésticos das comunidades que vivem nas proximidades e dejetos de animais deixados com acesso livre aos corpos d'água para dessedentação. Lavagem de roupas e utensílios domésticos diretamente no rio é outra fonte de poluição bastante peculiar nos trechos. Áreas de jazidas de calcário identificadas nos trechos correspondentes aos municípios de Ouriolândia (trecho 4) e Jacobina (trechos 8, 10 e 11) representam fontes típicas de poluição na região e, principalmente, sua exploração contribui para o aumento da concentração de sais e da turbidez da água nos mananciais. Além destas, foram também consideradas como fontes principais de poluição da bacia: lixo urbano, atividade agrícola (uso de agrotóxico/fertilizante) e atividade pecuária.

Planejamento amostral

Em princípio, para se determinar parâmetros de qualidade de água mais significativos para uma região, é mais seguro que as campanhas de campo sejam inicialmente trimestrais, para garantir informações mais concisas da região. No caso específico deste trabalho, como eram disponíveis dados secundários mais antigos sobre a qualidade da água da bacia em termos de pH, parâmetros físico-químicos, nutrientes e suas características anteriormente descritas,⁸ planejou-se apenas duas campanhas em períodos diferenciados sazonalmente.

As campanhas para coleta de amostras de água e sedimento e levantamento dos usos da água da bacia pelas comunidades compreendeu dois períodos: úmido (maio e junho), com 14 pontos de coleta e seco (outubro) com 7 outros pontos adicionais; baseou-se na seleção preliminar de pontos na bacia, em função de dados já existentes⁸ ou obedecendo critérios específicos que caracterizariam o ponto como potencialmente importante: estar incluído em trechos com poluição hídrica, principalmente próximos a centros urbanos; em área identificada como de natureza e tipo de fonte de poluição

mais significativa na bacia; em trechos com atividades econômicas a montante e a jusante de fontes potenciais de poluição e, em local com comunidades às margens de cursos d'água.

A metodologia específica de coleta e preservação de amostras baseou-se no roteiro do *Standard Methods*,⁹ o qual orienta sobre amostragem, acondicionamento das amostras e tempo máximo permitido entre a coleta e a análise.

Identificação dos usos da água

A identificação de usos da água foi realizada seguindo a mesma programação da campanha de amostragem, gerando informações diretamente nos pontos onde a condição do corpo d'água foi identificada, inclusive com aplicação de questionário específico. Os usos da água identificados nos diferentes trechos da bacia foram: irrigação, recreação de contato primário, abastecimento humano, dessedentação animal, lavagem de roupa *in loco* e proteção à vida aquática.

Análises químicas

A fim de possibilitar a seleção de parâmetros de qualidade de água que fossem significativos na caracterização da condição das águas da região, foi necessário analisar as amostras de água determinando a quase totalidade dos parâmetros especificados na legislação CONAMA 357/05,² sendo alguns deles, como metais, compostos organoclorados e organofosforados, também investigados em amostras de sedimento, visto que a caracterização desse tipo de matriz nesses ambientes é vital para uma real avaliação da evolução da qualidade, devido à possibilidade de troca de nutrientes e outras substâncias com a coluna d'água.

Os parâmetros de qualidade determinados nas amostras de água englobam: parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes), parâmetros físicos (condutividade elétrica, cor, temperatura e turbidez) e parâmetros químicos (DBO, DQO, OD, cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo, pH, sólidos dissolvidos, sulfato, surfactantes, e os metais: alumínio, arsênio, bário, berílio, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, estanho, ferro, magnésio, manganês, níquel, sódio e zinco. Para a análise das espécies legisladas na forma dissolvida, caso do alumínio, cobre e ferro, as amostras de água foram previamente filtradas em membrana de fibra de vidro de 0,45 µm. Também foram avaliados nas amostras compostos semivoláteis (2,4,6 triclorofenol, penta-cloro-fenol, benzo-a-pireno) e compostos organoclorados e organofosforados. As amostras de sedimento a serem analisadas para metais foram previamente secas em estufa de circulação de ar a 40 °C, posteriormente desagregadas e peneiradas por 2 mm (10 mesh), sendo então digeridas com ácido nítrico em bloco digestor a 80 °C durante 8 h. A determinação dos pesticidas nas amostras de sedimento constou de secagem à temperatura ambiente, peneiração e homogeneização, extração em Soxhlet, concentração em evaporador rotatório, extração líquido-líquido, concentração e redissolução do extrato com tolueno, com adição de padrão interno. As Tabelas 1S e 2S, material suplementar, apresentam os métodos analíticos usados para determinação de parâmetros químicos em amostras de água escolhidos seguindo-se recomendações do *Standard Methods*⁹ e em amostras de sedimento, respectivamente. A Tabela 1S apresenta padrões legislados, além dos limites de detecção dos métodos.

Seleção preliminar de parâmetros de qualidade da água

A análise preliminar dos parâmetros de qualidade foi efetuada a partir da primeira campanha de campo. Nessa etapa foram identificados parâmetros de menor importância que poderiam ser dispensados

de análise, minimizando custos e tempo gasto na campanha seguinte. Assim, alguns parâmetros foram mantidos ou dispensados de nova análise mediante a avaliação dos motivos que induziriam ou impediriam sua presença no corpo hídrico, a exemplo das condições físicas naturais da bacia e da identificação das atividades antropogênicas no trecho amostrado, aliadas à não detecção do parâmetro de qualidade ou a seus níveis muito baixos em períodos secos anteriores. Da mesma forma, manteve-se ou excluiu-se o sedimento como matriz amostrada.

É importante enfatizar que a metodologia usada neste trabalho, para priorizar parâmetros de qualidade de água, é uma alternativa para ser aplicada em regiões tipicamente carentes economicamente, onde, sem tais procedimentos seria inviável o conhecimento da qualidade de seus corpos hídricos. O monitoramento integral dos parâmetros legislados em frequência mínima trimestral seria o ideal.

A Figura 1S, material suplementar, identifica os corpos perenes e intermitentes na bacia em estudo, o que associado à Figura 2S permite perceber interferências de fontes de poluição pontuais como lançamentos de esgotos domésticos, lixo urbano, dejetos de animais oriundos de atividade pecuária e fontes difusas como fertilizantes e pesticidas utilizados na agricultura, que podem se propagar no corpo d'água. A situação de intermitência do rio Salitre e seus afluentes influencia os dados de vazão na bacia, dificultando a diluição de poluentes que são despejados nos seus cursos d'água. Nos dois períodos definidos para as campanhas de amostragem, os cursos d'água, na data/hora da coleta, não recebiam escoamento superficial, o que também influenciaria no nível de contaminação da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram agrupados em três etapas: avaliação dos parâmetros de qualidade da água, identificação da simultaneidade de ocorrências das fontes potenciais de poluição e usos da água e definição dos parâmetros. A condição dos trechos d'água na bacia foi determinada com os resultados das análises e da identificação dos usos da água.

