



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA
E DO AMBIENTE - PPGM

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIO SUBAÉ- BAHIA E
INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM SEU ENTORNO**

LEILA THAISE SANTANA DE OLIVEIRA SANTOS



PPGM

FEIRA DE SANTANA - BA
MARÇO-2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA
E DO AMBIENTE - PPGM



**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIO SUBAÉ- BAHIA E
INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM SEU ENTORNO**

LEILA THAISE SANTANA DE OLIVEIRA SANTOS

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, pela Universidade Estadual de Feira de Santana, ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª. Taíse Bomfim de Jesus

Co-orientadora: Prof^ª Dr^ª. Marjorie Cseko Nolasco

Feira de Santana-BA
MARÇO-2013

FICHA CATALOGRÁFICA

“Senhor Presidente, a Bacia do Rio Subaé não é apenas importante quanto à sua capacidade de abastecer as populações de água. Também não - somente quanto à sua capacidade de ofertar pesca e água para a agricultura e a pecuária. A Bacia do Subaé é importante, sobretudo, por ser histórica. A região é a área de ocupação mais antiga do País, quando, a partir do século dezesseis, deu-se início à atividade agroindústria açucareira. **Como se observa, o rio Subaé é muito importante. Portanto, sua despoluição e sua recuperação também.** Espero, um dia, ver o rio Subaé e os outros rios da região do Recôncavo e do Semi-árido livres do desleixo e da irresponsabilidade do homem, que destrói o meio ambiente e, por conseguinte, deixa como herança às futuras gerações uma natureza morta. “Para evitarmos tal desastre ecológico, lutamos em prol da natureza e do homem, que é filho dela. Sua origem está e sempre estará na natureza. Pena que muitos esquecem disso. Vamos salvar, sim, o rio Subaé. **Caetano Veloso, em seu poema, demonstra tristeza e melancolia com a poluição da qual o rio é vítima. Esperamos que, no futuro, Caetano componha uma música sobre o renascer do rio Subaé.**”

Frei José João Monteiro Sobrinho (2007)

(Grifo Meu)

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por sua grandeza e magnitude e ter me concedido à vida, sempre me protegendo e fortalecendo-me nesta caminhada para superar todos os obstáculos.

Aos meus pais, Osvaldo e M^a das Graças, que eu tanto amo, pelo apoio, principalmente emocional, e por ter contribuído fortemente para realização desse trabalho.

Ao meu esposo, Anderson, ao meu irmão, Anderson (também), ao meu sobrinho, João Vitor, minha cunhada, Eliane, por ter suportando minhas angústias e minhas tristezas e dando o apoio necessário para que eu não desistisse para realização dessa grande vitória.

As minhas orientadoras, professora Taíse Bomfim e a professora Marjorie Cseko, pela compreensão, paciência, companheirismo e por acreditarem no meu potencial.

À Danusa, grande companheira, pela sua disponibilidade em ajudar e pelos conselhos e opiniões.

Ao Laboratório de Saneamento (LABOTEC-UEFS), em especial Adriano e Luis, pela gentileza em me atender, competência e simpatia.

Ao grupo de Geoquímica Ambiental, por me ajudar no desenvolvimento desta pesquisa.

À CAPES e ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, pela concessão da bolsa de mestrado.

Um muito obrigado a todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, de minha história de vida fornecendo-me palavras de incentivo nos momentos de cansaço e desânimo, formando uma corrente forte na superação dos desafios.

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIO SUBAÉ-BAHIA E INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM SEU ENTORNO

RESUMO

A bacia do rio Subaé (BRS), cuja nascente localiza-se em Feira de Santana-BA e sua foz na Baía de Todos os Santos, apresenta sérios impactos ambientais nos seus principais cursos d'água decorrentes do despejo de efluentes domésticos e industriais, atividades agropecuária e extrativista. O presente estudo teve como objetivo realizar análise dos processos físico-químicos e microbiológico da água superficial no trecho ainda não estudado ao longo do canal principal do rio Subaé e análise dos processos de uso e ocupação do solo no entorno da BRS. O mapa de uso e ocupação do solo foi gerado a partir da imagem do satélite RapidEye, 2010, aliado com os levantamentos de campo e através dos softwares ArcGis 9.3, Global Mapper 11 e Envi 4.0, sendo identificados cinco classes principais: área urbana, corpos d'água, solo exposto, vegetação e agropecuária, das quais a agropecuária corresponde a 77,6% de toda área da bacia, margeando o rio principal desde sua nascente até a sua foz. Foram definidos 13 pontos de coleta de água, georeferenciados ao longo do curso do rio Subaé e as coletas foram realizadas em dezembro de 2011, abril de 2012 e novembro de 2012. Os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA 357/05 e 430/12 para águas doce Classe 2, condizentes com o enquadramento proposto para o manancial e realizou-se correlação de Pearson para unificar as possíveis relações dos metais pesados e dos parâmetros físico - químicos. Os resultados dos parâmetros analisados demonstraram que oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez e fosfato estão acima dos valores estabelecidos pela legislação, na maioria dos pontos de monitoramento, e os coliformes totais e termotolerantes, em todos os pontos e em todas as coletas apresentaram valores acima dos indicados pela legislação vigente. Dos metais pesados, apenas Cd e Cr não foram detectados em nenhum dos pontos de monitoramento e em nenhuma das coletas. As maiores concentrações de metais encontrados em ordem decrescente foram Zn>Mn>Cu>Pb>Ni. A correlação de Pearson demonstrou forte relação entre os parâmetros físico-químicos e os metais. Estes resultados estão relacionados ao fato dos corpos d'água receberem efluentes domésticos e industriais de diversas atividades desenvolvidas na área da BRS. Pelos resultados encontrados conclui-se que o rio Subaé apresenta um alto nível de degradação da qualidade de suas águas e representa um risco de saúde para população residente em seu entorno. Esta pesquisa dará subsídio para implementação de ações que visem o uso racional dos recursos hídricos da BRS, além de contribuir com estudos científicos que permitam um melhor conhecimento da real situação dessa importante e estratégica região industrial do estado da Bahia.

