



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

A QUALIDADE DE ÁGUA NA TOTALIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO E SUAS CAUSAS

Djane Fonseca da Silva¹; Josiclêda Domiciano Galvêncio²;
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida³

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se analisar a variabilidade espacial de parâmetros de qualidade de água na bacia do rio São Francisco, e adicionalmente, verificar intervenções antrópicas que influenciem sobre tais parâmetros. Para tanto foram analisados parâmetros de qualidade de água de 30 estações fluviométricas, coletadas de 1976 a 2008, através da Agência Nacional das Águas (ANA). Áreas no Alto São Francisco, no Médio São Francisco e no Submédio São Francisco foram sugeridas como as que apresentam as menores qualidades de água em relação à toda a bacia hidrográfica. Já áreas nas cabeceiras do rio São Francisco e na foz do rio foram consideradas como as de maior qualidade hídrica.

Palavras-chave: Uso e manejo do solo, Oxigênio dissolvido, Poluição hídrica, Degradação ambiental.

ABSTRACT

VARIABILITY OF THE WATER QUALITY IN BASIN HYDROGRAFIC OF THE RIVER SÃO FRANCISCO AND RELATED ACTIVITIES ANTHROPOGENIC

ABSTRACT

This work aimed to analyze the spatial variability of parameters of water quality in the basin of São Francisco, and in addition, verify human interventions that influence on these parameters. Therefore, parameter of the water quality of 30 stations was analyzed, collected from 1976 to 2008, through the National Water Agency (ANA). Areas in the High São Francisco, in the Medium São Francisco and Submedium São Francisco have been suggested as those have the lowest water quality in relation to the all watershed. Already in the headwaters areas of the São Francisco and the mouth of the river were considered to be of higher quality water.

Keywords: Use and handling of the ground; Dissolved oxygen; Hydric pollution; Ambient degradation.

Trabalho recebido em 07/05/2010 e aceito para publicação em 03/12/2010.

¹ Prof. Dr. Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Cariri, e-mail: djane.fonseca@cariri.ufc.br

² Prof. Dr. Departamento de ciências geográficas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e-mail: josicleda@hotmail.com;

³ Prof. M.Sc. Departamento de Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), e-mail: henrique_ravi@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vem provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica (ANDRADE PINTO et. al, 2004).

A quantidade e qualidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se a declividade, o tipo de solo e o uso da terra das áreas de recarga, pois influenciam no armazenamento da água subterrânea e nas águas das nascentes e dos cursos d'água. Assim, faz-se necessário o estudo das interações dos recursos e das ações antrópicas na bacia hidrográfica, uma vez que, segundo Pereira (1973) apud Lima (1986), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

Deste modo, a caracterização, monitoramento e tentativa de recuperação do meio físico das bacias hidrográficas, em especial, as áreas de recarga das nascentes, com o intuito de levantar as áreas críticas visando à manutenção da água, são condições básicas para o sucesso do

planejamento, da conservação e da produção de água.

Como é sabido, 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. Este controle se dá basicamente através do tratamento de águas residuárias sanitárias e industriais. 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).

Diante disso, o planejamento territorial, associado a outras medidas de caráter preventivo como, por exemplo, educação e acesso a informações, organização do planejamento urbano, construção de bacias de retenção, proteção das áreas marginais aos cursos de água, é um instrumento eficaz e de baixo custo para controle de poluição, o qual pode gerar resultados muito positivos no gerenciamento e controle da poluição hídrica de uma região.

O objetivo principal desse trabalho é o de analisar a variabilidade espacial de parâmetros de qualidade de água na bacia do rio São Francisco, e adicionalmente, verificar intervenções antrópicas que influenciem sobre tais parâmetros. Detectando áreas degradadas e seus impactos torna-se mais fácil sugerir ações

mitigadoras e assim, levar a um melhor uso do recurso hídrico.

1.1 Bacia hidrográfica do rio São Francisco

O rio São Francisco possui um comprimento estimado em 2.700 km, uma vazão média anual de 2.980 m³/s, totalizando um volume médio anual da ordem de 94 bilhões de m³ lançados no Oceano Atlântico. A área de drenagem é de 640.000 km², que representa 7,5% do território nacional; 83% da área da Bacia distribuem-se nos Estados de Minas Gerais e Bahia, 16% nos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe e, o restante 1%, no Estado de Goiás e Distrito Federal.