Como os usos de uma água são inicialmente limitados pela sua salinidade, este é um parâmetro a ser determinado em primeiro lugar na avaliação de sua qualidade, sendo normalmente relacionado à clorinidade (Cl⁻‰), quantidade de cloreto em gramas por quilo de água, através da equação: Salinidade[‰]=0,030+1,805xCl⁻‰¹⁰ ou seja, Salinidade[‰]=0,030+1,805 x ([Cl⁻]_{mg L⁻¹} / 1000). A salinidade pode ser calculada com maior exatidão relacionada aos sólidos totais dissolvidos (STD) na água.¹¹ A condutividade, parâmetro também adequado para esta comparação, representa também a quantidade de sais na água. No caso específico da água da bacia do rio Salitre, verificou-se que a salinidade pode ser calculada de forma mais adequada pelos STD, mostrado na Figura 2 pelas correlações entre a condutividade elétrica das amostras de água e a salinidade calculada das duas formas: pela clorinidade (Figura 2a) e pelos STD (Figura 2b).

A Figura 3S, material suplementar, apresenta a salinidade dos corpos d'água da bacia do rio Salitre calculada através da concentração de sólidos totais dissolvidos e agrupados por trechos da bacia. Os trechos 1, 13, 14 e 23 apresentam valores abaixo ou muito próximos de 0,5‰, indicando água doce, como seria esperado para águas de nascentes, que devem apresentar nível de qualidade para usos mais exigentes, como o consumo humano e a preservação das comunidades aquáticas. A salinidade dos trechos 2 e 5 também apresenta valores próximos a uma água doce (0,66 e 0,59‰ respectivamente), podendo essa pequena alteração ser devida à localização da amostragem sobre área calcária, o que contribuiria para o aumento do teor de sais na água. Os valores mais altos de salinidade (0,96 a 2,8‰) foram identificados nos trechos 4, 11, 19, 21 e 28, águas consideradas na categoria de água salobra. Observou-se *in loco* que a água do trecho 28-Junco

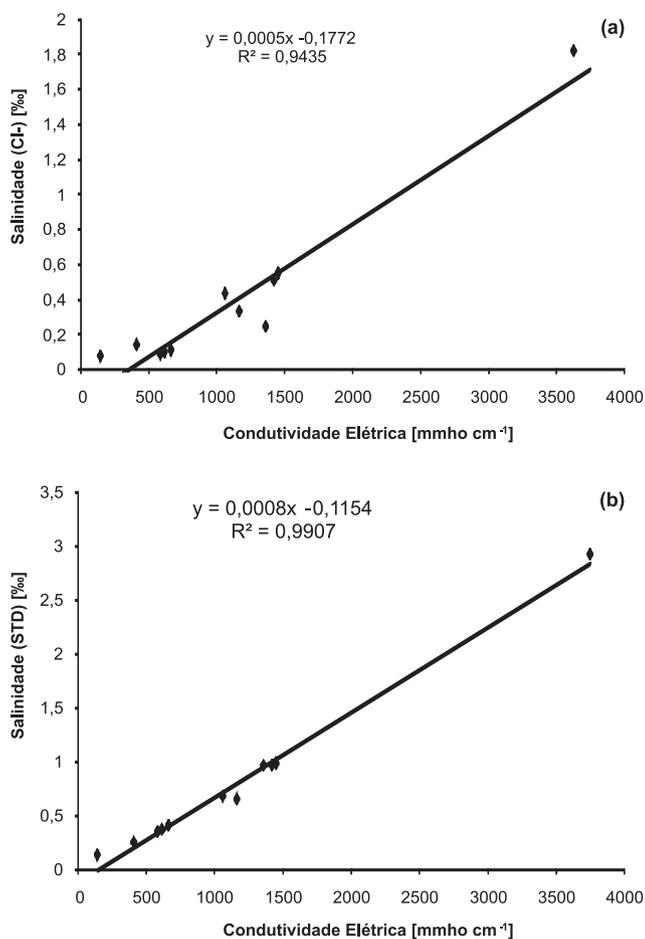


Figura 2. Correlação entre a condutividade elétrica das águas da bacia do rio Salitre e a salinidade calculada: (a) pela clorinidade e (b) pelos sólidos totais dissolvidos (STD)

(0,52 a 0,97‰) era utilizada pela comunidade inclusive para abastecimento humano, sem nenhum tratamento prévio, principalmente por ser o único manancial da região. O mesmo acontece com a água salobra do trecho 27-Alegre e com as águas doces dos trechos 25, 29 e 31. A água do trecho 7, de uma barragem em processo avançado de salinização, apresentou salinidade de cerca de 19‰.

Os parâmetros considerados relevantes na bacia hidrográfica estudada foram: físicos, como cor e turbidez; químicos, como pH, indicadores de matéria orgânica (OD e DBO), nutrientes (nitrito e fosfato) e cloreto, representando sais dissolvidos. Os resultados foram dispostos em gráficos para as duas campanhas e por ponto de amostragem (segundo modelo da Figura 3S, material suplementar), a partir dos quais foi avaliada a conformidade com a resolução CONAMA 357/05,² em relação à classe 2 para águas doces e à classe 1 para águas salobras, de acordo com o Art. 42 do Capítulo VI daquela Resolução, que determina que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Desta forma, trechos com melhor qualidade de água devem pertencer a classes mais restritivas.

Na definição final dos parâmetros para o monitoramento da qualidade da água da bacia, os usos identificados em cada trecho analisado também foram relacionados aos resultados das análises dos parâmetros de qualidade de água e comparados com padrões definidos em função dos usos prioritários, estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05.² Não tendo sido identificados todos os usos de

maneira simultânea nos trechos avaliados, houve uma redução de parâmetros antes considerados relevantes para o monitoramento da bacia em estudo.

No trecho 1 (Nascente) observou-se alteração na cor da água devido à presença de substâncias de origem natural; mata ciliar preservada insere galhos e restos de plantas no corpo d'água, os quais remetem à matéria orgânica degradada por bactérias e formação de ácidos húmicos e fúlvicos, responsáveis pela cor amarelada da água. Foi encontrado valor alto para a cor nesse trecho e também valores bem acima do aceitável (75 mg Pt L⁻¹) nos trechos 8 e 14, sendo o primeiro destes uma barragem, cujas margens se encontravam em processo de erosão, o que facilita o carregamento de resíduos sólidos espalhados nas proximidades para o lago da barragem. A alteração da cor da água em outros trechos pode ser explicada pela presença de metais característicos das rochas locais que passaram por processo de dissolução.

Os usos da água e as fontes de poluição identificados influenciam na turbidez da água da bacia, que mede a presença de material fino em suspensão. A metade dos trechos apresenta valores ultrapassando 10 UNT, normal para rios de grande envergadura, mas não se aplicando aos rios da bacia do Salitre, que possuem pouca vazão ou quase nenhuma. Dos trechos analisados, somente o 16 e o 30 apresentam valores de turbidez acima do limite de 100 UNT. O trecho 16 é uma barragem com pequena vazão e o trecho 30 uma barragem galgável, criada por barramento de terra.

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas, decorrentes de despejos orgânicos. Níveis de OD variaram de 2,3 mg L⁻¹ no trecho 10-Lagoa Vicente Amorim (valor de normalidade para esse tipo de água: 5 mg L⁻¹ O₂) a 13 mg L⁻¹ no trecho 7-Barragem Casa Nova, água com salobridade muito alta. Em águas dessa natureza a solubilidade do oxigênio poderia até ser mais baixa.¹² No entanto, o valor encontrado no trecho 10 se justifica por ser pouco profundo e frequentado por animais para dessedentação.

