



Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil

Bruno Elton Carneiro Santiago¹; Taise Bomfim de Jesus²; Luciana Bagdeve de Oliveira dos Santos³

1 Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual de Feira de Santana, Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Ambiente, Tecnologista em Informações Geográficas e Estatística no IBGE. (autor correspondente); E-mail: brunoec.santiago@yahoo.com.br

2- Dr^a em Ecologia e Recursos Naturais, Prof.^a de Biologia da Universidade Estadual de Feira Santana no Departamento de Exatas e na Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Ambiente. E-mail: taisebj@hotmail.com

3 Dr^a em Química com ênfase em Química Analítica, Prof.^a de Química da Universidade Estadual de Feira de Santana no Departamento de Exatas e na Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Ambiente E-mail: lbagdeve@hotmail.com

Artigo recebido em 14/05/2016 e aceito em 01/08/2016

RESUMO

Este artigo refere-se à avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia-Brasil, através da determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, cálculo do índice de qualidade de água (IQA) e a modelagem da qualidade da água através do índice de qualidade da água (IQA), formulado pela National Sanitation Foundation (NSF). Foram realizadas 3 campanhas de coleta entre novembro de 2013 e fevereiro de 2014 nas quais foram determinados os seguintes parâmetros para o cálculo do IQA/NSF: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, temperatura, sólidos totais (ST), pH e coliformes termotolerantes. Os resultados do IQA/NSF mostraram que as localidades de Nova Esperança, Barragem, Bela Vista, Traz da Roça e Laranjeira apresentaram qualidade da água regular, no período de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, enquanto o Alto do Cruzeiro, Ponte Alto do Cruzeiro, Alto do Cemitério, Ranchinho, Rio Verde/Jacuípe, Jatobá e Barra apresentaram qualidade da água ruim, no período de novembro de 2013 a fevereiro de 2014. Os resultados das análises do IQA/NSF apontaram para uma maior poluição hídrica nas localidades que se encontram dentro da cidade, estando associadas à disposição de resíduos sólidos e efluentes domésticos "in natura" no ambiente fluvial.

Palavras-Chave: Modelagem Ambiental, bacia hidrográfica, rio, poluição hídrica, IQA

Assessment water quality in urban perimeter of Riachão Jacuípe, Bahia, Brazil

ABSTRACT

This article refers to the assessment of water quality in the urban perimeter of Riachão Jacuípe, Bahia-Brazil through the determination of physico-chemical and microbiological parameters, the calculation of water quality index (WQI) and the modeling of water quality. The strategy of choice of collection sites involved the selection of spots upstream and downstream of urban occupation. Three collecting campaigns between November 2013 and February 2014 were conducted, in which the following parameters were determined for the calculation of the IQA/NSF: DO, BOD, total nitrogen, total phosphorus, turbidity, temperature, total dissolved solids, pH, and thermotolerant coliform. The results of the IQA/NSF showed that the towns of Nova Esperança, Barragem, Bela Vista, Traz da Roça and Laranjeira had regular water quality, while Alto do Cruzeiro, Ponte Alto do Cruzeiro, Alto Cemitério, Ranchinho, Rio Verde /Jacuípe, Jatobá and Barra showed poor water quality in between November 2013 and February 2014. Results of analyzes of the IQA/NSF pointed out an increased water pollution in the localities that lie within into towns and are associated with the disposal of solid waste and domestic sewage "in natura" in the fluvial environment.

Key words: Environmental modeling, hydrographic basin, river, water pollution, WQA

Introdução

A ONU estabeleceu o ano de 2013 como o Ano Internacional de Cooperação da Água, na busca de soluções para preservar esse recurso natural, cada vez menos disponível para o uso industrial, agrícola, abastecimento humano e dessedentação animal, em decorrência da ação antrópica sobre o ambiente, que interfere na qualidade e quantidade dos recursos hídricos nos diversos continentes e regiões da Terra.

O Brasil possui uma relação entre demanda e disponibilidade confortável na região Amazônica, resultado de uma combinação de elevada disponibilidade hídrica com baixa demanda, devido à baixa densidade demográfica, contrastando com situações mais críticas do país, localizadas no Semiárido Nordeste, onde a disponibilidade hídrica é reduzida, estando associada à baixa pluviosidade e elevada evapotranspiração (ANA, 2012).

Os baixos índices de precipitação e a irregularidade do regime hídrico dos rios na região Nordeste, aliado ao quadro hidrogeológico, em particular no Semiárido brasileiro, contribuem para a redução da disponibilidade hídrica superficial na região. Uma das práticas implementadas para garantir a oferta de água é a construção de açudes, que atuam de forma a armazenar água para os períodos secos, além de regularizar as vazões dos corpos d'água na região (ANA, 2012).

O Rio Jacuípe constitui o principal afluente do Rio Paraguaçu, drenando uma área de 12.278 km², do município de Morro do Chapéu até a Barragem de Pedra do Cavalo. O Rio Jacuípe abastece várias cidades que integram a Bacia do Jacuípe, a maioria localizada no polígono das secas, através da Barragem de França e da Barragem de São José do Jacuípe.

A cidade de Riachão do Jacuípe encontra-se situada no Semiárido Baiano, na Região Econômica do Paraguaçu e Território de Identidade da Bacia do Jacuípe, possuindo área de unidade territorial de 1.190,196 km² e uma população estimada em 35.322 hab. (IBGE-2014).

Atualmente, existe uma preocupação maior dos organismos internacionais, governos e sociedade civil quanto à disponibilidade e qualidade da água potável para os diversos usos, principalmente para o abastecimento humano pelas tendências de crescimento urbano e a urbanização no mundo. O crescimento urbano reflete a tendência que as pessoas têm de se deslocarem da zona rural para a cidade em busca de uma qualidade de vida melhor. De acordo com

Clark (1985) o crescimento urbano é um processo espacial e demográfico e refere-se à importância crescente das cidades como locais de concentração da população numa economia ou sociedade particular. Isso ocorre quando a distribuição da população deixa de estar largamente assentada em lugarejos e aldeias para estar predominantemente em vilas e cidades. A urbanização consiste em um processo social e não espacial que se refere às mudanças nas relações comportamentais e sociais que ocorrem na sociedade, como resultado de pessoas morando em cidades. Essencialmente, isso refere-se às mudanças complexas do estilo de vida, que decorrem do impacto das cidades sobre a sociedade.

O crescimento urbano e a urbanização atraem as pessoas de baixo poder aquisitivo para a cidade em busca de melhor qualidade de vida, através das oportunidades criadas nos diversos segmentos do mercado de trabalho. O mercado de trabalho é seletivo e está organizado com base na qualificação profissional. Muitas vezes, a baixa qualificação impõe uma dura realidade às pessoas, que se veem forçadas a habitar em áreas de risco, como nas planícies de inundações e encostas, comprometendo a qualidade ambiental e agravando os problemas relacionados às doenças causadas pela disposição incorreta dos resíduos sólidos e efluentes "in natura". Os moradores de assentamentos precários, sem acesso à água potável segura e de baixo custo, muitas vezes utilizam esses mesmos sistemas aquáticos poluídos para banhar e beber, ficando expostos a altos riscos de doenças transmitidas pela água (PNUMA, 2011).