Palavras-Chave: qualidade da água superficial, rio Subaé, uso e ocupação do solo.

ANALYSIS OF SURFACE WATER QUALITY OF RIVER SUBAÉ - BAHIA AND INFLUENCE OF LAND USE AND OCCUPATION IN ITS SURROUNDINGS

ABSTRACT

The Subaé river basin (BRS), whose source is located in Feira de Santana-BA and its mouth in the Bay of All Saints, poses serious environmental impacts in its main watercourses arising from dumping of domestic and industrial effluents, agricultural and extractive activities. This study aims to perform analysis of physicochemical processes and microbial surface water has not been studied in the stretch along the main river channel Subaé and analysis of processes for use and occupation of the soil surrounding the BRS. Use map and land use was generated from the RapidEye satellite image, 2010, together with field surveys and through the software ArcGis 9.3, Global Mapper 11 and Envi 4.0, identified five main classes: urban area, bodies water, bare soil, vegetation and agriculture, of which agriculture accounts for 77.6% of the entire basin area, bordering the main river from its source to its mouth. 13 points were defined water collection, geo-referenced throughout the course of the river and Subaé samples were collected in December 2011, April 2012 and November 2012. The results were analyzed based on CONAMA Resolution 357/05 and 430/12 for Class 2 waters sweet, consistent with the proposed framework for the spring and held Pearson correlation to unify the possible relationships of heavy metals and physico- Chemical. The results demonstrate the analyzed parameters, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), turbidity and phosphate are above the maximum allowable values in most monitoring points, compared with the values of legislation and total coliforms and thermotolerant at all collection points and in all samples had values above that indicated by the legislation. Heavy metals, only Cd and Cr were not detected in any of the monitoring points and none of the collections. The highest concentrations of metals found in descending order were Zn> Mn> Cu> Pb> Ni. The Pearson correlation demonstrated a strong relationship between the physico-chemical parameters and metals. These results are related to the fact that water bodies receiving domestic and industrial effluents from various activities in the area of BRS. By the results it is concluded that the river Subaé presents a high level of degradation in the quality of its waters and represents a health risk for the population living around it. This research will provide subsidy for implementation of actions aimed at the rational use of water resources of BRS, and contribute to scientific studies that allow a better understanding of the real situation of this important and strategic industrial region of Bahia state.

Keywords: surface water quality, Subaé river, land use and occupation of.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01-	Mapa de localização da área de estudo e os pontos de coleta ____	15
Figura 02-	Ponto 1 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	17
Figura 03-	Ponto 2 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	17
Figura 04-	Ponto 3 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	17
Figura 05-	Atual ponte sobre o ponto 3 _____	17
Figura 06-	Ponto 4 de coleta e a ponte sobre ele que dá acesso à comunidade Subaé - _____	17
Figura 07-	Bomba de captação da água do rio Subaé no Ponto 4 pela indústria Penha Embalagens situada às margens do rio _____	18
Figura 08-	Ponto 5 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	18
Figura 09-	Ponto 6 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	18
Figura 10-	Ponto 7 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	18
Figura 11-	Ponto 8 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	18
Figura 12-	Ponto 9 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	19
Figura 13-	Ponto 10 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	19
Figura 14-	Ponto 11 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	19
Figura 15-	Ponto 12 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	20
Figura 16-	Ponto 13 de coleta de água superficial do rio Subaé – BA _____	20
Figura 17-	Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do rio Subaé - BA e os pontos de coleta _____	32
Figura 18-	Evolução populacional do município de Feira de Santana entre os anos de 1991 e 2007. Fonte: IBGE (2012) _____	34
Figura 19-	A- Pesca de camarão, B- Coleta e técnica de captura de siri no manguezal da região de Santo Amaro da Purificação – BA _____	38
Figura 20-	Plantação de Eucalipto localizada entre os pontos 11 e 12 de coleta _____	38
Figura 21-	Gráficos do índice pluviométrico na região da bacia do rio Subaé - BA nos anos de 2011 (A) e 2012 (B) _____	51
Figura 22-	Distribuição espacial das concentrações médias de Zn nas águas superficiais do rio Subaé – BA _____	62

Figura 23-	Distribuição espacial das concentrações médias de Mn nas águas superficiais do rio Subaé – BA _____	63
Figura 24-	Distribuição espacial das concentrações médias de Cu nas águas superficiais do rio Subaé – BA _____	65
Figura 25-	Distribuição espacial das concentrações médias de Ni nas águas superficiais do rio Subaé – BA _____	66
Figura 26-	Distribuição espacial das concentrações médias de Pb nas águas superficiais do rio Subaé – BA _____	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 01-	Localização geográfica, largura e profundidade dos pontos de coleta correspondentes à Figura 01 _____	16
Tabela 02-	Classes temáticas do uso e ocupação na bacia hidrográfica do rio Subaé - BA _____	36
Tabela 03-	Resultados das análises dos parâmetros físico – químicos da água superficial do rio Subaé – BA _____	53
Tabela 04-	Resultados das análises dos parâmetros microbiológicos da água superficial do rio Subaé – BA _____	58
Tabela 05-	Média dos metais pesados analisados nas três coletas da água superficial do rio Subaé – BA _____	60
Tabela 06-	Valores dos Limites de Detecção (LD) do Espectrofotômetro de Absorção Atômica de Chama utilizada na análise dos metais pesados _____	61
Tabela 07-	Valores máximos permitidos de metais pesados pela resolução CONAMA 357/05 para águas doces superficiais Classe 2 _____	61
Tabela 08-	Correlação de Pearson entre as médias dos parâmetros físico – químicos e dos metais pesados analisados nas três coletas _____	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Área de Proteção Ambiental
BRS	Baía do rio Subaé
BTS	Baía de Todos os Santos
C.E.	Condutividade Elétrica
CIS	Centro Industrial Subaé
COBRAC	Companhia Brasileira de Chumbo
C.F.	Coliformes Fecais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
C.T.	Coliformes Termotolerantes
CV	Coeficiente de Variância
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DV	Desvio Padrão
FAAS	Espectrômetro de Absorção Atômica por Chama
F.T.	Fosfato Total
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INGÁ	Instituto de Gestão das Águas e Clima
LABOTEC	Laboratório de Tecnologia
LD	Limite de Detecção
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OD	Oxigênio Dissolvido
PDI	Processamento Digital de Imagem
RPGA	Regiões de Planejamento e Gestão das Águas
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
S.T.	Sólidos Totais