A bacia está dividida em quatro regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco que, por sua vez, foram subdivididas, para fins de planejamento, em trinta e quatro sub-bacias. Adicionalmente, a bacia do rio São Francisco foi subdividida em 12.821 microbacias, com a finalidade de caracterizar, por trechos, os principais rios da região.

Aproximadamente 53,8% da área da bacia do rio São Francisco (343.784,1 km²) está incluída no Polígono das secas. O curso principal do rio São Francisco tem suas nascentes na Serra

da Canastra, em terras do município de São Roque de Minas, no estado de Minas Gerais, e a foz, no Oceano Atlântico, entre os Estados de Sergipe e Alagoas (CODEVASF, 2001).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui acentuados contrastes socioeconômicos, abrangendo áreas de acentuada riqueza e alta densidade demográfica e áreas de pobreza crítica e população bastante dispersa. A população total na bacia hidrográfica do rio São Francisco, no ano 2000, é de 12.796.082 habitantes, sendo 74,4% população urbana e 25,6% população rural.

O bioma cerrado cobre, praticamente, metade da área da Bacia compreendendo quase todo o Estado de Minas Gerais e oeste e sul da Bahia, enquanto a caatinga predomina no nordeste da Bahia, justamente sob as condições mais severas de clima. A floresta tropical, hoje quase totalmente devastada pelo uso agrícola e pastagens, ocorre na região do Alto São Francisco, principalmente nas cabeceiras (CODEVASF, 2001).

1.2 Parâmetros de qualidade de água

Na gestão dos recursos hídricos, os aspectos de quantidade e qualidade não podem ser dissociados, o que reforça a importância da avaliação da

disponibilidade hídrica, em termos qualitativos, de águas superficiais e subterrâneas.

Essa avaliação é tão importante que indicativos de degradação ambiental podem ser mostrados através de dados de qualidade de água. Os principais parâmetros que indicam poluição nos recursos hídricos são: temperatura da água, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.

A temperatura pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático. A temperatura caracteriza grande parte dos outros parâmetros físicos da água tais como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos (TUCCI, 2004). A temperatura é um importante fator modificador da qualidade da água, pela influência direta sobre o metabolismo dos organismos aquáticos e pela relação com os gases dissolvidos. Assim, os aumentos de temperatura diminuem as concentrações de oxigênio dissolvido, gás carbônico, pH e a viscosidade, entre outras propriedades (HAMMER, 1979; SAWYER *et al.*, 1994).

O pH, por exemplo, reflete o tipo de solo por onde a água percorre, ou ainda, em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal

fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

Esteves (1998) observou que é comum encontrar valores altos de pH em regiões de balanço hídrico negativo como ocorre com os açudes do semi-árido no Nordeste brasileiro. Na época de estiagem, este fato é acentuado pelos altos valores de carbonatos e bicarbonatos encontrados nas águas e que se tornam mais concentrados pela evaporação.

O parâmetro condutividade elétrica também é importante, no entanto, não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.. A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- .

Do ponto de vista ecológico, o parâmetro Oxigênio dissolvido (OD) é uma variável extremamente importante, pois é

necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o OD se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. De acordo com a legislação brasileira do CONAMA de 1986, em caso de rios (água doce) onde a água é utilizada para abastecimento público, após tratamento convencional da água, recreação e irrigação de hortaliças, esse manancial deve apresentar concentração de OD > 5,0 mg/l.

Von Sperling (1996) afirma que em ecossistemas aquáticos, as principais fontes produtoras de oxigênio são a reaeração atmosférica e a fotossíntese, enquanto as principais fontes de consumo são a oxidação da matéria orgânica dissolvida e presente no sedimento (demanda bentônica) e a nitrificação. O mesmo autor afirma que um dos efeitos mais nocivos da matéria orgânica em corpos d'água é a depleção dos níveis de oxigênio dissolvido, devido ao consumo pelos decompositores (CARNEIRO, 2002).

De acordo com Likens *et al.* (1967) análises de parâmetros de qualidade de água podem apontar as operações que envolvem o uso e o manejo do solo como as que mais exercem influência na

qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

Já Salata *et al.* (1988) discutem que além das atividades relacionadas ao uso e manejo do solo, intervenções na vegetação e nas estradas e vias de acesso são também consideradas importantes modificadoras de parâmetros qualitativos, por serem fontes potenciais de turbidez da água (VARZHEMIN, 1972; DOUGLAS & SWANK, 1975).

Segundo Tucci (2002), ações antrópicas sobre os sistemas hídricos e alterações da superfície da Bacia tem impactos significativos sobre o escoamento. Podem ocasionar mudanças importantes sobre os sistemas hídricos: desmatamento através da extração seletiva de madeira, plantio de subsidência, culturas permanentes.