A demanda bioquímica de oxigênio é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C, sendo por isso referido como DBO_{5,20}. Na análise dos trechos de água na bacia do rio Salitre, 55% dos valores de DBO se encontravam acima da normalidade para águas doces de Classe 2 (até 5 mg L⁻¹ O₂), atingindo um valor máximo de 37 mg L⁻¹ no trecho 7-Barragem Casa Nova. Na nascente do rio Salitre, representada no trecho 1, acontece uma situação típica de interferências naturais na água, pois o alto valor da DBO (18 mg L⁻¹) é decorrente provavelmente da degradação dos restos de vegetação presentes no corpo d'água, que interferiam também na coloração da água naquele ponto.

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados a condições de neutralidade; alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar a extinção da biota aquática.¹³ Para a vida aquática é recomendável a faixa de 6 a 9 em águas doces e 6,5 a 8,5 em águas salobras.² Os valores de pH identificados nos trechos d'água da bacia do rio Salitre ficaram entre 3,5 e 8,4, em sua maioria dentro daquelas faixas. As exceções foram os trechos 1-Nascente (pH 3,8), 7-Barragem Casa Nova (pH 5,5), e 8-Barragem Edson Nolasco (pH 5,0). Na nascente, conforme descrito anteriormente, além da densa vegetação nas suas margens, possui muitos galhos e restos de plantas tanto no fundo como cobrindo o espelho d'água. Quanto aos trechos 7 e 8, estando os mesmos sobre aquíferos calcários e se não houvesse outros fatores interferindo fortemente na qualidade daquelas águas como, por exemplo, a presença de lixões, seu pH poderia estar mais alto devido à influência da dissolução do carbonato de cálcio.

Os íons nitrito e fosfato, em geral, são os nutrientes limitantes da vida aquática, podendo indicar a possibilidade de eutrofização do

corpo hídrico, proliferação excessiva de algas ou vegetação aquática, cuja decomposição leva ao aumento da demanda bioquímica de oxigênio e à consequente deterioração da qualidade do corpo d'água.¹⁴ Os nutrientes normalmente entram no corpo d'água por descarga de efluentes urbanos, agrícolas ou industriais.

Os níveis de nitrato (de 0,020 a 5,1 mg L⁻¹ NO₃⁻) nos diferentes trechos da bacia do rio Salitre, assim como os de amônia e nitrito, foram considerados baixos. A única exceção foi o trecho 19-Piabas (28 mg L⁻¹NO₃⁻), bem acima do limite para águas salobras de classe 1 (0,40 mg L⁻¹NO₃⁻). Este trecho, que é intermitente, só pôde ser amostrado no período úmido, quando era usado apenas para dessedentação animal e tinha como fonte de poluição mais significativa dejetos de animais. Ele não foi considerado significativo para o estudo, pois segundo informações de moradores é um leito que passa quase 20 anos seco. Nitrito só foi detectado na água de dois dos trechos estudados (trecho 19-Piabas e 21-Laje); os níveis encontrados de 0,12 e 0,19 mg L⁻¹ NO₂⁻, respectivamente, ultrapassam o limite legislado para águas salobras de classe 1 (0,07 mg L⁻¹ NO₂⁻). A ausência de nitrito em águas superficiais normalmente ocorre, pela sua instabilidade na presença de oxigênio, tornando-o principalmente uma forma intermediária dos compostos nitrogenados. A sua presença indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica recente e apresenta toxicidade mais elevada que o nitrato. Amônia, que é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa podendo, no entanto, causar sufocamento de peixes quando em altas concentrações na água, só foi detectada em apenas um trecho no período úmido (trecho 8 - Barragem Edson Nolasco) e em três trechos no período seco (trecho 10 - Lagoa Vicente Amorim, 28 - Junco e 29 - Barragem Galgável IV); as concentrações de amônia nas águas desses trechos, onde o pH se mantinha abaixo de 7,5, variaram entre 0,17 e 0,53 mg L⁻¹, também muito abaixo dos valores máximos mais exigentes indicados pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces e salobras (Tabela 1S, material suplementar).

Em relação ao fósforo, originado principalmente de detergentes e defensivos agrícolas, seu limite (0,030 a 0,050 mg L⁻¹ P-Total dependendo do tipo de ambiente, para águas doces de classe 2 e 0,124 mg L⁻¹ P-Total para águas salobras de classe 1), foi ultrapassado em 71% dos trechos analisados, confirmando a interferência de esgotos domésticos, identificados no local. Nas proximidades de alguns trechos foram observadas atividades de irrigação, que interferem com fertilizantes sendo carregados para o corpo hídrico e intensa atividade de lavagem de roupa e utensílios domésticos com detergentes (Figura 2S, material suplementar). Diante desses resultados, sugere-se para estudos futuros na região, a investigação do estado trófico dos trechos de água, com a aplicação de índices, determinando-se o nível de clorofila, que permite avaliar a capacidade de produção de biomassa.

O cloreto nos corpos d'água provém geralmente da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, podendo também, advir de esgotos domésticos (excreção pela urina) ou industriais.¹⁵ Este parâmetro foi comparado nas águas dos diferentes trechos da bacia com o limite estabelecido (250 mg L⁻¹) pela Resolução CONAMA 357/05² para águas doces de classe 2, sendo identificados altos níveis de concentração, situação bastante comum nos corpos d'água de regiões semiáridas, representando altos teores de sais (Figura 3S, material suplementar).

A Figura 4S, material suplementar, apresenta os metais de maior significância na água dos diferentes trechos da bacia do rio Salitre: Ni, Al, Mn, Fe, Pb e Cu.

Dezessete metais foram analisados nas amostras de água. Apenas aqueles apresentados na Figura 4S mostraram níveis acima dos limites máximos permissíveis, indicados pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces de classe 2 e salobras de classe 1 (Tabela 1S).

Como a incidência maior dessas espécies químicas na água é devida a atividades antropogênicas, principalmente industriais, o que

não se verificou na bacia do rio Salitre, as concentrações de metais em desconformidade com a legislação podem ser principalmente associadas a fatores naturais. Eventualmente, a contaminação das águas superficiais pode ocorrer por mecanismos naturais via subterrânea.¹⁶ A interação entre a água e a rocha enriquece-a de certas substâncias, algumas das quais em concentrações que a tornam não potável (Portaria MS Nº 518/04).¹⁷ Entre os metais analisados nas águas, os mais comuns foram Ni, Al, Mn e Fe e, em menor frequência e em concentrações mais baixas: Pb (apenas uma vez acima do limite) e Cu (de 0,01 a 0,05 mg L⁻¹). Outros metais foram detectados na água, mas em concentrações sempre abaixo dos valores legislados: As, Cr, Cd e Zn. Nenhuma correlação foi encontrada entre pH da água e a concentração daqueles metais detectados como contaminantes mais comuns da água da bacia em estudo.

O níquel apresentou concentrações acima do limite legislado (0,025 mg L⁻¹) somente no período úmido, período com maior chance de liberação de metais devido à drenagem superficial para os corpos d'água, variando de 0,71 mg L⁻¹ na nascente, a 1,0 mg L⁻¹ no trecho 8 (Figura 4Sa, material suplementar).

Assim como o níquel, o alumínio na água dos pontos amostrados apresentou concentrações mais altas principalmente no período úmido. Foram encontrados valores entre 0,54 e 3,2 mg L⁻¹ Al, ultrapassando em 32 vezes o limite legislado (Figura 4Sb, material suplementar).