SUMÁRIO

Resumo	05
Abstract	06
Lista de Ilustrações	07
Lista de Tabelas	09
Lista de Abreviaturas e Siglas	10
1 JUSTIFICATIVA	
1.1- Introdução	12
1.2- Objetivo Geral	14
1.3- Objetivos Específicos	14
1.4- Localização da área de estudo	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1- Bacia Hidrográfica	20
2.2- Água: recurso hídrico	22
2.2.1- Qualidade da água	25
2.3- Geoquímica dos metais pesados em ambiente fluvial	28
2.4 -Vulnerabilidade da bacia hidrográfica do rio Subaé	31
CAPÍTULO 1 ANÁLISE AMBIENTAL	33
Resumo	33
Abstract	34
Introdução	35
Metodologia	36
Resultados e Discussão	42
Considerações finais	
CAPÍTULO 2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO SUBAÉ – BA	
Resumo	45
Abstract	46
Introdução	47
Metodologia	49
Resultados e Discussão	51
Considerações finais	77
ANEXO	79
REFERÊNCIAS	87

1. JUSTIFICATIVA

1.1 INTRODUÇÃO

A intensa pressão que os recursos naturais vêm sofrendo, devido ao abrupto crescimento urbano e industrial das últimas décadas, impulsiona o desenvolvimento de pesquisas que subsidiam os instrumentos de gestão para adequado controle e proteção dos sistemas ambientais. Principalmente no tocante aos recursos hídricos, uma vez que a qualidade da água dos corpos aquáticos brasileiros tem sido alterada e os mecanismos de controle e prevenção não cresceram nas mesmas proporções que a população e as atividades industriais.

Na bacia do rio Subaé (BRS) os impactos ambientais tornam-se cada vez mais preocupantes. Estudos realizados sobre qualidade da água do aquífero subterrâneo do entorno do Centro Industrial Subaé (CIS) em Feira de Santana-BA por Lima (2009), detectaram metais pesados como cádmio (Cd) em concentrações acima do permitido para potabilidade pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 do Ministério do Meio Ambiente, em 30 pontos de coletas, num total de 35 poços. Estudos nas águas e sedimento das nascentes do rio Subaé (Nascente Pedro Suzart, Lagoa Salgada e Lagoa Subaé lado Norte e lado Sul) com 14 pontos de monitoramento realizado por Cruz (2012) e Silva (2012) detectaram contaminação por metais pesados (Cr, Zn, Mn, Ni, Cd, Cu e Pb), principalmente nos pontos próximos as indústrias de ramos da galvanoplastia e fabricação de pneus e da área urbanizada que não possui um sistema de esgotamento sanitário.

Pesquisas realizadas na região do alto da bacia do rio Subaé, que avaliaram parâmetros físico-químicos e biológicos, feitos por Adôrno (2011), nos mesmos pontos de monitoramento que Cruz (2012) e Silva (2012), constataram que dos parâmetros analisados e os valores disponíveis na legislação ambiental, estão comprometidas e deveriam estar inseridas em áreas mais protegidas (qualidades de água e proteção da vegetação ciliar), superando áreas com grandes degradações como as instalações industriais ou ainda áreas com atividade de exploração mineral (olarias).

Na mesma região do alto da bacia do rio Subaé, Nunes (2012) realizou estudos para determinar metais pesados (Mn, Cd, Cr, Cu, Pb) presentes no tecido muscular das espécies de peixes: *Astianax bimaculatus* (LINNAEUS, 1758), *Hoplias malabarcius* (BLOCH, 1974) e *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1757) presentes na Lagoa Salgada, Feira de Santana-BA (uma das nascentes do rio Subaé) e detectou que altas concentrações de Cu em *A.*

bimaculatus, *H. malabarcius*, e *O. niloticus*, com médias de 1.59 mg kg^{-1} , 1.89 mg kg^{-1} e 0.05 mg kg^{-1} respectivamente. O Pb foi encontrado, em todas as espécies analisadas, em concentrações acima do valor máximo para consumo humano segundo o Decreto Lei 55871/65/ANVISA 2009 ($13,8 \text{ mg kg}^{-1}$ em *A. bimaculatus*, $8,32 \text{ mg kg}^{-1}$ *H. malabarcius* e $15,9 \text{ mg kg}^{-1}$ em *O. niloticus*), o que oferece risco tanto aos organismos envolvidos na cadeia alimentar do ambiente como a população que reside e consome os peixes desta lagoa.