O saneamento ambiental segundo a FUNASA (1999), é o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida rural e urbana.

Fatores físicos, químicos e biológicos, tais como aqueles relacionados à geologia, à precipitação, à temperatura, à fauna e flora são moldados pelos rios. Diferenças nestes fatores, em diferentes bacias hidrográficas, frustram as tentativas de generalizar descrições quanto à capacidade de rios em absorver poluentes, ou de receitar prescrições para sua reabilitação e

restauração. A enorme variabilidade dos tipos, da magnitude e da periodicidade das atividades humanas em bacias hidrográficas dificulta ainda mais qualquer esforço de generalização (PNUMA, 2011).

Nesse contexto, tornam-se relevantes os estudos sobre a Bacia Hidrográfica, definida por Santos (2004) e Lima (2008), respectivamente, como “uma área ocupada por um canal principal e todos os seus tributários, cujos limites constituem os interflúvios, que topograficamente delimitam outras bacias hidrográficas”; e “a área constituída por um complexo sistema fluvial, onde além do rio principal e seus afluentes, existe um contexto que necessita de uma gestão participativa, capaz de promover a sustentabilidade dos recursos físicos, biológicos e socioculturais de uma região”.

A bacia hidrográfica pode ser definida como a interação dos fatores físicos, químicos, biológicos e antrópicos delimitados pela rede de drenagem, tendo como nível de base o rio principal que recebe a contribuição de sedimentos e água dos afluentes.

Geomorfologicamente, o termo rio aplica-se exclusivamente para designar “corrente canalizada” ou confinada. Ele também pode referir-se aos canais sem água das regiões secas. Geologicamente a palavra rio é empregada, geralmente, para referir o tronco principal de um sistema de drenagem. Em outras palavras o rio constitui um corpo de água corrente confinada num canal (Suguo e Bigarella, 1990).

De forma simplificada, o rio é um canal de água confinado, que serve como nível de base, podendo ser intermitente, situação em que não possui água no período seco, ou perene, quando permanece com água durante todo o período. Existem situações nas quais o canal fluvial pode deixar uma rugosidade no terreno, onde a água permanece confinada durante e após as chuvas.

Os estudos no âmbito das bacias hidrográficas, onde os processos hidrológicos e biogeoquímicos são medidos e observados, permitem o desenvolvimento de escalas temporais e espaciais e fornecem uma base científica para modelar e compreender a qualidade da água (Richard, 2004).

A qualidade de água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição, seja ela difusa ou pontual. Entretanto, as alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como na vegetação e no solo (Tucci,

2004). Essa avaliação é tão importante que indicativos de degradação ambiental podem ser mostrados através de dados de qualidade de água.

A contaminação, o assoreamento, a eutrofização e a acidificação contribuem para o aumento dos poluentes no ambiente fluvial que segundo Manahan (2013), pode ser definido como uma substância presente em concentrações maiores que a natural, resultado da atividade humana que tem um efeito final nocivo no ambiente ou algo de valor nele. Os contaminantes, que não são classificados como poluentes, a menos que tenham algum efeito prejudicial, causam desvios na composição normal de um ambiente.

Os nutrientes são considerados como poluentes quando suas concentrações excessivas causam eutrofização e aceleram o crescimento de plantas aquáticas e algas (JI, 2008).

A contaminação introduz substâncias nocivas à vida animal, vegetal e à saúde humana, que interferem no equilíbrio do ciclo químico e no biológico, ao alterar as características físico-químicas do ambiente fluvial e, conseqüentemente, a vida animal e vegetal; o assoreamento possibilita o acúmulo de substâncias minerais e orgânicas no corpo d'água, ligado ao ciclo geológico e ao biológico; essas substâncias alteram a disponibilidade da luz, de acordo com a profundidade, e podem favorecer condições de vida anaeróbias, o que pode ocorrer por causa dos sedimentos em suspensão na água, os quais bloqueiam a passagem da luz e dificultam a realização da fotossíntese pelos organismos, localizados nas zonas profundas do rio. O leito fluvial sofre alterações por causa das concentrações do lodo sedimentado depositados sobre ele, ou seja, altera também as características do ciclo químico ao adicionar lodo sedimentado no fundo do leito; a acidificação causa o abaixamento do pH pelo dióxido de carbono e interfere diretamente na vida dos organismos vegetais e animais no ciclo químico e biológico, uma vez que o aumento ou diminuição do pH serve como fator limitante da vida para os organismos que dependem de uma faixa ótima para sobreviverem no ambiente aquático. As algas em fotossíntese têm a capacidade de elevar o pH da água ao removerem CO_2 aquoso, convertendo em HCO_3^- em um íon CO_3^{2-} , esse íon reage com Ca^{2+} na água, precipitando CaCO_3 (Manahan, 2013); a eutrofização vem do grego "bem nutrido" é um processo natural, mas acelerado pelas atividades antrópicas, através do aumento das cargas de nutrientes (nitrogênio e fósforo), no

corpo d'água que leva ao aumento da produtividade biológica e a degradação do corpo d'água através do crescimento das plantas em excesso: fitoplâncton e macrófitas (JI, 2008).

As cargas de nutrientes do corpo d'água são controlados em grande parte controlada pelo estado trófico a partir de fontes pontuais e difusas, das condições climatológicas (por exemplo, luz solar, temperatura do ar, precipitação e taxas de entrada de água) e pela morfologia (por exemplo, a profundidade, o volume e área da superfície). Devido às variações das condições geográficas, não existem critérios numéricos universalmente aplicáveis na quantificação dos estados tróficos de rios, lagos e estuários (JI, 2008).

O conceito de poluição adotado por Sánchez (2008) é “a introdução no meio ambiente de qualquer forma de matéria ou energia que possa afetar negativamente o homem ou outros organismos”.

A poluição é o lançamento de matéria ou energia que altera as características físicas, químicas e biológicas necessárias à sobrevivência dos organismos ou ao uso dos padrões ambientais, estabelecidos pela legislação ambiental, que afeta a saúde humana.

A avaliação prática da qualidade da água depende de como a água é utilizada, bem como da sua composição química. Para determinar a qualidade da água, é preciso identificar quais seus usos e, só então, determinar os padrões numéricos apropriados para a construção dos parâmetros de qualidade da água indicados para proteger a vida aquática e seus diversos usos (Weiner, 2008).

O monitoramento da qualidade da água contínuo é essencial para a gestão eficiente dos rios urbanos e para o controle imediato da poluição. Devido às respostas rápidas dos rios urbanos para o uso intensivo da terra e/ou das diversas fontes de poluição, a deterioração da qualidade da água pode ser acelerada, imediatamente representando uma ameaça direta ou indireta à saúde dos ecossistemas aquáticos e humanos (Hur, 2012).

Segundo Manahan (2013), “o ecossistema consiste em uma assembleia de organismos vivos em interação (comunidade) e seu ambiente, onde a matéria é intercambiada de maneira cíclica. Um ecossistema tem componentes físicos, químicos e biológicos, além de fontes de energia, vias energéticas e intercâmbio de matéria”.