Constantes revolvimentos no solo sem tecnologia adequada resulta no maior problema da prática agrícola, a erosão hídrica, que compromete os recursos naturais e põe em risco a produção econômica, pela degradação dos solos e assoreamento dos mananciais que, por sua vez, influenciam na qualidade e disponibilidade da água (ZOCCAL, 2007).

Baracuh *et al.* (2007) acrescenta que a erosão hídrica dos solos constitui um dos mais importantes fatores de degradação ambiental. Os sedimentos decorrentes dessa erosão vão se depositar a

jusante, tornando estéreis terrenos agrícolas ou assoreando e matando rios e zonas inundadas.

Por fim, Schumacher & Hoppe (1998) cita que quanto mais preservada a mata ciliar, menor o escoamento superficial e maior a infiltração (menores danos). Quanto mais se apresentar desprotegido o solo maior o escoamento superficial e menor a infiltração (maiores danos ambientais). Isso nos mostra como a preservação da mata ciliar é importante tanto para a qualidade da água quanto para a não ocorrência dos impactos ambientais.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

De acordo com a CODEVASF (2001), a área da bacia hidrográfica do rio São Francisco abrange partes do território dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. A mesma está compreendida entre as latitudes de 7° 00' a 21° 00' S e longitudes de 35° 00' a 47° 40' W e deste modo, está inserida nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Figura 1).

O complexo da Bacia se posiciona no sentido norte-sul até a confluência com o rio Urucuaia, onde inicia um

grande arco com direção norte-nordeste até a cidade de Cabrobó (PE), girando, então, para leste e, logo depois, para sudeste, até a foz.

Apesar da diversidade em sua flora e fauna, observa-se que a bacia hidrográfica do rio São Francisco apresenta pequeno número de unidades de conservação. Além disso, também é fato comprovado (PBHSF, 2004) um quadro de crescente degradação ambiental, em que se verifica a perda da biodiversidade e a alteração dos ecossistemas aquáticos decorrentes da deficiência dos serviços de saneamento, da construção de grandes barragens e das atividades industriais e agrícolas na bacia (Figura 2), com prejuízos à qualidade da água. Isto indica a necessidade de ações tanto de caráter educativo e preventivo quanto de recuperação e adaptação.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco se divide da seguinte maneira (Figura 1):

Alto São Francisco (ASF) – das nascentes até a cidade de Pirapora (MG), com 100.076 km², ou 16% da área da Bacia, e 702 km de extensão. Sua população é de 6,247 milhões de habitantes.

Médio São Francisco (MSF) – de Pirapora (MG) até Remanso (BA) com 402.531 km², ou 53% da área da Bacia, e 1.230 km de extensão. Sua população é de 3,232 milhões de habitantes

Submédio São Francisco (SMSF) – de Remanso (BA) até Paulo Afonso (BA), com 110.446 km², ou 17% da área da Bacia, e 440 km de extensão. Sua população é de 1,944 milhões de habitantes

Baixo São Francisco (BSF) – de Paulo Afonso (BA) até a foz, entre Sergipe e

Alagoas, com 25.523 km², ou 4% da área da Bacia, e 214 km de extensão. Sua população é de 1,373 milhões de habitantes.

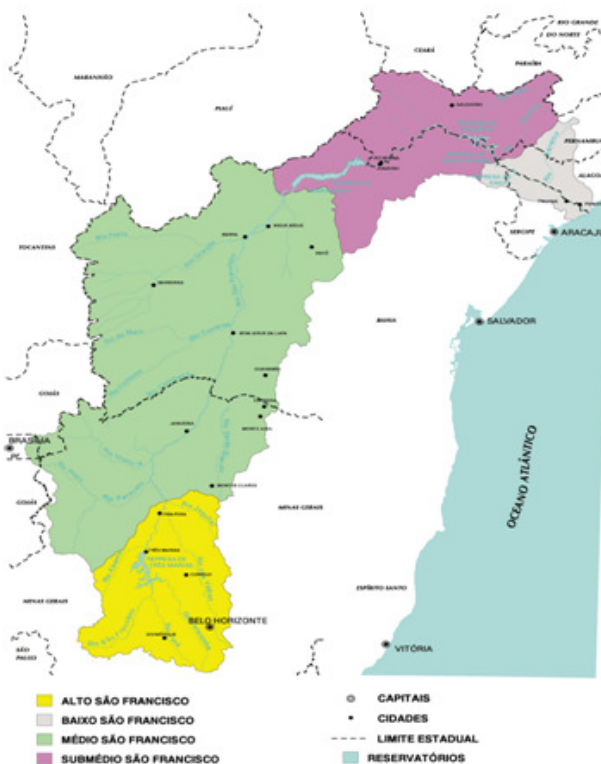


Figura 1: Bacia hidrográfica do rio São Francisco e suas sub-bacias. (Fonte: CODEVASF, 2001).