Por sua vez, Araújo (2012), avaliou a concentração de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) no tecido muscular da espécie de peixe *Awaous tajasica* (LICHENTENSTEIN, 1822), conhecido na região como peixe-flor, presente em um trecho do médio curso do rio Subaé – BA, próximo a comunidade Subaé, município de Oliveira dos Campinhos - Santo Amaro da Purificação - BA. Com exceção do Cd, todos os metais pesados analisados nos músculos dos peixes apresentaram concentrações acima dos valores legislados segundo o Decreto Lei 55871/65/ANVISA 2009. A concentração máxima de Pb encontrada por Araújo (2012) foi $12,08 \text{ mg kg}^{-1}$ entretanto, a legislação brasileira preconiza um valor máximo de tolerância de $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ deste elemento em produtos de pesca. Essa informação é de extrema importância uma vez que a região do presente estudo encontra-se, aproximadamente, a 3 Km da antiga Fábrica PLUMBUM, que contribuiu com o enriquecimento de Pb enquanto estava em atividade (1993) e, mesmo depois de desativada, suas escórias continuam presentes na região, seja como asfalto na cidade de Santo Amaro, seja como entulhos no terreno da fábrica. A autora concluiu que a presença de concentrações elevadas desses metais pesados, principalmente Pb e Zn nos organismos em questão, pode comprometer a integridade ambiental do ecossistema, oferecendo um potencial risco de contaminação, já que estes são consumido pela população humana da região, sugerindo que se realize estudos mais aprofundados sobre esses riscos e quais as fontes de distribuição desses contaminantes no rio Subaé.

Esse levantamento bibliográfico da região demonstra a necessidade de avaliar a qualidade da água deste rio depois da área de nascentes, bem como relacionar a influência da contaminação das nascentes e das atividades industriais, agropecuárias e extrativistas e a urbanização ao longo do seu curso. Esse contexto conduziu à avaliação da qualidade da água superficial ao longo do canal principal, com enfoque para o uso e ocupação do solo em toda bacia Subaé, qual se destacou atividade industrial, extrativista e agropecuária. Nas áreas onde as atividades potencialmente introdutoras de contaminantes se encontram instaladas, a avaliação da qualidade da água e sua relação com o uso e ocupação do solo

auxiliam o estabelecimento de diretrizes e normas para o controle de contaminação, além de fornecer subsídios para ordenar o uso do solo quanto à instalação de novas atividades.

Existe limite para a exploração dos recursos naturais, um dos temas de discussão do Rio +20 que aconteceu no Rio de Janeiro (Brasil) em 2012 e abordou que um dos maiores problemas relacionados à água é sua poluição, escassez e má gestão e estabeleceu metas para melhorar a qualidade da água relacionando a sustentabilidade da Terra com os aspectos sociais, culturais, ambientais e econômicos para obtenção de resultados satisfatórios na proteção, minimização e, mesmo, remediação à contaminação de corpos hídricos.

Dessa forma, a relevância desta pesquisa pode ser entendida enquanto perspectiva de contribuir para a prevenção, minimização e remediação de impactos sofridos pelos recursos hídricos superficiais, frente às mudanças ambientais decorrentes das modificações introduzidas pelas atividades antrópicas, quais tem exercido grande pressão sobre o ambiente e sua capacidade de resiliência.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência das interações antrópicas ao longo do rio Subaé, através da análise dos parâmetros físico, químicos e microbiológicos da água superficial.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analisar o teor de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) na água;
- ❖ Caracterizar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água;
- ❖ Gerar um mapa de uso e ocupação do solo na área de estudo;
- ❖ Identificar as áreas de riscos e impactos ambientais provenientes dos processos de uso e ocupação do solo;
- ❖ Analisar a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água;
- ❖ Complementar o banco de dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica com informações da bacia hidrográfica do rio Subaé e dados da qualidade da água nos pontos de monitoramento.

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BRS (Figura 01) se insere na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte, conforme a Resolução Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) nº 43/09. Limita-se ao norte com a Bacia do rio Pojuca; ao leste com a Bacia do rio Jacuípe, ao sul com as Bacias dos rios Joanes, Açu e a Baía de Todos os Santos; a oeste com a bacia do rio Paraguaçu. Sua nascente está localizada no município de Feira de Santana-BA, na comunidade de Vietña, rua Pedro Suzart., e a sua foz desemboca na Baía de Todos os Santos compreendendo os municípios de Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde.

A área de drenagem é de 655 km² com extensão de 55 km da bacia. A vazão média do rio Subaé é de 2,71 m³ s⁻¹. Os principais afluentes: margem direita - rios Sergi, Sergi Mirim, Pitanga ou Pitinga, rio da Serra e Piraúna (afluente do Sergi) e na margem esquerda – rio Subaezinho, rio Traripe, rio do Macaco (afluente do Traripe) e rio Canto do Muro. Os municípios que compõem esta bacia são: Feira de Santana, Humildes, São Gonçalo dos Campos, Amélia Rodrigues, Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde (INGÁ, 2009).

Os pontos analisados na pesquisa estão localizados entre o alto curso e baixo curso do rio Subaé, como apresenta a Figura 01.

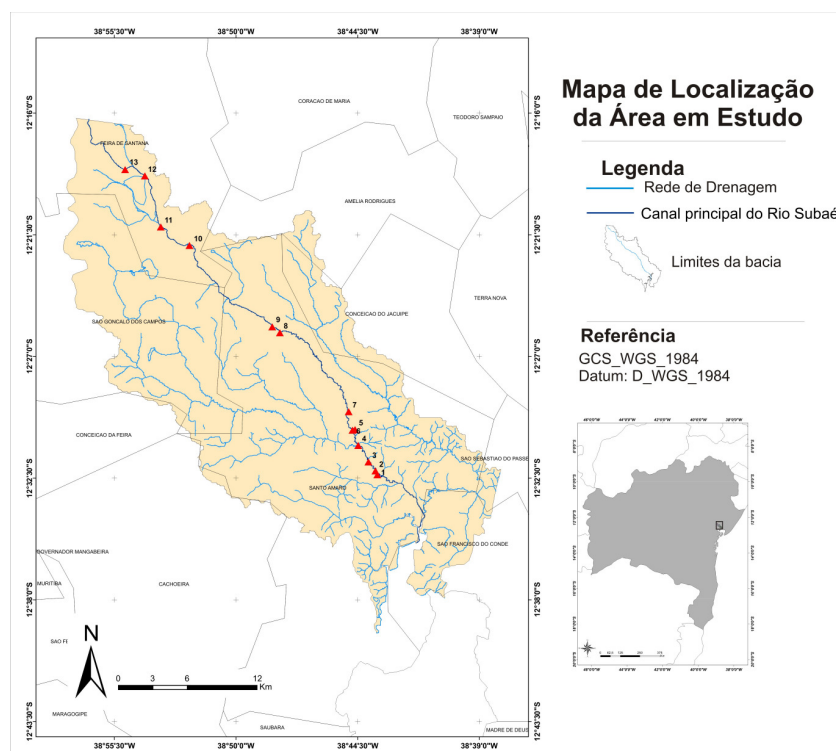


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo: Bacia do rio Subaé - BA e os pontos de coleta de água superficial. Fonte: Própria autora.