Os modelos de qualidade de água destinam-se a descrever a dinâmica espaço-

temporal dos parâmetros analisados (RODE, 2010). É importante que os métodos utilizados para representar os diversos processos relacionados à qualidade da água sejam adequados para o desenvolvimento do modelo. A maioria dos modelos de qualidade da água em rios usam uma aproximação unidimensional para simular as diferenças longitudinais do rio (Crockett, 2009). Lee (1973) conceitua o modelo como: uma representação da realidade, uma tradução simplificada e generalizada do que se afigura como sendo as características mais importantes de uma situação do mundo real, uma abstração da realidade utilizada para se obter clareza conceitual- reduzir a variedade e complexidade do mundo real a um nível que se pode entender e representar.

Os modelos ambientais objetivam representar a realidade tal como é observada ou medida, e por isto dificilmente podem representar toda a complexidade das múltiplas interações nos sistemas ambientais, várias delas não mensuráveis ou quantificáveis (Sperling, 2007).

Neste trabalho foi realizada a avaliação da qualidade da água no ambiente fluvial do perímetro urbano de Riachão do Jacuípe a partir da determinação de parâmetros físico-químicos (turbidez, temperatura, pH, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais) e microbiológicos (coliformes termotolerantes), os quais são posteriormente utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e modelagem da qualidade da água para a região estudada.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) que reflete as condições de lançamento de esgoto doméstico sem tratamento nos corpos d'água, bem como, as condições ambientais da localidade e visa transmitir à sociedade as informações sobre a qualidade da água em determinado trecho do rio na bacia hidrográfica.

Metodologia

Área de estudo

A área de estudo (Tabela 1 e Figura 1) compreende o perímetro urbano de Riachão do Jacuípe. Os trechos estudados estão situados no Rio Jacuípe e no Rio Verde. No Rio Jacuípe esse trecho compreende localidades entre Nova Esperança até Laranjeira. A área de estudo localizada no Rio Verde compreende as localidades marcadas no mapa (Figura 1), que vão de Traz da Roça até o Rio Jacuípe.

Tabela 1: Descrição dos pontos de coletas das amostras físico-químicas e bacteriológicas no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe

| Ponto | Nome do ponto | Latitude (S) | Longitude (W) | Altitude (M) | Descrição do ponto de coleta |
|----------|---------------------|--------------|---------------|--------------|---|
| Ponto 1 | Traz da Roça | 0458958 | 8697230 | 223 | Próximo a Banquinha da Traz da Roça. |
| Ponto 2 | Jatobá | 0459087 | 8694377 | 206 | Coleta da água no bairro do Jatobá no Rio Verde. |
| Ponto 3 | Nova Esperança | 0454492 | 8697135 | 215 | Coleta no Rio Jacuípe em Nova Esperança. |
| Ponto 4 | Barragem | 0456160 | 8696537 | 215 | Coleta no Rio Jacuípe na Barragem Municipal. |
| Ponto 5 | Bela Vista | 0456282 | 8695611 | 209 | Coleta no Rio Jacuípe no bairro da Bela Vista. |
| Ponto 6 | Alto do Cruzeiro | 0457603 | 8695230 | 223 | Coleta no Rio Jacuípe no bairro do Alto do Cruzeiro. |
| Ponto 7 | P. Alto do Cruzeiro | 0457870 | 8694784 | 219 | Coleta na Ponte Velha do Rio Jacuípe no Alto do Cruzeiro. |
| Ponto 8 | Alto do Cemitério | 0457401 | 8694568 | 215 | Coleta próximo a Ponte da BR 324 no Rio Jacuípe. |
| Ponto 9 | Ranchinho | 0457985 | 8693722 | 215 | Coleta no Rio Jacuípe no bairro do Ranchinho. |
| Ponto 10 | Barra | 0459311 | 8693411 | 211 | Coleta no Rio Verde na BR 324 depois da Barra. |
| Ponto 11 | Rio Verde/Jacuípe | 0459040 | 8693250 | 209 | Coleta no encontro do Rio Verde com o Rio Jacuípe. |
| Ponto 12 | Laranjeira | 0459696 | 8691534 | 204 | Coleta no Rio Jacuípe na Barragem da Laranjeira. |

Fonte: Trabalho de campo- coleta das amostras de água em Riachão do Jacuípe

Coleta das amostras em campo

As coletas foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2013 e fevereiro de 2014, durante dois períodos climáticos distintos (seco e chuvoso), sendo o mês de novembro de 2013, estação seca e dezembro de 2013 e fevereiro de 2014, estações chuvosas.

As coletas foram feitas superficialmente em torno de 30 cm de profundidade. As amostras foram então coletadas, preservadas e acondicionadas em gelo, posteriormente enviadas ao laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) para as análises físico-químicas e microbiológicas.

Os métodos de preservação de amostras que foram utilizadas neste trabalho para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão preconizados no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005).

Procedimentos no Laboratório

As determinações de nitrogênio orgânico e amoniacal, fósforo total e cloreto foram realizadas em replicatas; o nitrito, nitrato, sólidos totais, DBO, coliformes termotolerantes em amostra única, analisadas no Laboratório de Saneamento da UEFS. A Determinação de Nitrogênio amoniacal e orgânico utilizou o método de semi-micro Kjeldahl (4500-N_{org} Nitrogen (Organic) C), preconizado no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005), baseado na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio por meio da digestão com ácido sulfúrico, na presença de catalisadores e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e posteriormente titulada.