Manganês foi identificado em concentrações mais altas no período seco, principalmente em trechos de barragens, chegando a 12 vezes o limite estabelecido pela legislação (Figura 4Sc, material suplementar). Nos outros trechos as concentrações variaram de 0,12 a 0,20 mg L⁻¹ Mn, bem mais próximo ao limite e dentro da normalidade para águas superficiais naturais. Os valores mais altos de concentração de ferro nos corpos d'água estudados quando comparados com o limite de 0,3 mg L⁻¹ também foram encontrados em três daqueles trechos de barragens, (Figura 4Sd). Nesse tipo de corpo d'água, há uma maior propensão em concentrar as espécies devido a pouca movimentação das águas, dificultando a dispersão e, principalmente no período seco, devido a altas temperaturas ambientais que provocam maior evaporação da água confinada.

O trecho 8, Barragem Edson Nolasco, foi o único que apresentou chumbo na água acima do limite legislado, equivalente a 0,041 mg L⁻¹, também relacionado ao período úmido (Figura 4Se, material suplementar).

Finalmente, o cobre, limitado para águas doces de classe 2 e salobra de classe 1 em níveis muito baixos (0,009 e 0,005 mg L⁻¹, respectivamente), apresentou concentrações uma ordem de grandeza mais alta do que aqueles limites nos dois períodos e em todos os trechos (Figura 4Sf, material suplementar).

Para a bacia estudada, o parâmetro coliformes termotolerantes (limitado para diferentes usos da água em no máximo 1.000 NMP/100 mL) tem relevância maior ainda, diante das constatações *in loco*, que mostraram uso da água em abastecimento humano, dessedentação animal e recreação de contato primário, e remete a um impacto altamente prejudicial à qualidade da água e à saúde da população que fica exposta a agentes patogênicos oriundos da contaminação fecal.

Em 62% dos pontos amostrados nos trechos da bacia do rio Salitre, os níveis de coliformes termotolerantes tinham valores ultrapassando os limites, principalmente no período seco, quando a capacidade de autodepuração do rio é quase nula devido a altas temperaturas e escassez de água.

A avaliação feita dos níveis de concentração para os parâmetros considerados relevantes, representando os dados como o exemplo da Figura 4S, mostrou a condição dos cursos d'água na bacia, tanto no período úmido como no período seco, representada por concentrações acima dos limites permissíveis pela legislação ambiental, configurando a real situação da qualidade da água da bacia do rio Salitre,

onde ocorre com frequência despejos em determinados trechos com grande contribuição de matéria orgânica e sendo mesmo assim, esses trechos relacionados aos principais usos da água: recreação de contato primário e dessedentação animal.

Os 17 metais analisados na água dos trechos da bacia do rio Salitre também foram analisados nos sedimentos daqueles trechos. Normalmente a avaliação da extensão da contaminação dos sedimentos por metais é feita pela diferença entre o valor da concentração medida e o valor da concentração natural.¹⁸ No entanto, não é fácil encontrar áreas que possam ser consideradas limpas, ou seja, não contaminadas de alguma maneira. Assim, usam-se diferentes métodos para se determinar a concentração *background* de metais em sedimentos, incluindo análise de diferentes frações do sedimento em amostras tomadas de perfis, a normalização geoquímica, que avalia o aumento da concentração natural de metais no sedimento,¹⁹ ou ainda a comparação dos valores das concentrações medidas e valores recomendados na literatura ou considerados de referência.²⁰⁻²³ Neste trabalho, apenas sete metais foram encontrados em sedimentos em concentrações acima de algum limite máximo de referência: Al, Ba, Cd, Fe, Mn, Ni e Zn e outros três foram encontrados acima de limites inferiores: Co, Cr e Pb. A Tabela 1 apresenta as faixas de concentração dos metais determinados nos sedimentos dos trechos estudados na bacia do rio Salitre, nos períodos úmido e seco e seus limites recomendados ou valores de referência utilizados neste trabalho.

O enriquecimento de alguns metais nos sedimentos facilitou sua detecção. Observa-se pela Tabela 1 que os níveis mais baixos dos metais detectados nos sedimentos da bacia do rio Salitre (exceção para bário e cobre), correspondem ao trecho 1 - Nascente, amostrado apenas no período úmido por se encontrar no topo de um morro de 1200 m de altitude, e com acesso muito difícil. Esses baixos níveis de concentrações no sedimento da nascente do rio Salitre, associados à concentração média de elementos maiores¹⁸ na crosta da terra, orientaram os autores deste trabalho a recomendar valores limites máximos para Al e Fe em sedimentos de regiões com características semelhantes ao semiárido baiano (Tabela 1), considerando aquela nascente um ponto da bacia sem interferência antropogênica, ou seja, com sedimentos ainda com suas características originais. Isso foi feito para que se tivesse uma orientação sobre a qualidade dos sedimentos amostrados nos outros pontos (além da nascente) da bacia do rio Salitre com relação a esses dois metais, para os quais não existem valores de referência orientadores nesse tipo de matriz.

Quando se comparam os limites referentes ao nível 2 da classificação de sedimentos de água doce estabelecidos para metais pela Resolução CONAMA 344/04²⁴ evidencia-se que os sedimentos de alguns trechos, como em Ourolândia, trecho 4, Jacobina, trechos 8 e 11 e Juazeiro, trechos 27 e 30, podem representar risco para a qualidade do corpo aquático com relação a níquel e zinco, uma vez que os mesmos se encontram naqueles sedimentos acima do limiar que prevê provável efeito adverso à biota (Tabela 1).

Tanto nas amostras de água como nas de sedimento não foram detectados compostos semivoláteis (2,4,6 triclorofenol, penta-clorofenol, benzo-a-pireno) e compostos organoclorados e organofosforados, também investigados. Os métodos analíticos usados e limites de detecção para sua determinação estão incluídos nas Tabelas 1S e 2S, material suplementar. Para compostos organoclorados observa-se entre os valores orientadores para solos no Estado de São Paulo,²¹ muito usados para comparação com níveis determinados em sedimentos, valores na faixa de $(1,0 \text{ a } 40) \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}$. Estes chegam a ser até 1000 vezes mais baixos do que o limite de detecção do método de referência indicado/usado para determinar aqueles compostos (Tabela 1S).