Regiões de difícil acesso, estão apresentados na Figura entre os pontos 7 e 8 e também entre os pontos 9 e 10. A primeira região é um vale encaixado com vegetação densa e o desenvolvimento dessa pesquisa não dispõe de logística adequada para acessá-lo, e a outra região, o ponto 9 para acessá-lo é pela BA 084 no município de Oliveira dos Campinhos e ponto 10 o acesso é pela BR 101, mas é preciso tomar a BR 324 e em seguida a BR 101.

Na Tabela 01, estão destacados os pontos de coleta especificando a localização geográfica largura e profundidade dos pontos de monitoramento.

Tabela 01. Pontos de coleta das amostras de água superficial, localização geográfica, largura e profundidade dos pontos de monitoramento correspondentes aos da Figura 01.

PONTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)	ALTITUDE (m)	LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (cm)	FIGURA
1	529672 8613856	13	5,1	46	02
2	529527 8614150	17	5,6	50	03
3	528926 8614888	19	9,6	60	04
4	528138 8616286	20	7,9	20	06
5	526542 8617390	25	10,0	52	08
6	526198 8617311	32	7,2	15	09
7	527156 8619656	45	6,1	28	10
8	521705 8625692	147	8,0	53	11
9	521084 8626184	161	6,3	30	12
10	514316 8632962	189	13,3	18	13
11	511971 8634476	196	1,0	20	14
12	510647 8638732	210	12,2	54	15
13	509060 8639300	215	4,7	20	16

Segue as fotos dos pontos de amostragem escolhidos no presente estudo, conforme a numeração da tabela 01.



Figura 02. Ponto 1, localiza-se atrás do posto de combustível Posto Quatro Rodas, na cidade de Santo Amaro da Purificação - BA e em frente antiga fábrica de escórias-chumbo A COBRAC-PLUMBUM.



Figura 03. Ponto 2, localiza-se A 1000 metros do posto de combustível Posto Quatro Rodas, às margens da BA 084.



Figura 04. Ponto 3, localiza-se embaixo de uma ponte de concreto que fica sobre o rio Subaé na entrada da cidade de Santo Amaro da Purificação para quem a acessa pela BA 084 (Figura 05).



Figura 05. Atual ponte sobre ponto 3 e as régua de nível.



Figura 06: A - Ponto 4 e a ponte sobre ele que dá acesso a comunidade Subaé. B- Sobre a ponte, utilização da água pelos moradores da comunidade Subaé para lavar utensílios domésticos.



Figura 07: Bomba de captação da água do rio Subaé no Ponto 4 pela indústria Penha Embalagens situada às margens do rio.



Figura 08: Ponto 5, localizado na região do vale da Bacia do rio Subaé.



Figura 09: Ponto 6, a mata ciliar está sendo devastada e substituída por bambus, sendo marcante a extração de argila e bambu.



Figura 10: Ponto 7, localiza-se entre a comunidade Canoa e Oliveira dos Campinhos.



A



B

Figura 11: A. Ponto 8, localiza-se antes da comunidade de Nova Conquista (sentido Norte-Sul), às margens da BA 084, apresenta vegetação densa, com muitas samambaias, mamoneiras, presença de alguns carros queimados (B), lixo doméstico queimado e fezes humana às suas margens.



Figura 12: A. Ponto 9 localiza-se no município de Oliveira dos Campinhos, apresenta fazendas ao redor e uma cachoeira bem próxima (Cachoeira do Urubu), ponto turístico do local. B. Clínica de ruminantes localizada às margens da BA 084, qual permite acesso ao ponto 9.



Figura 13: A e B- Ponto 10, localiza-se debaixo de uma ponte entre a entrada do município de Humildes e a empresa de papel Sapelba LTDA, via BR101.



Figura 14: A. Corresponde ao ponto 11, localiza-se entre o município de Humildes e o bairro Limoeiro (Feira de Santana-BA), o córrego do rio está quase todo coberto de macrófitas, possui bastante plantação de hortaliças (B) no seu entorno casas habitadas e próximo a uma vasta plantação de Eucalipto (C).



Figura 15: Ponto 12 localiza-se nas margens da estrada que liga os distritos de Humildes e Terra Dura, ambos pertencentes ao município de Feira de Santana-BA.



Figura 16: Ponto 13, a jusante da Estação de Tratamento de Água, entre os bairros do Limoeiro e Aviário da cidade de Feira de Santana-BA.

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Christofidis (2002) interpreta que as interações entre os vários usos da água com os demais recursos naturais, ocorrem no âmbito da bacia hidrográfica, onde terão de ser compatibilizadas as demandas de água com as diversas atividades econômicas, o consumo humano e a proteção dos ecossistemas.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade de análise, decorre do fato desta ser uma das referências espaciais mais utilizadas nos estudos ambientais, bem como subsidiar a elaboração de normas legais para gestão e planejamento territorial e ambiental (RODRIGUES E ADAMI, 2005).