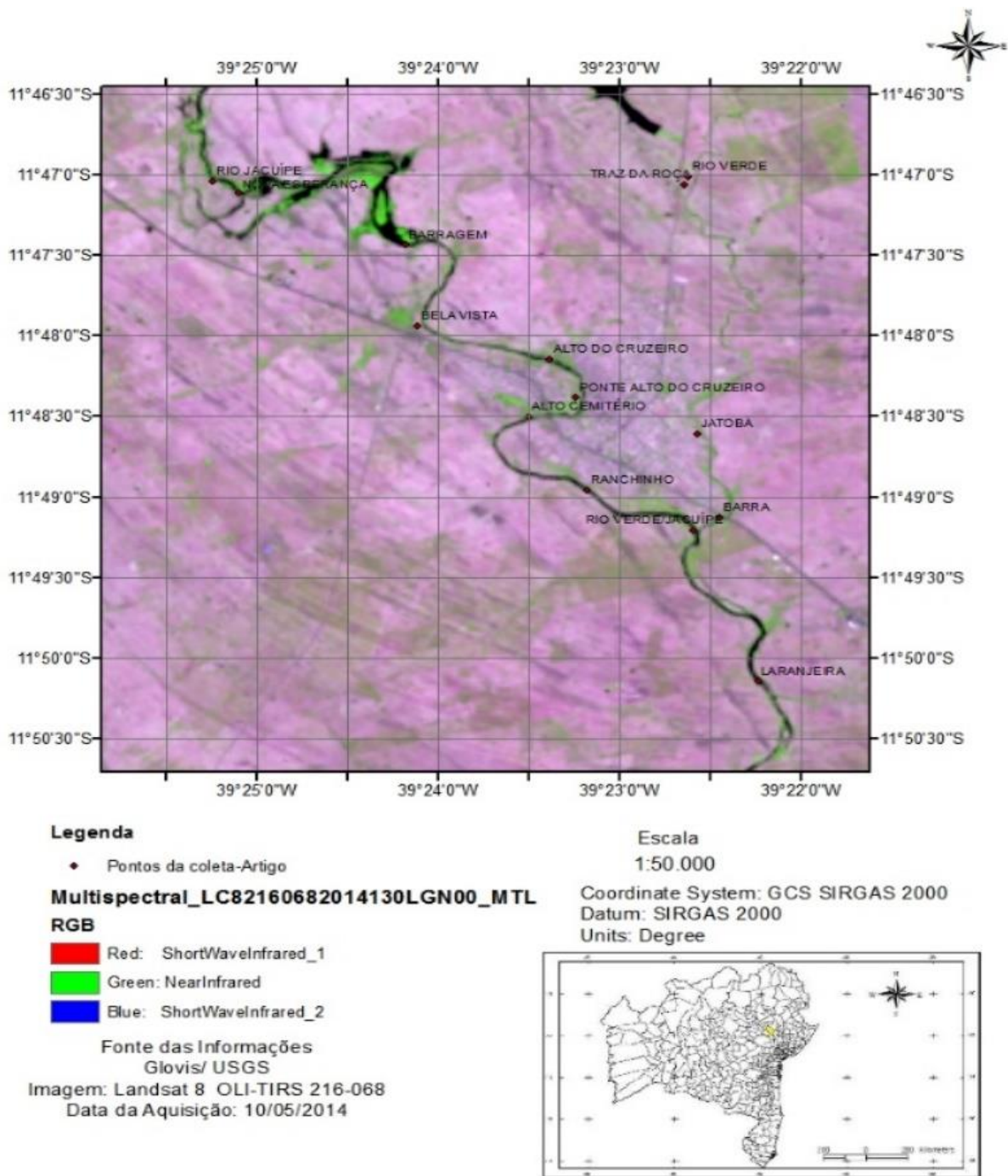


Figura 1: Pontos das coletas no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe
Fonte: Trabalho de Campo, 2013

O nitrito foi determinado pelo método colorimétrico (4500-NO₂⁻ Nitrogen (Nitrite)), preconizado no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005), através da formação de um complexo de coloração púrpura avermelhada em pH 2 a 2,5, pela diazotização do ácido sulfanílico com o dicloreto de N-(1-naftil)-etilenodiamina. Em solução acidificada, o nitrito diazotiza com uma amina aromática primária e,

então, associa-se a outra molécula orgânica para produzir uma tintura de coloração intensa. A intensidade da coloração formada relaciona-se com a concentração de nitrito na amostra inicial. Os resultados são expressos em ppm (mg L⁻¹) NO₂-N.

Na determinação do nitrato foi utilizado o método da redução com cádmio (4500-NO₃⁻ Nitrogen (Nitrate) E), preconizado no Standard Methods for Examination of Water and

WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005). O nitrato é reduzido quantitativamente a nitrito na presença de cádmio granulado. Em solução acidificada o nitrito diazotiza com uma amina aromática primária e, então, liga-se a outra molécula orgânica para produzir uma tintura azul de coloração intensa. A intensidade da cor resultante está em proporção direta com a concentração de nitrato na amostra. Os resultados são expressos em ppm (mg L⁻¹) N-NO₃.

A determinação de fósforo foi realizada através do método espectrofotométrico do ácido ascórbico (4500-P Phosphorus E), preconizado no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005). Este método baseia-se na reação de íons molibdato com ortofosfato em meio ácido para formar o ácido molibdofosfórico de cor amarela. Em seguida, o Mo (VI) é reduzido para Mo (V) com ácido ascórbico na presença de antimônio tartarato de potássio, formando o ácido molibdofosfórico de cor azul, determinado por espectrofotometria em 880nm.

A determinação do número mais provável de coliformes termotolerantes na amostra foi efetuada a partir de aplicação da técnica de tubos múltiplos. A técnica empregada (9221 Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group A, B, C), preconizada no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005), é baseada no princípio de que as bactérias presentes em uma amostra podem ser separadas por agitação, resultando em uma suspensão de células bacterianas uniformemente distribuídas na amostra. A técnica consiste na inoculação de volumes decrescentes da amostra em meio de cultura adequado ao crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos. Através de diluições sucessivas da amostra, são obtidos inóculos, cuja semeadura fornece resultados negativos em pelo menos um tubo da série em que os mesmos foram inoculados e a combinação de resultados positivos e negativos permite a obtenção de uma estimativa da densidade das bactérias pesquisadas, através da aplicação de cálculos de probabilidade. Para análise de água, tem sido utilizado preferencialmente o fator 10 de diluição, sendo inoculados múltiplos e submúltiplos de 1mL da amostra, usando-se séries de 5 tubos para cada volume a ser inoculado.

A demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20°C}) visa analisar a disponibilidade do oxigênio para os microrganismos desenvolverem suas funções no meio. O teste (5210 Biochemical

Oxygen Demand (Bod)), preconizado no Standard Methods for Examination of Water and WasteWater, 21^a Edition (APHA, AWWA, 2005), mede a quantidade inicial de oxigênio disponível para a biodegradação e a quantidade final em um período de 5 dias a 20°C em uma incubadora. Admite-se que, nestas condições, 80% da matéria orgânica carbonada já estejam mineralizados e começando a nitrificação. Uma oxidação total, em geral, leva cerca de 20 dias.

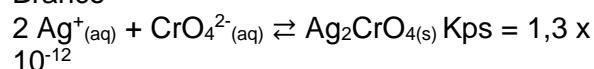
A determinação de sólidos totais foi realizada pelo método 2540 Solids B (APHA, AWWA, 2005). Sólidos Totais é uma terminologia aplicada a todo o material residual que fica na cápsula depois da evaporação subsequente da água de uma amostra em uma temperatura definida a 103-105°C em uma estufa.

O método utilizado para quantificação dos íons cloreto (4500-Cl⁻ Chloride B) foi o Argentométrico com detecção visual do ponto de equivalência. Este procedimento é também conhecido como Método de Mohr, para determinação de cloretos e brometos (APHA, AWWA, 2005).

Na titulação de uma solução neutra ou ligeiramente alcalina de íons cloreto com solução padrão de nitrato de prata, adiciona-se uma pequena quantidade de solução de cromato de potássio que age como indicador. No final, quando a precipitação do cloreto for completa, o primeiro excesso de íons prata combina-se com os íons cromato (indicador) formando um precipitado de cromato de prata, vermelho, fracamente solúvel conforme equação descrita a seguir:



Branco



Vermelho

Análises físico-químicas realizadas em campo com multiparâmetro

Foram realizadas medidas “in situ” através do equipamento multiparâmetro da marca OAKTON 600 séries para os parâmetros físico-químicos: salinidade, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido, temperatura e pH. O equipamento multiparâmetro foi previamente calibrado e depois submetido para a leitura dos dados físico-químicos na água do canal fluvial a uma profundidade de 30 cm. A turbidez foi medida “in situ”, através do turbidímetro da Instrutherm, modelo TD 300.