Em relação à etapa de identificação da simultaneidade de ocorrências das fontes de poluição com os usos da água, penúltima etapa da metodologia deste trabalho, antes da inter-relação com os resultados

Tabela 1. Faixas de concentração de metais em sedimentos da bacia do rio Salitre, Semiárido baiano

Metal	Concentração [$\mu\text{g g}^{-1}$]			Limite recomendado neste trabalho/ valor de referência
	Sedimento do trecho T		Período	
	Úmido	Seco		
Al	242 (T-1) – 34108 (T-8)	1785 (T-8) – 54917 (T-7)		10000 ^(a)
As	$\leq 0,5$ (T-1) - 2,4 (T-25)	$\leq 0,5$ (T-14) - 2,7 (T-16)		3,5 ^(b) ; 17 ^(c)
Ba	35 (T-21) – 530 (T-25)	35 (T-14) – 575 (T-13)		75 ^(b)
Be	$\leq 0,2$ (T-1) - 2,4 (T-25)	$\leq 0,2$ (não detectado)		*
Ca	97 (T-1) – 150686 (T-4)	-		*
Cd	$\leq 0,25$ (não detectado)	$\leq 0,25$ (T-14) – 1,1 (T-11)		0,3 ^(d) ; 0,5 ^(b,e) ; 3,5 ^(c)
Co	$\leq 4,0$ (T-1) - 19 (T-8)	$\leq 4,0$ (T-14) - 17 (T-30)		13 ^(d) ; 50 ^(e)
Cr _T	$\leq 1,0$ (T-1) - 47 (T-27)	6,5 (T-14) - 88 (T-30)		40 ^(b) ; 50 ^(e) ; 90 ^(d)
Cu	3,1 (T-21) – 27 (1)	$\leq 2,8$ (T-14) - 22 (T-30)		35 ^(b) ; 45 ^(d) ; 50 ^(e) ; 197 ^(c)
Fe	110 (T-1) - 26734 (T-27)	788 (T-8) – 26568 (T-7)		10000 ^(f)
Mg	54 (T-1) - 2886 (T-11)	-		*
Mn	$\leq 1,0$ (T-1) - 1135 (T-8)	26 (T-14) - 918 (T-29)		1000 ^(e)
Na	158 (T-1) - 522 (T-25)	-		*
Ni	$\leq 3,5$ (T-1) - 39 (T-27)	$\leq 3,5$ (T-14) - 51 (T-30)		13 ^(b) ; 35,9 ^(e)
Pb	$\leq 0,6$ (T-1) - 19 (T-26)	3,2 (T-10) – 28 (T-11)		17 ^(b) ; 20 ^(d) ; 50 ^(e) ; 91,3 ^(e)
Sn	≤ 50 (não detectado)	≤ 50 (não detectado)		*
Zn	$\leq 5,0$ (T-1) - 1995 (T-4)	$\leq 5,0$ (T-14) – 772 (T-11)		60 ^(b) ; 95 ^(d) ; 100 ^(e) ; 315 ^(e)

das análises já apresentados, para finalmente definir os parâmetros de qualidade da água significativos para regiões semiáridas, pôde-se comparar e correlacionar as informações, determinando-se quantas vezes os usos da água e as fontes de poluição ocorriam no mesmo trecho. O somatório dessa ocorrência indicou a frequência simultânea representada por tipo de atividade potencialmente poluente. Foram registradas 281 ocorrências, considerando-se as atividades urbanas, agrícolas, pecuárias, de mineração e atividades naturais. Desta forma evidenciou-se que a recreação de contato primário e a dessedentação animal, quando correlacionados com as fontes de poluição, mostram-se usos mais intensos que os demais (média de 7 vezes), reforçando a necessidade do monitoramento dos parâmetros que se relacionam com esses usos.

Uma vez determinadas as prováveis interferências das fontes de poluição sobre os usos da água, definiram-se 17 parâmetros de maior importância para rios intermitentes, visto que se mostram determinantes para a qualidade da água, podendo inviabilizar o seu uso. São eles: cor, turbidez, condutividade elétrica, STD, Cl⁻, OD, DBO, pH, NO₃⁻, PO₄³⁻, Al, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, e coliformes termotolerantes. A seleção desses parâmetros visou, como já relatado, além de facilitar o monitoramento da água, minimizar os custos de prevenção e controle da poluição.

Relacionando-se parâmetros escolhidos em função de fontes de poluição com a classificação alcançada para os cursos d'água, foram agrupados parâmetros representativos de cada trecho. O trecho 2 (Barragem Tamboril), por exemplo, relaciona-se às fontes de poluição como lixo doméstico, uso direto de detergente, agrotóxico/fertilizante e dissolução de rochas, correspondendo então aos seguintes parâmetros identificados na avaliação da simultaneidade: cor, turbidez, condutividade elétrica, OD, SD, pH, DBO; Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, Fe, Pb, Mn, Ni, Al e Cu e coliformes termotolerantes. Para a identificação dos parâmetros em todos os outros trechos amostrados, a mesma metodologia foi adotada. A Tabela 2 resume os parâmetros de qualidade da água significativos para o monitoramento de bacias hidrográficas de região semiárida

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água significativos para o monitoramento de bacias hidrográficas de região semi-árida relacionados com os usos e as fontes de poluição da água

Interferências / fontes de poluição	Usos da água						
	Abastecimento humano	Dessedent. animal	Irrigação	Prot. à vida aq.	Rec. contato primário	Lavagem de roupa	
Parâmetros significativos da qualidade da água							
	Detergente	PO ₄ ³⁻					
ANTROPICAS	Lixo doméstico	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
	Esgoto urbano	(1) e Colif. Termot. (CTe)	(1) e CTe				
	Dej. de animais	(2) e CTe					
	Agrot./ Fert.	(3)	(3)		(3)	(3)	(3)
NAT.	Mineração	(4)	(4)	(4)	(*)	(4)	(*)
	Diss. de rochas	(5)	(*)	(5)	(5)	(6)	(5)
	Decomp. veg.	(7)	(7)	(*)	(*)	(*)	(*)

segundo metodologia usada neste trabalho. Casos de constatação de prováveis fontes de poluição consideradas extremamente importantes, como o uso de agrotóxicos, e havendo disponibilidade para sua investigação, recomenda-se que não haja exclusão dos correspondentes parâmetros de qualidade, mesmo não tendo sido detectados ou tenham sido encontrados em níveis muito baixos.

O consumo da água de alguns trechos inseridos na bacia do rio Salitre sem nenhum tratamento prévio oferece riscos: no município de Morro do Chapéu (Barragem Tamboril, em relação a coliformes termotolerantes e fosfato); no município de Ouroândia (Barragens Ouroândia I e Casa Nova, em relação a coliformes termotolerantes, Cl⁻, PO₄³⁻, Al, Fe e Ni e em relação a Cl⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Cu e Mn, respectivamente); no município de Várzea Nova (Barragem Barriguda de Cima, em relação a PO₄³⁻ e Mn); no município de Jacobina, em Caatinga do Moura (Barragem Edson Nolasco, Lagoa Vicente Amorim e Barragem Salinas, com relação a Cl⁻, PO₄³⁻, Al, Fe, Ni e Pb; coliformes termotolerantes, Cl⁻ e PO₄³⁻; e Cl⁻, PO₄³⁻, Al, Mn e Ni, respectivamente); no município de Umburanas (Barragem Caraíba, em relação a coliformes termotolerantes e PO₄³⁻ e no município de Juazeiro (Barragem Galgável II, em relação a PO₄³⁻, Fe e Mn).

CONCLUSÕES

O número reduzido de parâmetros que a metodologia possibilitou escolher como estratégicos para o estudo de caso facilita o monitoramento e, conseqüentemente, a determinação de metas de qualidade visando o enquadramento dos cursos d'água de interesse. No entanto, observa-se que os parâmetros mais significativos podem variar em função de particularidades dos trechos, o que deve ser considerado em estudos futuros.

Características naturais, como intermitência e salinidade dos rios e características socioeconômicas relacionadas aos costumes da comunidade quanto ao uso da água, são condições importantes na definição de parâmetros significativos para o monitoramento da sua qualidade.

A salinidade sofre influência natural de fatores como a geologia e hidrogeologia, bem como da temperatura ambiental local. Trechos com contribuição dos aquíferos calcário ou cristalino no corpo d'água superficial apresentaram maior concentração de sais na água.