Também, por ser instituída como unidade territorial para gestão dos recursos hídricos pela Lei Federal 9.433/97, ampliando a adoção da bacia hidrográfica com intuito de conservação de recursos naturais. Este espaço físico, de acordo com Pires *et al.* (2005), possibilita a realização de diagnósticos, levantamento das potencialidades econômicas, da produtividade biológica, para melhor explorar seus recursos, minimizando impactos negativos.

A bacia hidrográfica pode ser vista como unidade de análise natural do espaço geográfico e apresenta limites bem definidos facilitando a caracterização dos objetos no espaço e no tempo. Possui fitogeografia própria, visto que conjuga em seu interior elementos inter-relacionáveis, sendo um campo promissor para o desenvolvimento de modelos de gestão ambiental com visão integradora do espaço natural e sócio-econômico.

A precipitação é distribuída na superfície terrestre regulada pela litologia, solos, morfologia, cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. Torna-se fácil de perceber as interações que ocorrem no sistema, não apenas em relação aos elementos naturais, mas, também sociais. Há interdependência entre as atividades humanas e os recursos naturais, resultando em um conjunto negativo ou positivo de transformações. Essa capacidade de interferência aumenta com o avanço técnico-científico intensificando ou minimizando seus impactos.

A escolha da bacia apóia-se no fato de haver interligação entre os processos que se estabelecem em superfície e subsuperfície. Concebe-se, pois, que as intervenções que ocasionam mudanças na cobertura do solo acabem por exercer influência sobre a quantidade e qualidade da água.

Como tendência, cada vez mais são criados instrumentos legais que regulam as intervenções antrópicas no espaço geográfico. Visto que a busca pela conciliação entre as atividades econômicas e a preservação ambiental direciona as políticas de gestão territorial, especificamente a gestão ambiental.

Desta maneira, no Brasil o arcabouço legal norteia decisões econômicas, apresentando diretrizes para a gestão nas diferentes esferas do poder público e privado. Como, por exemplo, a promulgação dos Códigos Florestal, Código das Águas e Minas, de Pesca, criação de instituições como a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além da criação de parques nacionais e estaduais e unidades de conservação, dentre outros (CUNHA e COELHO, 2007).

No entanto, o direcionamento aos recursos hídricos pode ser notado como de maior intensidade a partir de 1990, com a criação do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Amazônia Legal, do Sistema Nacional das Águas, formulação de normas legais específicas para recursos hídricos e fomento a práticas de educação ambiental. Assim, ao final desta década o Brasil possuía uma das estruturas legais de gestão das águas mais modernas do mundo (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

Assim como também, a Política Estadual de Recursos Hídricos Estadual, Lei nº 11.612 de 08/10/09, estabelece como uma de suas diretrizes “o desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas superficiais e subterrâneas contra a poluição e a exploração excessiva ou não controlada, atribuindo competência ao Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), atual Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), órgão gestor dos recursos hídricos, o controle e o uso da água e exercício da “correção de atividades degradantes dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos”.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), dentre outras competências, é responsável pela aprovação de medidas estabelecidas para a proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. No entanto, é necessário frisar que a proteção de tais recursos encontra-se estreitamente relacionada com as atividades econômicas instaladas, conectando a gestão dos recursos hídricos à política ambiental.

A adoção de uma metodologia estruturada para a locação de pontos de monitoramento torna-se necessária, pelas características dinâmicas dos diversos empreendimentos e usos associados ao recurso hídrico e em se tratando dos conflitos de uso dos recursos hídricos e os impactos gerados a partir dos usos múltiplos. Tundisi *et al.* (2006) afirma que:

A qualidade das águas superficiais, subterrâneas e da biota aquática no Brasil está submetida a um conjunto de impactos de origem antropogênica derivados dos efeitos diretos e indiretos dos usos múltiplos das bacias hidrográficas, com conseqüências de curto e longo prazo, com condições de alterar substancialmente a biota aquática e os fluxos entre os compartimentos e produzir, em alguns casos, degradações irreversíveis no sistema.

Desta maneira, na área de estudo, autores como Araújo *et al.* (2008), discutiram a importância das bacias hidrográficas como unidades de recuperação de áreas degradadas, uma vez que os danos ambientais que ocorrem na superfície terrestre situam-se, via de regra, em áreas de bacias hidrográficas.

Assim, a BRS constitui-se numa bacia que recebe influência de várias atividades antrópicas como crescimento urbano, desmatamentos para implantação de agroindústrias e atividades agropecuárias e às indústrias instaladas no CIS e ao longo da BR 324 sentido Salvador, com diversas atividades, em ramos como químicos, materiais elétricos e de transportes, eletrodomésticos, bebidas, alimentos, vestuário, calçados e artefatos de tecidos, metalurgia, papel, papelão e embalagem, dos quais muitos são lançados na BRS fica evidente sua vulnerabilidade às ações antrópicas (SANTOS, 2012).

2.2 ÁGUA: RECURSO HÍDRICO

Conforme Vianna (2006) e Rebouças (2002) há uma diferenciação entre os termos “água” e “recursos hídricos”. Para os autores, o termo água refere-se em regra geral, ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização econômica. Já o termo recurso hídrico, considera a água como bem econômico passível de utilização para diversos fins.

Assim, O termo água refere-se, em geral, ao recurso natural, desvinculado de qualquer uso. Todo recurso hídrico é água, mas nem toda água é recurso hídrico; nem sempre seu uso possui viabilidade econômica.

Percebe-se que uma variedade de atividades e uso do solo expõe as águas superficiais ao perigo da contaminação, como resíduos sólidos de diversas origens, efluentes industriais, infiltração de cargas contaminantes em área industrial e rural, vazamentos em tanques de armazenagem, efluentes sanitários provenientes de fossas e vazamentos de esgoto, lagoas de águas residuárias e a intensificação do uso agrícola do solo.