Cálculo do Índice de Qualidade da água

A técnica utilizada para avaliação da qualidade da água teve como base a análise do Índice de Qualidade de Água (IQA), adotada a partir de um estudo realizado em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos. O IQA é composto pelos seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, sólidos totais e turbidez. O IQA é calculado com base no produtório ponderado da qualidade de águas correspondentes às diversas variáveis que integram o índice, sendo que cada um dos nove parâmetros possui pesos e valores diferentes que são calculados segundo a fórmula:

onde:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

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

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

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando a abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (PNQA, 2009).

Para alguns parâmetros, como coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio, fósforo e turbidez, a melhor qualidade da água (maior q) é obtida com as menores concentrações, uma vez que a curva é sempre descendente. Já outros parâmetros (pH, temperatura, sólidos totais e oxigênio dissolvido), têm um ponto ótimo com nota máxima, a partir do qual valores inferiores ou superiores implicam diminuição da nota (Sperling, 2007).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico em função de sua concentração ou medida (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2 -Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso

| PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA | PESO (w) |
|--|----------|
| Oxigênio dissolvido | 0,17 |
| Coliformes termotolerantes | 0,16 |
| Potencial hidrogeniônico - pH | 0,11 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20} | 0,11 |
| Temperatura da água | 0,10 |
| Nitrogênio total | 0,10 |
| Fósforo total | 0,10 |
| Turbidez | 0,08 |
| Sólidos Totais | 0,07 |

Fonte: Water Research Center, 2013

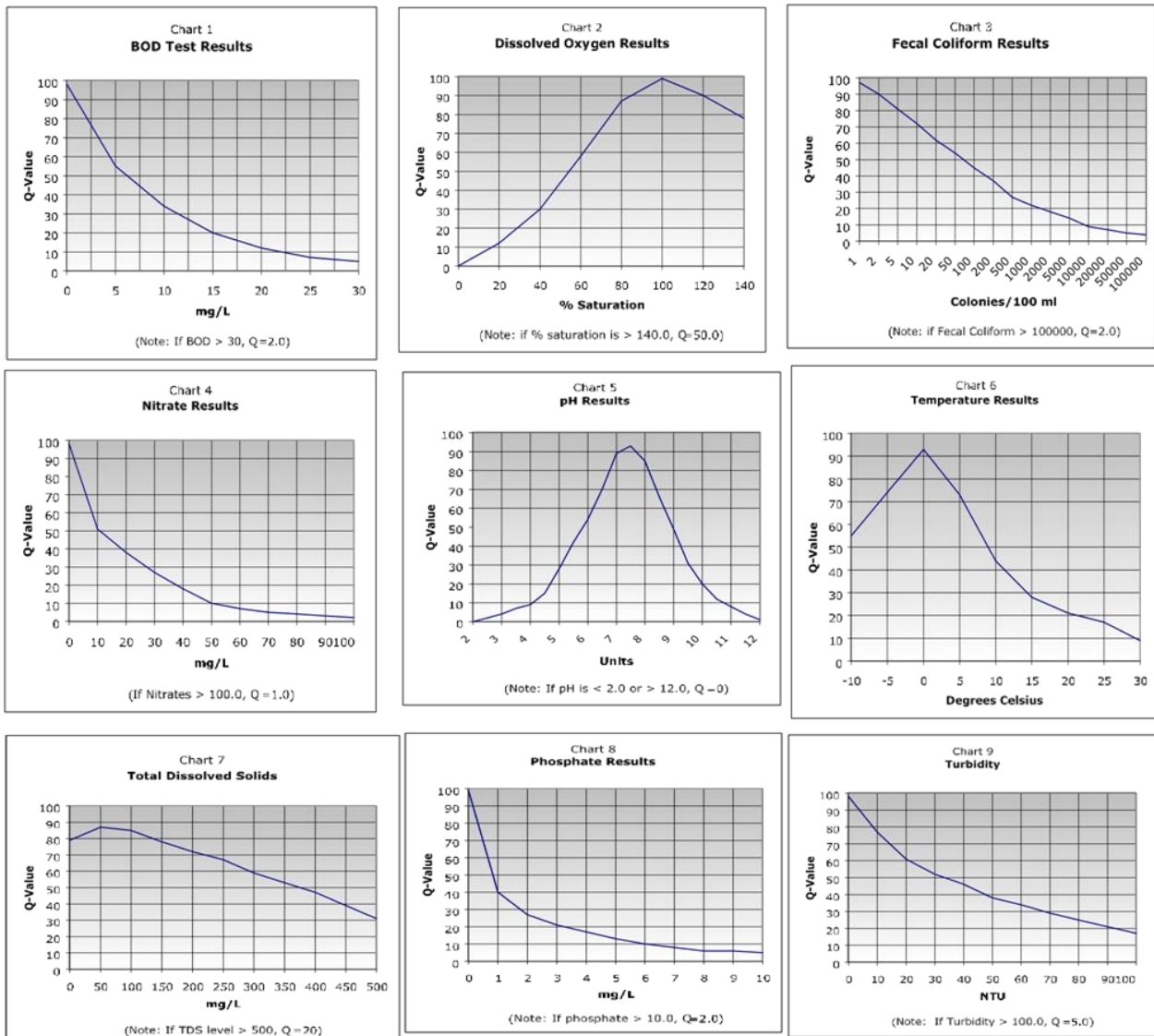


Figura 2- Curvas médias de variação da qualidade da água da NFS

Fonte: PathFinder Science, 2011

Resultados e discussão

Modelagem da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe

Os resultados para os meses de novembro e dezembro de 2013 e fevereiro de 2014 obtidos pelo IQA e utilizados na modelagem da qualidade de água nos pontos escolhidos na bacia do Jacuípe são mostrados na Tabela 3 e Figuras 3, 4 e 5.

O mês de novembro de 2013 foi caracterizado como período seco e as análises do IQA-NSF (Tabela 3 e Figura 3) realizadas nos pontos estudados classificaram como regular a

qualidade da água nas localidades de Traz da Roça, Nova Esperança, Barragem, Barra, Bela Vista e Laranjeira; como ruim o Alto do Cruzeiro, Alto do Cemitério, Ponte Alto do Cruzeiro, Ranchinho e Rio Verde/ Jacuípe; e Jatobá como péssimo, refletindo as condições dos lançamentos de efluentes “in natura” e resíduos sólidos no ambiente fluvial, devido aos lançamentos de efluentes ‘in natura’ que se acumularam no canal fluvial.