STD, Cl⁻, OD, DBO, pH, NO₃⁻, PO₄³⁻, Al, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb foram considerados parâmetros químicos mais significativos, com concentrações em alguns pontos da bacia em nível de não conformidade com a legislação vigente.

Coliformes termotolerantes estão diretamente relacionados não somente às principais fontes de poluição identificadas (lixo e esgoto doméstico), mas também aos usos da água mais significativos na bacia (recreação de contato primário e dessedentação de animais).

Os sedimentos de alguns trechos da bacia do rio Salitre podem representar risco para a qualidade do corpo aquático, com provável efeito adverso à biota, com relação aos níveis de níquel (no município de Juazeiro, em Alegre e na Barragem Galgável II) e de zinco (nos municípios de Ouroândia, na barragem de mesmo nome e de Jacobina nas barragens Edson Nolasco e Salinas).

Comunidades residentes em alguns locais da bacia do rio Salitre, Semiárido baiano, correm riscos se consumirem água sem nenhum tratamento prévio, de trechos como Barragem Tamboril, em Morro do Chapéu; Barragens Ouroândia I e Casa Nova, em Ouroândia; Barragem Barriguda de Cima, em Várzea Nova; Barragens Edson Nolasco e Salinas e Lagoa Vicente Amorim, em Caatinga do Moura, Jacobina; Barragem Caraíba, em Umburanas e Barragem Galgável II, em Juazeiro.

Nos locais acima referidos, importantes parâmetros de qualidade de água não se encontram em conformidade com a classe estabelecida pelo CONAMA e com aquilo que a sociedade estabeleceu, estando aí a vida aquática sob ameaça.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Como material suplementar, disponível em <http://quimicanova.s bq.org.br>, na forma de arquivo PDF e com acesso livre, encontram-se dois mapas da bacia do rio Salitre, onde estão destacados os trechos e os pontos de amostragem de água e sedimento (Figura 1S) e a identificação das fontes de poluição e usos da água da bacia em estudo (Figura 2S). Há, ainda, duas outras figuras, referentes ao nível de salinidade (Figura 3S) e metais relevantes como parâmetros de qualidade de água na bacia hidrográfica (Figura 4S). Duas tabelas apresentam os métodos analíticos usados para determinação dos parâmetros químicos nas amostras de água (Tabela 1S) e nas amostras de sedimento (Tabela 2S), incluindo os limites de detecção obtidos para os métodos e os padrões legislados para aqueles parâmetros em água.

REFERÊNCIAS

- <http://www.lei.adv.br/9433-97.htm>, acessada em Março 2010.
- <http://www.crq4.org.br/downloads/resolucao357.pdf>, acessada em Março 2010.
- Porto, M.; *Tese Livre Docência*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2002.
- Porreca, L. M.; *Enquadramento dos corpos d'água: instrumento de gestão ambiental e de gestão de recursos hídricos*, IBAMA: Brasília, 1998.
- Leeuwewen, J. M.; Monteiro, R. A.; *Procedimento Técnico para Enquadramento de Corpos de Água. Documento Orientativo*, MMA: Brasília, 2000.

6. Maciel Jr., P.; *Zoneamento das águas: um instrumento de gestão dos recursos hídricos*, 1ª ed., RC Editora Gráfica Ltda.: Belo Horizonte, 2000.
7. Audry, P.; Suassuna, J.; *A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido: um estudo de caso*, Fundação Joaquim Nabuco: Recife, 2001.
8. Medeiros, Y. D. P.; *Plano de Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio Salitre*, Relatório Final: ANA/GEF/PNUMA/OEA, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.
9. Lenore, S.; Clesceri, A.; Greenberg, E.; Andrew, D. E.; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th ed., American Public Health Association: Washington D.C., 2005.
10. Riley, J. P.; Skirrow, G., eds.; *Chemical Oceanography*, Academic Press: London, 1975, vol. 3.
11. Raven, P. H.; Berg, L. R.; Johnson, G. B.; *Environment*, Saunders College: New York, 1995.
12. <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/princip/rechidro.html>, acessada em Março 2010.
13. Sperling, M. von; *Rev. Bras. Rec. Híd.* **1998**, 3,111.
14. Macêdo, J. A. B.; *Introdução a química ambiental*, 1ª ed., CRQ-MG: Belo Horizonte, 2002.
15. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>, acessada em Março 2010.
16. Teixeira, W.; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T. R.; Taioli, F.; *Decifrando a terra*, 1ª ed., Editora Oficina e Textos: São Paulo, 2000.
17. http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf, acessada em Março 2010.
18. Drever, J. I.; *The geochemistry of natural waters*, 3rd ed., Prentice Hall: New York, 1997.
19. Valdés, J.; Vargas, G.; Sifeddine, A.; Ortlieb, L.; Guiñez, M.; *Mar. Bull.* **2005**, 50, 1558.
20. Ferreira, A. M. P. J.; *Tese de Doutorado*, Universidade de Aveiro, Portugal, 2000.
21. http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf, acessada em Março 2010.
22. Patella, E.; Mozeto, A. A.; *20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.
23. Salomons, C. L.; Forstner, U.; *Metals in the hydrocycle*, Springer-Verlag: Berlin, 1984.
24. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34404.xml>, acessada em Março 2010.

AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DE CORPOS D'ÁGUA NO SEMIÁRIDO BAIANO. ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALITRE

Clélia Nobre de Oliveira

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial / Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro, Área de Meio Ambiente. Av. Luiz Tarquínio Pontes, 938, 42700-000. Lauro de Freitas – BA, Brasil

Vânia P. Campos*

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia. Campus Universitário de Ondina, s/n, 40170290 Salvador – BA, Brasil

Yvonilde Dantas Pinto Medeiros

Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Rua Aristides Novis, 2, 40210-630 Salvador - BA, Brasil

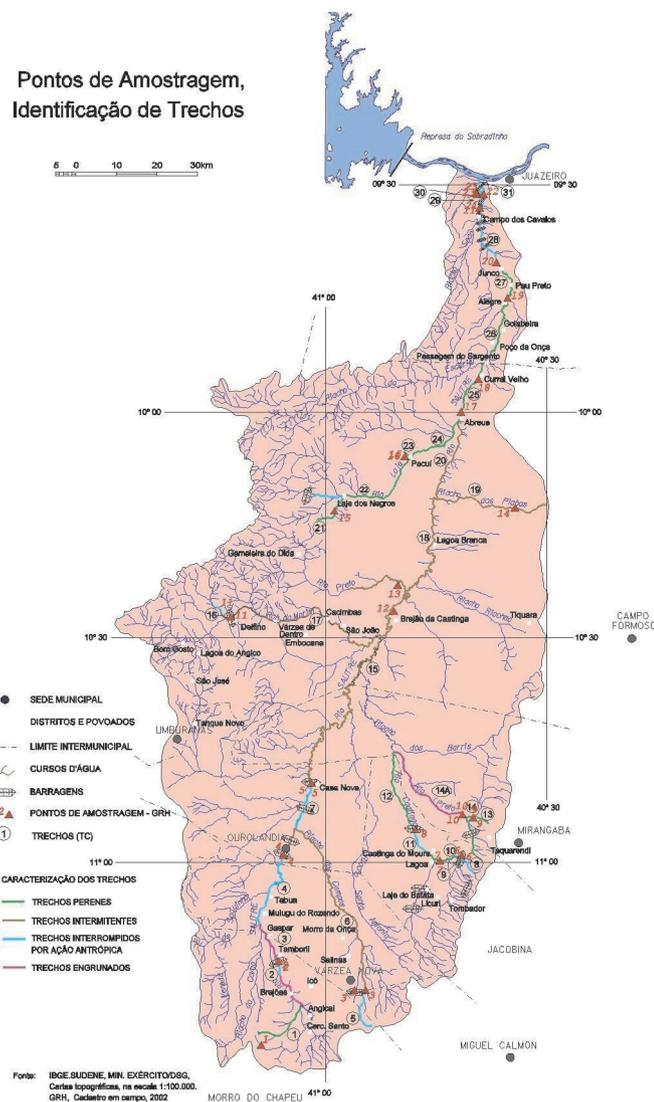


Figura 1S. Mapa da bacia do rio Salitre, incluindo pontos de amostragem e caracterização de trechos