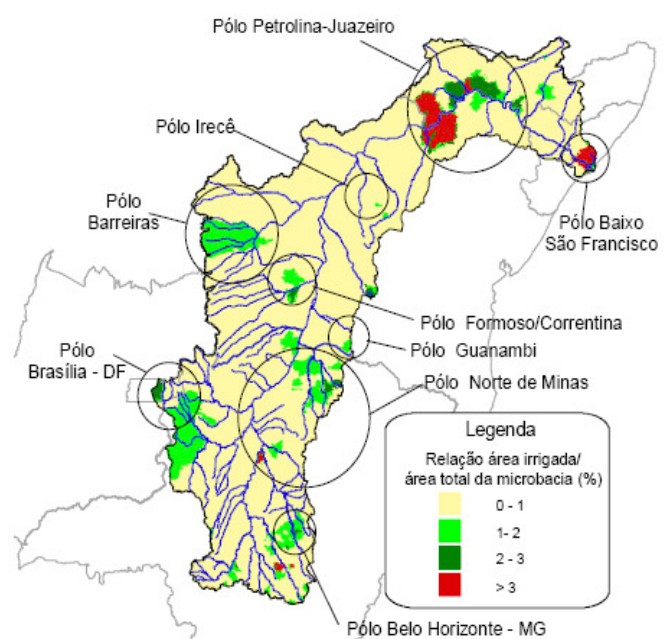


Figura 2: Principais pólos de irrigação na bacia hidrográfica do rio São Francisco. (Fonte: ANA, 2004).

2.2 Parâmetros de qualidade de água

Para se avaliar a qualidade ambiental como um todo, é preciso obter informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento do ecossistema. Na intenção de verificar a qualidade da água na bacia hidrográfica foram analisados os

seguintes parâmetros para todas as estações de coleta: temperatura da água, pH (potencial hidrogeniônico), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (OD).

As amostras foram coletadas de 1976 a 2008, em dias sem chuva, e as mesmas foram obtidas através da Agência Nacional das Águas (ANA). Foram utilizados dados

de 30 estações de qualidade de água ao longo da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Posteriormente foram gerados mapas para visualização gráfica das variáveis ao longo de toda a bacia hidrográfica.

2.3 Degradação ambiental

Na tentativa de explicar as configurações espaciais dos padrões de qualidade de água, foram analisadas imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth e obtidas no ano de 2009. Nestas, podem-se observar intervenções, caso existam, no solo, na vegetação, possíveis fontes poluidoras, áreas de proteção ou irregulares etc, podendo assim associar causas para as configurações espaciais da qualidade de água que serão obtidas.

3. RESULTADOS

3.1 Qualidade de água

Os maiores valores de temperatura foram observados em Bom Jesus da Lapa, Xique-Xique e região (MSF), onde ocorre o recebimento de águas do rio Corrente, que por sua vez recebe águas do rio do Meio e do rio Formoso. Altas temperaturas da água também ocorreram no SMSF até a foz devido o revolvimento das águas pelas usinas hidrelétricas e refluxo das águas na foz, além do fator localização latitudinal

(aproximadamente lat 10° S e lon entre 41° e 36° W) (Figura 3).

Já as menores temperaturas da amostra (Figura 3) apresentam-se nas cabeceiras do rio São Francisco (ASF) e na vizinhança de Sobradinho e Juazeiro-Petrolina (aproximadamente lat 12° S e lon 44° W). Os valores observados nas cabeceiras do rio são coerentes com o esperado, no entanto, a diminuição de temperatura no SMSF tem relação com as maiores densidades próprias de águas poluídas, o que promove a mistura não homogênea da água e assim, menor temperatura.

Alguns núcleos de altos valores de pH encontram-se onde ocorreram altos valores de temperatura (leste de Três Marias, próximo a Xique-Xique, próximo de Paulo Afonso). Em regiões semi-áridas ou quando ocorrem alta insolação, as concentrações de carbonatos e bicarbonatos aumentam devido evaporação da água, aumentando também os valores de pH (Figura 4).