Tabela 3 – Classificação do IQA-NSF nos meses de novembro e dezembro de 2013 e fevereiro de 2014, no Rio Jacuípe e no Rio Verde.

| | N | D | F | N | D | F | N | D | F | N | D | F | N | D | F |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Traz da Roça | | | | | | | 53 | | 70 | | 45 | | | | |
| Jatobá | | | | | | | | | | | | 41 | 24 | 25 | |
| Nova Esperança | | | | | | | 53 | 60 | 61 | | | | | | |
| Barragem | | | | | | | 54 | | 55 | | 48 | | | | |
| Alto do Cruzeiro | | | | | | | | | | 30 | 33 | 34 | | | |
| P. Alto do Cruzeiro | | | | | | | | | | 48 | 31 | 48 | | | |
| Ranchinho | | | | | | | | | | 41 | 38 | 44 | | | |
| Barra | | | | | | | 53 | | | | 44 | 40 | | | |
| Bela Vista | | | | | | | 69 | 53 | 60 | | | | | | |
| Alto do Cemitério | | | | | | | | | | 32 | 31 | 36 | | | |
| Rio Verde/ Jacuípe | | | | | | | | | | 47 | 33 | 45 | | | |
| Barragem da Laranjeira | | | | | | | 61 | | 58 | | 36 | | | | |

Fonte: Trabalho de Campo, 2013-2014

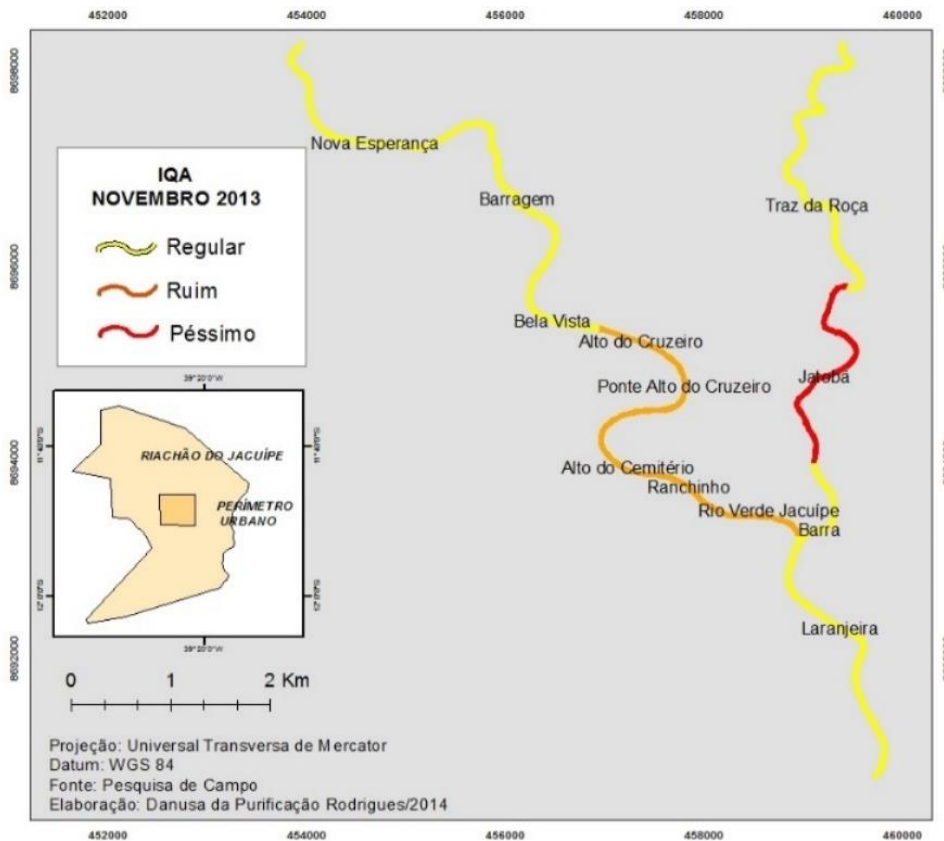


Figura 3 – Modelagem da qualidade da água em novembro de 2013 no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil

Fonte: Trabalho de campo, novembro de 2013

O Rio Verde compreende os trechos de Traz da Roça, Jatobá e Barra que não estão conectados em função do canal fluvial ser intermitente. Traz da Roça (8,48 mg/L de O₂) e Barra (9,63 mg/L de O₂) tiveram seus trechos classificados como regular em relação à qualidade da água por causa da disponibilidade de OD (≥ 4

mg/L O₂), recomendado pela Resolução Conama 357/05, no ambiente fluvial. O trecho do Jatobá foi classificado como péssimo devido à depleção do oxigênio dissolvido (1,74 mg/L). Esse fato fica evidente uma vez que a presença de algas no local forma um ‘tapete’ que cobre parte da superfície, isolando a água do oxigênio do ar, com isso pode

ocorrer a desoxigenação da água. A proliferação excessiva de algas, observada nos altos valores de nitrogênio amoniacal total (40,46 mg/L de N), faz com que o oxigênio seja requerido em grandes quantidades nos processos de nitrificação o que pode levar a problemas relacionados à eutrofização.

Isso significa que a poluição hídrica ficou restrita ao trecho do Jatobá e houve uma melhoria da qualidade da água a montante e jusante no Rio Verde.

No Rio Jacuípe, os trechos (Tabela 3 e Figura 3) da Nova Esperança, Barragem e Bela Vista, situados a montante, e Laranjeira a jusante, estavam com a qualidade da água regular, devido à ausência de efluentes “in natura” próximos ao local da coleta.

No trecho (Tabela 3 e Figura 3) do Alto do Cruzeiro, Ponte Alto do Cruzeiro, Alto do Cemitério, Ranchinho e Rio Verde/Jacuípe, a qualidade da água estava ruim, provavelmente, devido ao lançamento de resíduos sólidos e efluentes “in natura” no ambiente fluvial, provenientes da cidade.

No Alto do Cemitério (130 mg/L de O₂) foi observada, próximo ao local da coleta, a presença de dejetos de suínos, o que pode justificar o alto valor da DBO. Na Barra foram encontrados 2 mg/L de O₂ referente ao DBO. Isso significa que a maior parte da matéria orgânica disponível nos efluentes domésticos já tinha sido mineralizada. Na Barragem (Tabela 3 e Figura 3), o OD (1,13 mg/L de O₂) sugere alta atividade de degradação de matéria orgânica. A degradação da matéria orgânica ocorre pelos decompositores ou redutores que formam uma subclasse de organismos heterotróficos composta sobretudo por bactérias e fungos, responsáveis pela decomposição da matéria de origem biológica em compostos simples, originalmente fixados pelos organismos autotróficos (Manahan, 2013).

O fósforo elevado indica o lançamento de efluentes “in natura” no canal fluvial. Esse fato foi observado, principalmente, no trecho do Alto do Cruzeiro 3,93 mg/L de P, Ranchinho 1,2 mg/L de P, Rio Verde/Jacuípe 1,9 mg/L de P (Tabela 3 e Figura 3), onde o ponto de coleta está localizado na zona de mistura. A baixa profundidade do Alto do Cruzeiro aumenta a temperatura superficial da água, o que favorece as reações químicas,

envolvendo os organismos decompositores que degradam a matéria orgânica rapidamente em função dos nutrientes presentes no ambiente aquático, como o fósforo e nitrogênio que têm predominância antropogênica. O enriquecimento dos nutrientes é causado pelo aumento do fósforo, na forma de ortofosfato, proveniente dos esgotos domésticos e nitrogênio, na forma de amônia, e que servem de alimentação para as bactérias e cianofíceas.

Os resultados das análises dos dados em dezembro (Tabela 3 e Figura 4) foram caracterizados por maior índice pluviométrico com aumento da vazão fluvial e maior diluição dos esgotos no canal fluvial e lixiviação do solo no Rio Jacuípe.