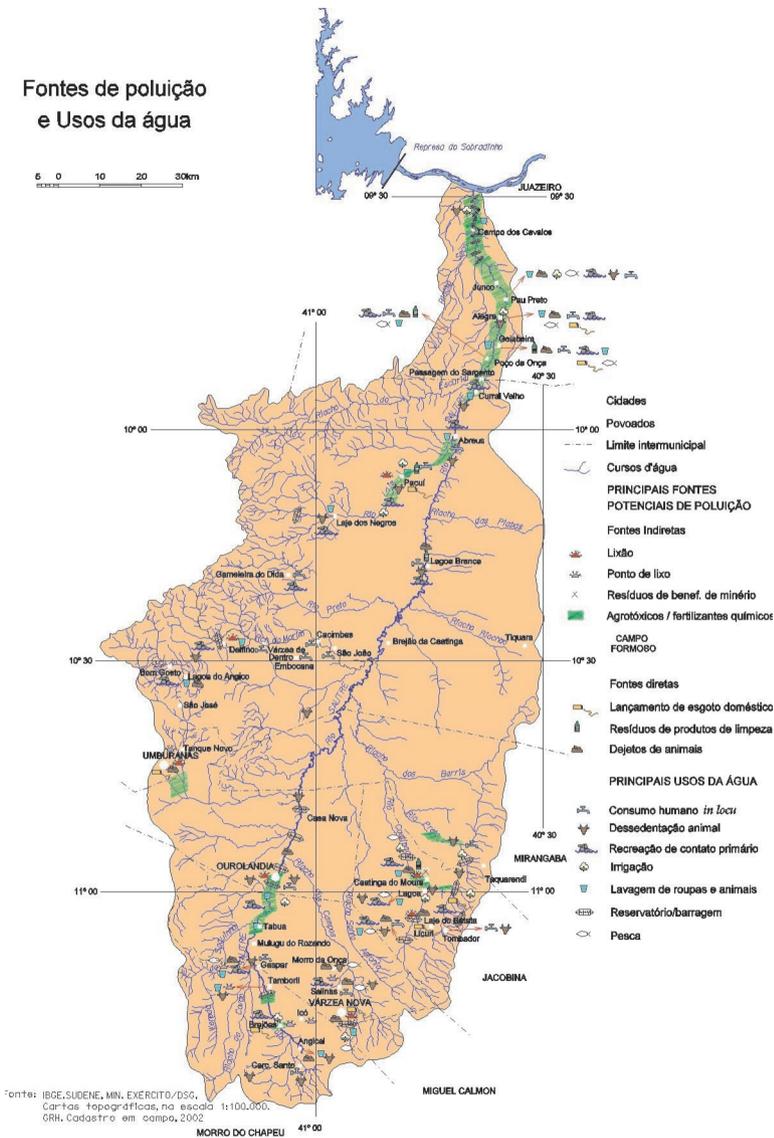


Figura 2S. Mapa da bacia do rio Salitre, incluindo identificação das fontes de poluição e usos da água

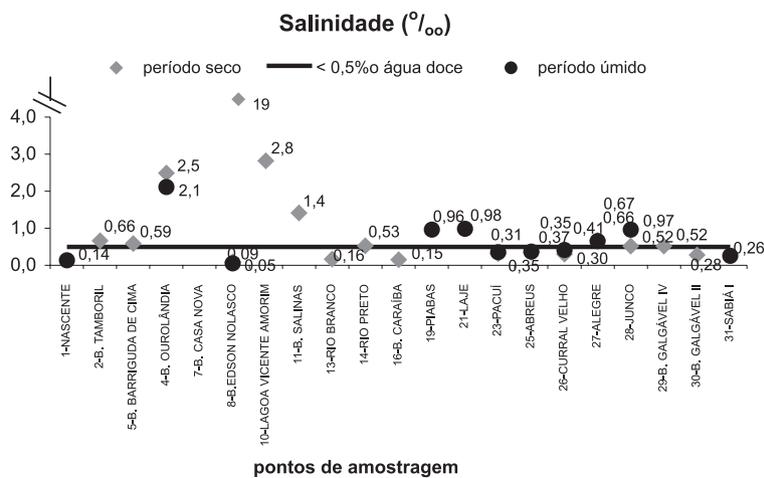
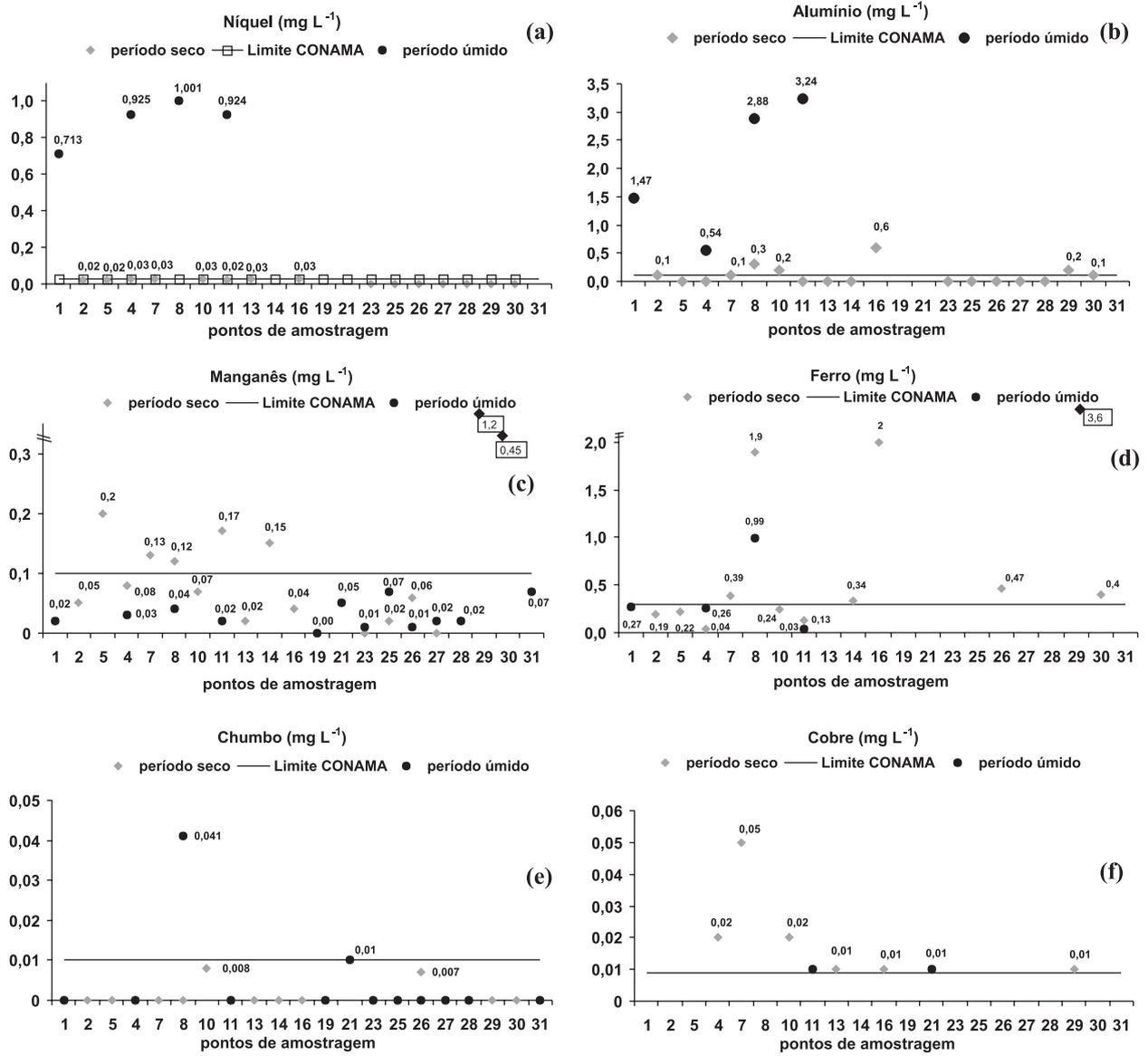