As maiores condutividades elétricas (Figura 5) foram encontradas na foz do rio, em decorrência da água do Oceano Atlântico, na qual estão dissolvidos grandes concentrações de íons, ocorrendo renovação da água e acréscimos de H⁺ e o OH⁻ através das trocas de água do rio e oceano. Assim, foram incrementados os valores de condutividade elétrica, os quais

são observados no extremo leste (foz) da bacia hidrográfica. Contudo, desde Bom Jesus da Lapa, Xique-Xique, passando pela Usina hidrelétrica de Sobradinho, Usina hidrelétrica de Itaparica até a Usina hidrelétrica de Paulo Afonso, também são observados consideráveis valores de condutividade elétrica, possivelmente em

consequência das atividades agrícolas e de eutrofização nos lagos das hidrelétricas. Deve-se lembrar que essas mesmas áreas apresentaram altos valores de pH e a condutividade elétrica também se associa às águas poluídas por esgotos, por exemplo.

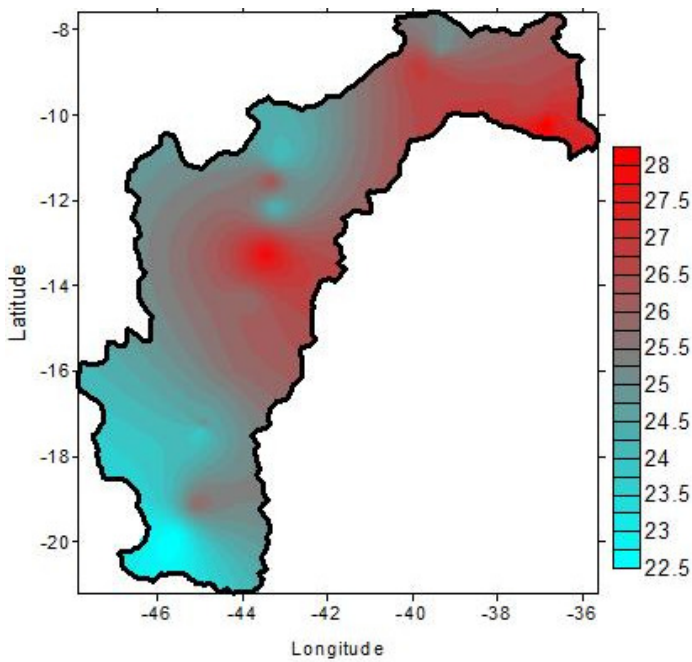


Figura 3: Distribuição espacial da temperatura da amostra (°C) na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

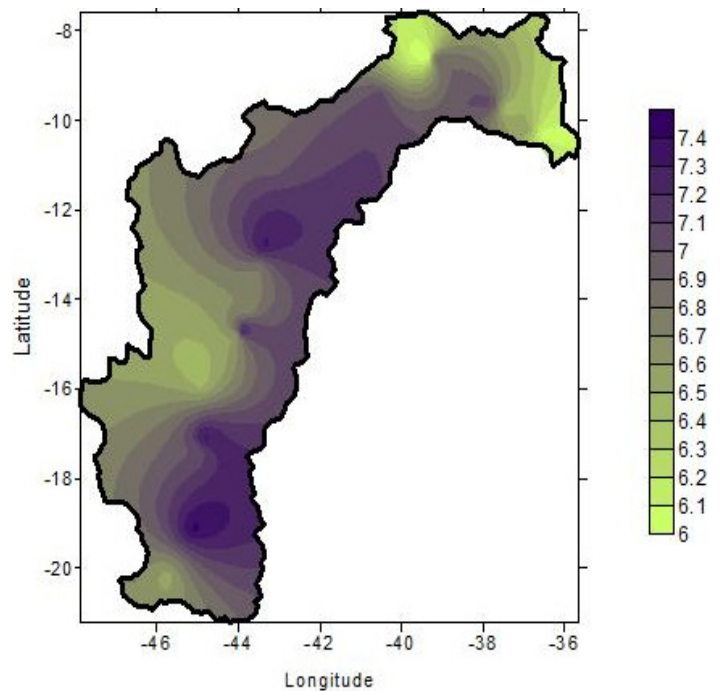


Figura 4: Distribuição espacial do pH na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