Assim, a inserção de substâncias, além do permitido nos padrões de qualidade da água, pode torná-la inadequada para o consumo humano ou para outros usos e este processo, em muitos casos, ocorre em longo prazo, passando despercebido, até mesmo ignorado, por não causar danos imediatamente visíveis, exceto quando ocorrem grandes desastres ambientais.

É preciso ter clareza de que, embora a própria natureza possua mecanismos de depuração, estes ainda são limitados frente aos excessos humanos. Visto que, as águas de muitos cursos hídricos, antes consideradas inalteráveis, chegaram ao seu limite de resiliência, a capacidade de um ecossistema voltar às condições originais ou situação estável depois de um evento desestabilizador, em que não poderão se recompor de forma natural. Tentar controlar todas as atividades potencialmente poluentes, estudar em detalhe os casos de contaminação ou mesmo remediar as áreas degradadas, é uma necessidade urgente para um programa efetivo e sistemático de proteção dos recursos hídricos (AZEVEDO & MONTEIRO, 2004).

De acordo com Von Sperling (1996), o recurso hídrico é um bem de necessidade primária para manutenção da vida e a existência da água é essencial para a continuidade da vida em todo o planeta, bem como para o desenvolvimento de grande parte das atividades realizadas pelo homem, sejam elas urbanas, industriais ou agropecuárias. Com efeito, em razão de uma série de propriedades físicas, químicas e físico-químicas que lhe são peculiares, a água pode ser considerada o bem mais caro e precioso oferecido pela natureza.

Em virtude de sua utilidade, a água é considerada um recurso finito, escasso e dotado de valor econômico, sendo que por ser tão importante, chega a definir o desenvolvimento que uma região, país ou sociedade pode alcançar. A inter-relação entre o uso da água e a qualidade requerida para a mesma é direta. No entanto, deve-se lembrar que diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos para os mesmos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade.

Segundo Lima (2009), vários são os reservatórios de água que circulam no planeta Terra. Os oceanos, por exemplo, abrigam 97% da água, e os 3% restantes estão contidas nos continentes, distribuídas em vários reservatórios. Dentre os reservatórios continentais as geleiras possuem o maior percentual, aproximadamente 2,4%. As águas subterrâneas possuem 0,5% das águas continentais, sobrando cerca de 0,1% para lagos, água de solo, o vapor contido na atmosfera e os rios. No entanto, a maior demanda de água é aquela classificada como doce, para suprir as necessidades do desenvolvimento econômico e bem-estar social.

Em se tratando de “águas doces”, as bacias hidrográficas aparecem como unidade de gestão, na qual se estabelecem os usos múltiplos, que podem vir a interferir na qualidade das águas, como o acelerado crescimento urbano e industrial. Para caracterizar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros físico-químicos (entre eles o teor de metais pesados) e biológicos, sendo que a quantificação das concentrações de metais pesados pode determinar o grau de contaminação e os processos geoquímicos que podem estar surgindo pela presença destes tóxicos (COSTA, 2002).

Os parâmetros físico-químicos se constituem enquanto indicadores da qualidade da água e representam impurezas e/ou poluição e contaminação quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. O sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras norteia-se pelos pressupostos e instrumentos das políticas nacionais de meio ambiente e de recursos hídricos, regulamentadas por legislações, como a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357 de 25 de março de 2005 (BRASIL, 2005), complementada pela resolução 430/11, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais.

De acordo com Merten e Minella (2002), o comprometimento da qualidade da água está diretamente relacionado ao aporte de materiais que podem receber dos ecossistemas adjacentes, oriundos de diferentes fontes tais como: efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos, por exemplo, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. Os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais. Entretanto, a maior parte da contaminação resulta de atividades agrícolas, urbanas e industriais em grande escala, sendo que a degradação dos ambientes aquáticos e do solo por metais pesados está mais relacionada ao aumento desenfreado do setor industrial.

Segundo o Prodetur (2000), o Subaé apresenta problemas ambientais desde a sua nascente até a sua foz, decorrentes do lançamento de efluentes domésticos e industriais.

Na região da nascente, o rio Subaé recebe contribuições provenientes do CIS e de povoados, que não possuem sistema de esgotamento sanitário adequado.

2.2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A água potável é um elemento essencial para manutenção da vida na Terra em todas as suas esferas e em especial ao ser humano, principalmente no que tange ao abastecimento para consumo, desenvolvimento das atividades agrícolas e industriais e à vida dos animais e vegetais. Contudo é um recurso vulnerável às modificações no ambiente por onde percolam ou são armazenadas, devido aos diferentes usos e ocupações dados, principalmente, pelas ações antrópicas (REBOUÇAS, 2006).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2003), a água é um insumo indispensável à produção e caracteriza-se como um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ou seja, várias atividades dependem da água: a navegação, o turismo, a indústria, a agricultura e a geração de energia elétrica.

Todavia, constatou-se no decorrer dos séculos, uma crescente exploração e ampliação no desperdício da água, sem haver contrapartida no planejamento e gerenciamento de seu uso. O aumento da população mundial, a poluição provocada pelas atividades humanas, o consumo excessivo e o alto grau de desperdício de água contribuíram para reduzir ainda mais a disponibilidade desse recurso ambiental para o consumo humano (SANTOS, 2003); tornando a água um recurso estratégico, de uso e interesse coletivo.

A noção clássica de contaminação das águas, e de sua avaliação, envolve a determinação da presença e da concentração de substâncias potencialmente nocivas, baseada na identificação de poluentes específicos em pontos amostrais determinados, por meio de análises físicas, químicas e biológicas.

Para Barbour *et al.* (1995), uma avaliação criteriosa da qualidade das águas requer, portanto, uma estrutura metodológica que seja capaz de integrar variáveis representativas dos processos alteradores das suas condições estruturais, bem como das respostas à ação dos estímulos externos, que podem variar, em escala do nível individual ao ecossistêmico. As abordagens baseadas em uma visão sistêmica da realidade têm procurado integrar aspectos físicos, químicos e biológicos, estabelecendo métodos de investigação que combinem variáveis de causa e efeito através de estruturas multimétricas.