Figura 3S. Salinidade dos corpos d'água da bacia do rio Salitre calculada através da concentração de sólidos totais dissolvidos



- | | | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------|
| 1 NASCENTE | 8 B. EDSON NOLASCO | 16 B. CARAÍBA | 26 CURRAL VELHO | 31 SABIÁ I |
| 2 B. TAMBORIL | 10 LAGOA VICENTE AMORIM | 19 PIABAS | 27 ALEGRE | |
| 5 B. BARRIGUDA DE CIMA | 11 B. SALINAS | 21 LAJE | 28 JUNCO | |
| 4 B. OUROLÂNDIA | 13 RIO BRANCO | 23 PACUÍ | 29 B. GALGÁVEL IV | |
| 7 B. CASA NOVA | 14 RIO PRETO | 25 ABREUS | 30 B. GALGÁVEL II | |

Figura 4S. Níveis de metais relevantes como parâmetros de qualidade de água na bacia hidrográfica estudada: (a) Ni, (b) Al, (c) Mn, (d) Fe, (e) Pb e (f) Cu

Tabela 1S. Métodos analíticos usados para determinação dos parâmetros químicos nas amostras de água, seus respectivos limites de detecção e padrões legislados

Parâmetro	Método analítico (Método de referência)	Limite de detecção do método usado	Padrão CONAMA 357/05		Unidade
			Classe 2, água doce	Classe 1, água salobra	
Ânions e outros					
Cl ⁻ , F ⁻ , SO ₄ ²⁻	Cromatografia iônica (EPA 300.1)	0,010; 0,001; 0,002	250; 1,4; 250	- ; 1,4 ; -	mg L ⁻¹
NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻		0,002 ; 0,002	10 ; 1	0,40 ; 0,07	mg L ⁻¹ N
N-Amoniacal	Espectrofotometria/Mét. Fenato (SM 4500 NH ₃)	0,06	0,5-3,7 a dep. do pH	0,40	mg L ⁻¹ N-NH ₃
PO ₄ ³⁻	Espectrofotometria/Mét. ác. ascórbico (SM 4500 P)	0,071	0,1	0,124	mg L ⁻¹ P
Surfactantes LAS	Espectrofotometria/mét. azul metileno (SMEWW 5540 C)	0,02	0,5	-	mg L ⁻¹
Metais					
Al	AA- Chama (ASTM D 857 – 02 Mod)	0,15	0,1	0,1	
Ba	AA- Chama (ASTM D 3651 – 02)	0,07	0,7	-	
Ca, Mg	AA- Chama (ASTM D 511 – 03)	0,2	-	-	
Co	AA- Chama (ASTM D 3558 – 03)	0,02	0,05	-	
Cr _T	AA- Chama (ASTM D1687 – 02)	0,02	0,05	0,05	
Cu	AA- Chama (ASTM D 1688 – 02)	0,005	0,009	0,005	
Fe	AA- Chama (ASTM D 1068 – 03)	0,03	0,3	0,3	
Mn	AA- Chama (ASTM D 858 – 02)	0,01	0,1	0,1	mg L ⁻¹
Ni	AA- Chama (ASTM D 1886 – 03 D)	0,007	0,025	0,025	
Zn	AA- Chama (ASTM D 1691 – 02)	0,02	0,18	0,09	
As	AA- Geração de Hidretos (SM 3500 –As)	2	10	0,01	
Cd	AA- Chama (ASTM D 3557 – 02 D)	0,5	1	0,005	µg L ⁻¹
Pb	AA- Chama (ASTM D 3559 – 03 D)	5	0,01	0,01	
Compostos semivoláteis					
2,4,6-Triclorofenol			10	10	
Pentacloro-fenol	CG/MS (EPA – 8270 Mod)	0,02	10	7,9	µg L ⁻¹
Benzo a - pireno			0,01	0,018	
Compostos organoclorados					
Aldrin		0,003	0,01	0,0019	
BHC (α, β e δ)		0,003 ; 0,008 ; 0,005	0,02	-	
Clordano		0,01	0,04	0,004	
DDD, DDE, DDT		0,002	0,002	0,001	
Dieldrin		0,003	0,005	-	
Endosulfan		0,023	0,056	0,01	
Endrin	CG/MS (EPA – 8270 Mod)	0,013	0,004	0,004	µg L ⁻¹
Heptacloro		0,015	0,02	0,001	
Metoxicloro		0,01	0,01	0,03	
Toxafeno		0,03	0,03	0,0002	
Compostos organofosforados					
Demeton			0,04	0,1	
Malathion	CG/MS (EPA – 8270 Mod)	0,02	0,1	0,1	µg L ⁻¹
Paration		0,01	0,04	0,04	

Tabela 2S. Métodos analíticos usados para determinação dos parâmetros químicos nas amostras de sedimento e seus respectivos limites de detecção

Parâmetro	Método analítico (Método de referência)	Limite de detecção do método usado [$\mu\text{g g}^{-1}$]
Metais		
Al		25
As *		0,5
Ba		10
Be		0,2
Ca		10
Cd		0,25
Co	Extração com ácido e análise por espectrometria de absorção atômica	4,0
Cr _r	(ASTM D 5258 / 02)	1,0
Cu		2,8
Fe		6,0
Mg		15
Mn	* AA-Vapores frios	1,0
Na		15
Ni		3,5
Pb		0,6
Sn		50
Zn		5,0
Compostos organoclorados e organofosforados		
Aldrin; BHC (α , β e δ); Clordano; DDD, DDE, DDT; Dieldrin; Endosulfan; Endrin; Heptacloro; Metoxicloro; Toxafeno	CG/MS (EPA – 8270)	1,0
Demeton; Malathion; Paration		