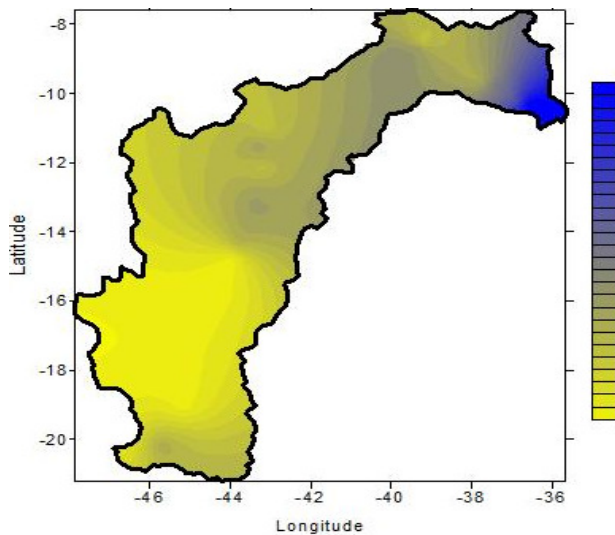


Figura 5: Distribuição espacial da condutividade elétrica ($\Omega\text{-m-1}$) na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Os menores valores de oxigênio dissolvido (OD) encontram-se próximo à Usina hidrelétrica de Três Marias (ASF) e desde Xique-Xique (MSF) ao pólo Juazeiro-Petrolina (SMSF), passando pela Usina hidrelétrica de Sobradinho. Assim, pode-se associar essa configuração ao fato de que a água “parada” nos lagos das usinas hidrelétricas causam a estratificação térmica e eutrofização e deste modo, diminuem o OD. Somado a esse fato, nesses locais ou suas em suas margens, ocorrem a utilização de produtos químicos na agricultura, poluição hídrica por indústrias e residências o que também levam à alteração no OD e da qualidade da amostra. Essas ações antrópicas serão mostradas nas próximas figuras através de imagens de satélites. Próximo a esses locais também se observou maiores valores de temperatura da água, outro fator

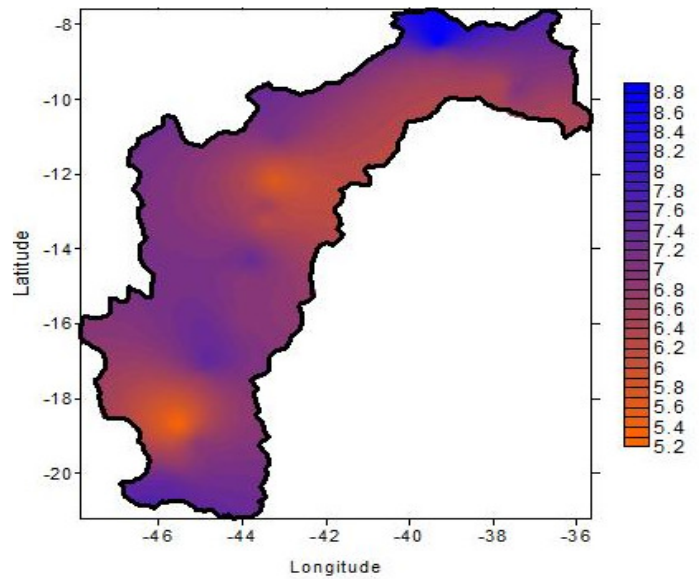


Figura 6: Distribuição espacial do oxigênio dissolvido (mg/l) na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

que contribui para diminuição de OD na água (Figura 6).

De acordo com a resolução do CONAMA de 1986, águas que serão utilizadas para abastecimento e irrigação, após tratamento convencional, deve apresentar concentração de OD maior que 5,0 mg/L. As áreas mais “críticas” da bacia hidrográfica do rio São Francisco apresentam valores de 5,2 mg/L, devendo urgentemente as atividades antrópicas serem revistas, a qualidade da água monitorada e projetos de educação ambiental postos em prática, para que se tenha o uso de águas de qualidade no São Francisco garantido no futuro.

Já no extremo norte da bacia, os maiores valores de OD (Figura 6) ocorreram próximo às áreas de mínimos valores de pH e temperaturas da amostra medianas.

4.2 Uso e ocupação do solo

- *Alto São Francisco*

No lago de Três Marias, observam-se áreas de plantio às margens do rio, o que acarretará, através do escoamento superficial, em mudanças nos parâmetros de qualidade de água, como por exemplo pH (Figura 7).

Na região mais próxima da hidrelétrica de Três Marias podem-se observar vários fatores que influenciam na qualidade de água do Alto São Francisco, como estratificação térmica, área residencial e industrial, área de lazer às margens do lago da usina e modificações na cobertura vegetal (Figura 8).