A qualidade da água teve avaliação negativa em dezembro (Tabela 3 e Figura 4), em função da coleta ter sido realizada no período das chuvas. Houve o aumento da turbidez e, conseqüentemente, depleção do oxigênio dissolvido no ambiente aquático do Rio Jacuípe nos pontos e nos trechos da Barragem (3,3 mg/L de O₂), Alto do Cruzeiro (2,27 mg/L de O₂), Ponte Alto do Cruzeiro (0,55 mg/L de O₂), Alto do Cemitério (1,69 mg/L de O₂), Rio Verde/Jacuípe (0,85 mg/L de O₂), Laranjeira (2,49 mg/L de O₂). A qualidade da água neste trecho foi classificada como ruim. Isso se deve, provavelmente, ao aumento da turbidez no canal fluvial que interfere na passagem da luz para as zonas superficiais e profundas, onde os microorganismos necessitam do processo de reaeração ou da fotossíntese para a obtenção do oxigênio a ser utilizado pela fauna.

Na Localidade de Ranchinho, o IQA indicou como ruim a qualidade da água estudada, que pode ser justificada pela alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO 25 mg/L de O₂), sendo que a Resolução Conama 357/05 recomenda (≤ 5 mg/L de O₂), e pela quantidade de coliformes termotolerantes (35.000/100mL), quando o máximo permitido é 4500/100mL pela Resolução Conama 357/05.

Neste período, não houve chuvas no Rio Verde, sendo assim, o Jatobá permaneceu com sua qualidade da água como péssima. Em Nova Esperança e na Bela Vista a qualidade da água continuou regular. As chuvas ajudam na diluição do efluentes ‘in natura’ no canal fluvial.

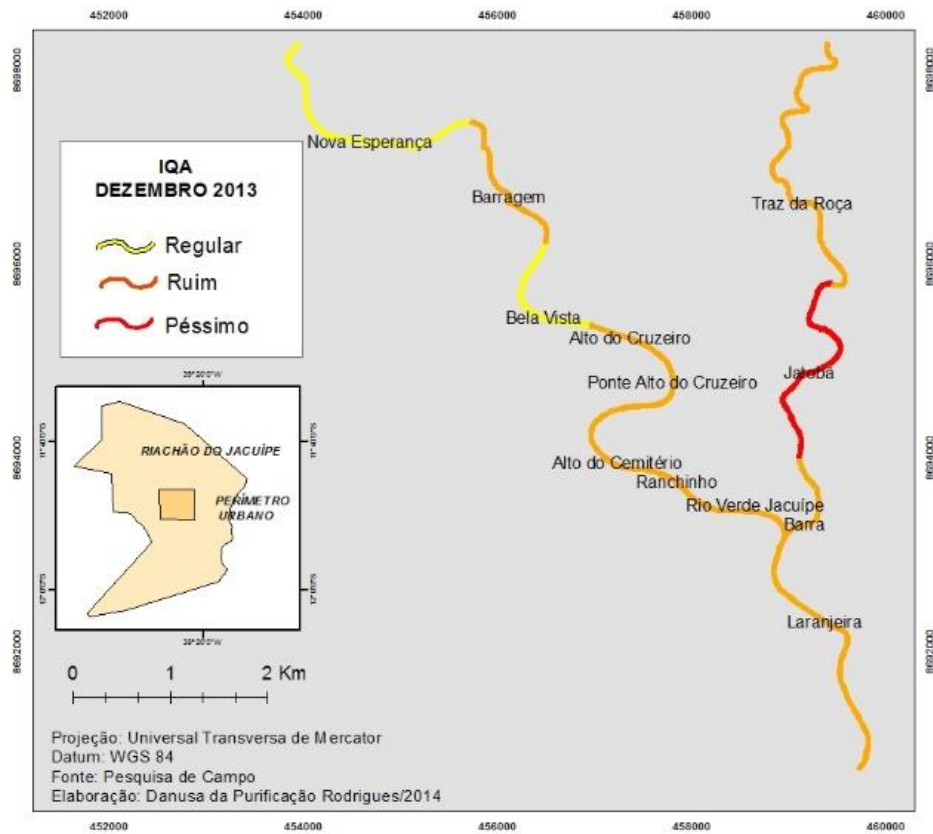


Figura 4 – Modelagem da qualidade da água em dezembro de 2013 no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil

Fonte: Trabalho de campo, dezembro de 2013

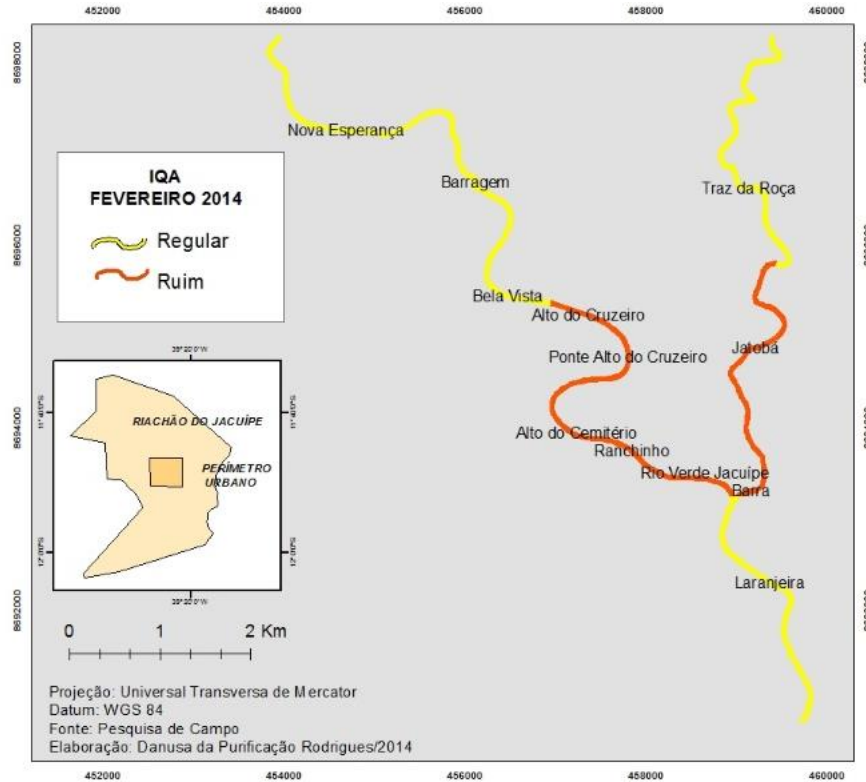


Figura 5 – Modelagem da qualidade da água em fevereiro de 2014 no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil.

Fonte: Trabalho de campo, fevereiro de 2014

A melhoria das condições ambientais observadas na coleta de fevereiro (Tabela 3 e Figura 5) ocorreu em decorrência das precipitações de dezembro e janeiro que contribuíram para mudanças significativas nos parâmetros que compõem o IQA.