Legenda: 1- Área de turismo e lazer; 2- Área de plantio; 3- Solo descoberto; 4-Intervenção na vegetação nativa

Figura 7: Imagem do Alto São Francisco, próximo ao lago da UH de Três Marias. (Fonte: Google Earth)



Legenda: 1- Lago da UH de Três Marias; 2-Área residencial; 3-Indústria de minérios; 4-Áreas de lazer e turismo

Figura 8: Imagem do Alto São Francisco, lago da UH de Três Marias. (Fonte: Google Earth).

- **Médio São Francisco**

No fim do ASF e início do MSF pode-se observar o não cumprimento do código florestal brasileiro (Figura 9). As margens do rio, próximo ao município de Pirapora (MG), não apresentam mata ciliar e área mínima de proteção, o que promove o arraste de sedimentos ao longo do rio e consequentemente, assoreamento do curso d'água.

No MSF, grande parte de sua área é utilizada como área agrícola, principalmente às margens do rio, como na Figura 10, próximo a Bom Jesus da Lapa (BA) e na Figura 11, próximo a Xique-Xique (BA). Esse fato também vem afetar a qualidade de água, em vários parâmetros, e visivelmente em sua transparência.



Legenda: 1- Margens sem área de proteção; 2-Área sem mata cilicar; 3-Área irrigada; 4-Áreas residencial e industrial

Figura 9: Imagem de área de transição entre Alto São Francisco e Médio São Francisco. (Fonte: Google Earth)



Legenda: 1- Rio São Francisco; 2- Área agrícola

Figura 10: Imagem do Médio São Francisco. (Fonte: Google Earth)



Legenda: 1- rio São Francisco

Figura 11: Imagem do Médio São Francisco. (Fonte: Google Earth)

- **Submédio São Francisco (SMSF)**

O SMSF é fortemente usado como área agrícola (Figura 12). O pólo agrícola de Juazeiro-Petrolina (Figura 13), por exemplo, um dos maiores de toda a bacia hidrográfica também tem seu papel no que se refere à qualidade e quantidade de água. Devido a essas ações humanas observadas ocorrem os valores de baixo oxigênio dissolvido na água e consequente

menor qualidade de água no local (Figura 6).

Ainda no SMSF, na UH de Paulo Afonso, observa-se que a área residencial cresce em torno do lago da usina, podendo alterar o solo, água superficial e subterrânea na área (Figura 14). O monitoramento ambiental deve ser constante na área e o mesmo deve ser feito também na UH de Itaparica.



Legenda: 1- rio São Francisco; 2- Área agrícola
Figura 12: Imagem do Submédio São Francisco. (Fonte: Google Earth)



Legenda: 1- Área residencial; 2- Áreas agrícolas; 3- rio São Francisco
Figura 13: Imagem do Submédio São Francisco. (Fonte: Google Earth)



Legenda: 1- Área residencial; 2- Lago da UH de Paulo Afonso

Figura 14: Imagem do Submédio São Francisco. (Fonte: Google Earth) degradação ambiental, no geral, em relação

- **Baixo São Francisco (BSF)**

No BSF as áreas verdes se desenvolvem simultaneamente às áreas agrícolas, no entanto, as margens apresentam um melhor aspecto de conservação e a sub-bacia com menor

ao MSF e SMSF (Figura 15). Pequenos cultivos e áreas verdes são observados até próximo a foz do rio no Oceano Atlântico (Figura 16), não esquecendo que ao norte dessa região encontra-se o pólo agrícola irrigado do Baixo São Francisco.



Figura 15: Imagem do Baixo São Francisco. (Fonte: Google Earth)



Figura 16: Imagem do Baixo São Francisco/Foz no Oceano Atlântico. (Fonte: Google Earth)

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que algumas áreas dentro da bacia do rio São Francisco têm apresentado

menor qualidade de água devido à maneira que o homem vem utilizando o solo e recursos naturais.

No Alto São Francisco, próximo à usina hidrelétrica de Três Marias, no Médio São Francisco, próximo a Xique-Xique e Irecê (BA) e desde a usina hidrelétrica de Sobradinho até os municípios de Juazeiro e Petrolina (SMSF) foram observados parâmetros de qualidade de água que sugerem as menores qualidade de água em relação à toda a bacia hidrográfica. Nessas áreas, a concentração principalmente de oxigênio dissolvido, indicam poluição e necessidade de providências ambientais.

As principais ações contribuintes para degradação da qualidade e quantidade hídrica na bacia hidrográfica do rio São Francisco detectadas foram: áreas agrícolas e ocupações irregulares crescente (principalmente em margens de rios e nos lagos das usinas hidrelétricas), o não cumprimento de leis ambientais (como código florestal brasileiro), assentamentos humanos e especulação imobiliária em áreas marginais de corpos hídricos, destruição de matas ciliares ao longo do rio e o desrespeito do homem com a sustentabilidade dos recursos naturais.

Assim, sugere-se que devam ser implementados projetos de educação ambiental, monitoramento da qualidade de água e de leis ambientais, introduzida mata ciliar e espécies nativas da fauna e flora, e se possível, relocar áreas agrícolas, residenciais e industriais.

As áreas das cabeceiras do rio São Francisco (ASF), o extremo norte da bacia hidrográfica, arredores do município de Salgueiro/PE (SMSF) e na foz do rio (BSF) foram consideradas como as de maior qualidade hídrica, em relação ao restante da bacia hidrográfica, de acordo com os parâmetros analisados. Mesmo assim, por serem áreas primordiais para que se mantenham as fontes de fornecimento e de renovação das águas deste importante rio, sugere-se que, principalmente, sua foz e cabeceiras sejam bem monitoradas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia – CNPq- pela concessão de bolsa de pós-doutorado ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS

- Almanaque Vale do São Francisco, edição 1, **CODEVASF**, 412 p., 2001.
- ANDRADE PINTO, L.V.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G.; **Scientia Forestalis**, nº65, p.197-206, 2004.
- BARACUHY, J. G. de V.; et. al. **Técnicas agrícolas para contenção de solo e água**. Campina Grande: FUNASA, 2007. 43p. Folheto e DVD.
- CARNEIRO, F. M. **Análise do estudo de impacto ambiental e qualidade da água – O caso do Açude Atalho – Brejo Santo, Ceará**. Fortaleza, 2002. 15p.

- Código Florestal Brasileiro.** Disponível em: www.mma.gov.br/port/srh/singreh/codagua.html. Acesso em: 06/05/2009.
- CONAMA, 1985. **Resolução CONAMA n° 004/1985.** Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html. Acesso em: 06/05/09.
- CONAMA, 1986. **Resolução CONAMA n° 20 de 18/06/1986.** Resolução do CONAMA – 1984/86. Brasília: SEMA, 92p., p. 72-79.
- DOUGLAS, J.E.; SWANK, W.T. Effects of management practices on water quality and quantity: Coweeta Hydrologic Laboratory, North Caroline. **In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM**, 13, Carolina da Norte. Anais... Carolina do Norte: USDA Forest Service, p.1-13, 1975.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia** - 2a Ed. Rio de Janeiro, Interciência/INEP, 1998, 575p.
- HAMMER, M. J., **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos.** Livros Técnicos e Científicos, Editora S.,A.,, SP, 1979, 561p.
- Lei 4.771/65** do Código Florestal Brasileiro, Secretaria do Meio Ambiente (SMA/SP). Fonte: SMA, 14p., 1989.
- Lei 7.803/89** do Código Florestal Brasileiro de 15/08/1989, Fonte: DOU seção 1, pag. 12025-12026, data public. 20/07/1989, vol.127, fasc. 137. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 06/05/2009.
- LIKENS, G.E; BORMANN, F.H.; JOHNSON, N.M.; PIERCE, R.S. The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small-forested ecosystem. **Ecology**, Durham, n.48, v.5, p.722-785, 1967.
- LIMA, W. de P. O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos. I Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, **Revista Silvicultura**, v.41, p.59-62, 1986.
- PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO (PBHSF) ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004. Subprojeto 4.5C – **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013).**
- SAWYER, C. N.; MACCARTY, P. L. & PARKIN, G. F. **Chemistry of Environmental Engineering.** 4° Ed., International Student Edition, MacGraw-Hill Book Company, 1994, 858p.
- SALATA, J.C. *et al.* **Controle de erosões e conservação de solos na açucareira Quatá (SP).** STAB, p.33-89, 1988.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água.** Porto Alegre: Pallotti, 70 p., 1998.
- TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e o Uso do solo sobre os recursos hídricos.** In: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília, maio 2002.
- TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3ª edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.
- VARZHEMIN, I.G. **Chemical composition of natural waters in the VYG River Basin in relation to the soil of Central Karelia.** Soviet Soil Science, v.4, n.1, p.90-101, 1972.
- VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 2ª Ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.
- OCCAL, J. C. **Cadernos de Estudos em Conservação do Solo e Água.** Presidente Prudente, SP. CODASP. v. 1, n.1, mai. 2007.