No mês de fevereiro (Tabela 3 e Figura 5), as amostras foram coletadas depois da influência das precipitações de dezembro e janeiro que ajudaram a diluir o esgoto doméstico pelo aumento da vazão. A qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe em Traz da Roça, Barragem, Laranjeira, Nova Esperança e Bela Vista foram classificadas como regular. No Alto do Cruzeiro, P. Alto do Cruzeiro, Alto do Cemitério, Rio Verde/Jacuípe, Barra e Ranchinho (Tabela 3 e Figura 5) permaneceu como ruim em função dos lançamentos de esgotos domésticos “in natura” e resíduos sólidos. O IQA do Jatobá passou de péssimo (24), em novembro de 2013, para ruim (41), em fevereiro de 2014, em função da diluição favorecida pelas chuvas que ocorreram em janeiro. Sendo Jatobá um trecho receptor de esgoto com o aporte de fluxo, após a chuva, há a diluição, uma vez que as características do trecho a montante (Traz da Roça) apresenta o IQA em condições mais adequadas (regular) em novembro de 2013 (53) e em fevereiro de 2014 (70). Jatobá recebe água da Traz da Roça após as chuvas que contribuem para a diluição dos efluentes ‘in natura’ e a melhoria da qualidade da água.

Os coliformes termotolerantes nos trechos da Nova Esperança (18/100mL), Barragem (45/100mL), Bela Vista (110/100mL), Traz da Roça (>1,8/100mL) situados a montante e de Laranjeira (>1,8/100 mL) a jusante, justificam a qualidade da água classificada como regular. Essas localidades apresentaram melhor qualidade da água, pois estão localizadas fora da cidade de Riachão do Jacuípe e possuem pouca contaminação por coliformes termotolerantes, principal causa de doenças de veiculação hídrica.

Conclusão

A modelagem da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe reflete o lançamento de efluentes “in natura” e resíduos sólidos no ambiente fluvial do Rio Verde e do Rio Jacuípe a montante, a jusante e dentro da cidade. A classificação da qualidade da água nos trechos e nos pontos de coleta está relacionada aos parâmetros adotados para a composição do IQA.

O IQA permitiu fazer comparações e análises entre os diversos trechos do rio na bacia hidrográfica e apontou possíveis medidas a serem tomadas pelos gestores públicos. Deve-se ter

clareza que o IQA está sujeito a alguns erros por não representar alguns parâmetros microbiológicos e metais pesados no corpo hídrico. O IQA torna-se relevante para transmitir informações sobre as condições sanitárias locais e permite que todos tenham uma compreensão da qualidade da água em determinado trecho do rio.

Ficou constatado que o IQA depende das condições climatológicas e geológicas dos diversos trechos dos rios na bacia hidrográfica. O relevo e o clima contribuem para uma maior ou menor vazão que interfere diretamente nos diversos parâmetros que compõem o índice. Nos períodos de estiagem pode-se observar que a qualidade da água diminui, principalmente em rios intermitentes localizados no semiárido, por causa da baixa diluição e da vazão; já nos períodos chuvosos, os rios possuem maior vazão e capacidade de diluição, fato que contribui para o aumento da qualidade da água.

A poluição hídrica no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe foi constatada como predominantemente ligada à disposição incorreta de resíduos sólidos e lançamentos de efluentes domésticos “in natura” no canal fluvial, e que pode ser remediada com a construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que abranja o Rio Verde e o Rio Jacuípe.

Agradecimentos

Agradeço à orientadora, Luciana Bagdeve de Oliveira dos Santos, à coorientadora Taíse Bomfim de Jesus, ao PPGM e a UEFS, que ofereceram todo o suporte acadêmico a pesquisa. Agradeço ao Laboratório de Saneamento (LABOTEC), nas pessoas de Adriano Lima e Antônio Luiz, que realizaram as análises laboratoriais e me orientaram, para que eu pudesse realizar todos os procedimentos, até a obtenção dos dados dos parâmetros desejados. Sem eles, não conseguiria avançar na parte laboratorial da pesquisa. Também agradeço a Diones Ribeiro, Lucas Cerqueira, Daiane Reis, Iara Rocha, Gilsilene Correia, Leilane Sampaio, Elisângela Alves e Armando, que auxiliaram durante as análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos no laboratório.

Agradeço à UNINFRA pela disponibilidade de toda a logística dos trabalhos de campo, que possibilitou a realização da pesquisa.

Agradeço ao Laboratório de Química de Catálise pela disponibilidade dos equipamentos portáteis: multiparâmetro e turbidímetro, que possibilitaram as medidas dos parâmetros físico-químicos “in situ”.

Agradeço a Capes pelo financiamento da pesquisa.

Referências

- APHA, AWWA, WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition, Washington, DC, APHA.
- Agência Nacional das águas (ANA). 1012. A questão da água no Nordeste. Brasília, DF: CGEE. pp.431.
- Clark, 1985. David. Introdução a geografia urbana. São Paulo: Difel, pp. 286.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.
- Crockett, P. 2009. Water-Quality Modelling, in The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles, Volume Two (eds P. Calow and G. E. Petts), Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Eaton, Andrew D. Standard methods for examination of water & wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association, c2005. xxxvii, pp.1273.
- Hur, Jin; Cho, Jinwoo. 2012. Prediction of BOD, COD, and Total Nitrogen Concentrations in a Typical Urban River Using a Fluorescence Excitation-Emission Matrix with PARAFAC and UV Absorption Indices. Sensors 12, 972-986.
- Ji, Zhen-Gang. 2008. Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries; IN: Chapter 5: Water Quality and Eutrophication; Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, pp. 671.
- IICA. (2008) Lima, C. C. U. Curso Básico de Hidrologia. Disponível em: http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachment/s/485/Carlos_C%3%A9sar_Uch%3%B4a_Curso_B%3%A1sico_de_Hidrologia.pdf. Acesso em: 25 de set. 2012.
- Lee, C. 1973. Models in planning. An introduction to the use of quantitative models in planning. Oxford. Pergamon Press.
- Manahan, Stanley. E. 2013. Química Ambiental. Tradução: Félix Nonnenmacher; revisão técnica: Wilson de Figueiredo Jardim- 9º ed. Porto Alegre; Bookman.
- PNUMA, Agência Nacional de Águas (Brasil). 2011. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. -- Brasília: ANA, pp. 154.
- Richard, B. Alexander; W. Boyer, Elizabeth; A. Smith, Richard; E. 2004. Schwarz, Gregory and B. Moore, Richard. The Role of Headwater Streams in Downstream Water Quality. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 43(1):41-59.
- Rode, Michael; Arhonditsis, George; Balin, Daniela; Kebede, Tesfaye; Krysanova, Valentina; 2010. Griensven, Ann van. New Challenger in integrated water quality modelling. Hydrological Processes 24, 3447-3461.
- Sánchez, Luís Enrique. 2008. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo; Oficina dos Textos.
- Santos, Jémison Mattos dos. Análise geoambiental através da estruturação e integração de dados no contexto da bacia hidrográfica do Rio Paraguari. 2004. 273 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Curso de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente do Departamento de Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.
- Sperling, Marcos Von. 2007. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1. Ed. Belo Horizonte: DESA – UFMG pp.588.
- Suguió, Kenitiro; Bigarella, Joao Jose. 1990. Ambientes fluviais. 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, Curitiba, PR.
- Weiner, Eugene R. 2008. Applications of environmental aquatic chemistry: a practical guide. -- 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 44.