Estudos realizados por Wilhem e Dorris (1968) demonstraram que os aspectos físicos, químicos e biológicos são diferenciados, mas profundamente interconectados. Alterações em um aspecto produzem efeitos nos outros. Por esta razão, esses autores indicam que os

métodos de avaliação devem ser complementares e largamente empregados para avaliar a qualidade das águas naturais.

A exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm 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), a conservação da água não pode ser conseguida independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

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 observados através de dados de qualidade de água.

A temperatura é a medição da intensidade de calor e influencia 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, potencial hidrogeniônico, por exemplo, reflete o tipo de solo por onde a água percorre, ou ainda, em lagoas com grande população de algas, pois representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. 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 (VON SPERLING, 2007). 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, pois é a medida resultante da aplicação de uma dada força elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de sais presentes em uma solução. Devido à facilidade e rapidez de determinação da condutividade elétrica, este se tornou um parâmetro padrão para expressar a concentração total de sais para classificação de solos e das águas destinadas à irrigação (BERNARDO, 1995). Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. No entanto, não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas podem contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos. 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. Segundo Von Sperling (2007) é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos, constituindo-se de fundamental importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. 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 2005, em caso de rios 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 $> 5,0 \text{ mg L}^{-1}$.

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. 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, como aumento de turbidez da água.

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 resultam 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).

Por fim, Schumacher & Hoppe (1998) citam 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 mostra como a preservação da mata ciliar é importante tanto para a qualidade da água quanto para a não ocorrência dos impactos ambientais.

2.3 GEOQUÍMICA DOS METAIS PESADOS EM AMBIENTE FLUVIAL

Segundo Vaconcelos & Gomes (1995), Geoquímica é a ciência que estuda de forma qualitativa e quantitativa as geosferas internas (núcleo e manto) e externas (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) que formam a Terra, e as leis que controlam a distribuição dos elementos químicos e seus isótopos em cada uma dessas partes e entre elas. Dessa forma, é responsável por determinar a abundância absoluta e relativa dos elementos e suas espécies químicas nos diferentes sistemas naturais da Terra e estudar a distribuição e migração dos elementos nas diferentes partes que compõem a Terra (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera), com o objetivo de obter informação sobre os princípios que governam a migração e distribuição dos elementos (entre os diferentes sistemas naturais).

Sendo que, a Geoquímica Ambiental por sua vez, dedica-se ao estudo da distribuição e migração de elementos químicos e de compostos inorgânicos e orgânicos naturais e

artificiais potencialmente nocivos ao meio ambiente e ao homem, sendo que suas linhas de investigação nessa área são: Geoquímica de contaminação de águas; Geoquímica de contaminação de solos e sedimentos. Em tais estudos, ganha-se grande importância a contribuição da Geoquímica, uma vez que os constituintes químicos do meio, sobretudo da água, quando em quantidades anômalas, podem trazer sérios prejuízos à saúde humana e animal.

Existem cerca de vinte elementos considerados tóxicos para a saúde dos humanos incluindo Hg, Cd, Pb, As, Mn, Tl, Cr, Ni, Se, Te, Sb, Be, Co, Mo, Sn, W e V. Destes, os dez primeiros são os de maior utilização industrial e, por isso mesmo, são os mais estudados do ponto de vista toxicológico. Tais elementos reagem com ligantes difusores, 45 macromoléculas e com ligantes presentes em membranas o que, muitas vezes, lhes conferem as propriedades de bioacumulação, biomagnificação na cadeia alimentar, persistência no ambiente e distúrbios nos processos metabólicos dos seres vivos. As bioacumulações e biomagnificações se encarregam de transformar concentrações consideradas normais em concentrações tóxicas para as diferentes espécies da biota e para o homem. A persistência garante os efeitos ao longo do tempo ou de longo prazo, mesmo depois de interrompidas as emissões (TAVARES & CARVALHO, 1992).

Os metais são elementos que ocorrem naturalmente no ambiente. Muitos exercem funções fisiológicas em plantas, animais, microrganismos, sendo considerados, portanto, essenciais. Entretanto, quando suas concentrações são elevadas, causam danos ao ambiente. Ao entrar na cadeia alimentar e serem absorvidos pelo homem são responsáveis por diversas doenças, destacando mal de Minamata e a doença de Nigata no Japão, o caso do chumbo da cidade de Santo Amaro da Purificação – BA, câncer de diversas formas, etc. Visto que, os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos, por serem absolutamente não-degradáveis, de maneira que podem se acumular nos componentes do ambiente onde manifestam sua toxicidade (BARD, 2002).

Por causa disso, são conhecidos como metais pesados, metais tóxicos, entre outros. O acúmulo de metais pesados no solo ou na água tem sido um grande problema por seu potencial contaminante visto que, através da cadeia ecológica podem atingir o homem causando diversas patologias. Uma vez que nas plantas e no organismo dos animais (incluindo o ser humano) entra em contato com a água ou alimento contaminado, ele bioacumula, causando uma série de efeitos biológicos. Visto que os organismos aquáticos tendem a acumular metais pesados e contaminantes orgânicos em seus tecidos, mesmo quando a água possui níveis desses compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, há grandes riscos de contaminação dentro da cadeia trófica. No caso de

peixes, a ingestão de alimentos e água é a rota principal de entrada de contaminantes nesses organismos. Animais filtradores como os mexilhões, filtram vários litros de água por hora, e conseqüentemente podem concentrar de 10 a 10^5 vezes vários contaminantes em seus tecidos, com relação à água do mar (WIDDOWS, 1992).

Segundo Lacerda (1998), os metais pesados podem ser encontrados como material em suspensão em águas estuarinas, ligados a sólidos inorgânicos, sólidos orgânicos e microorganismos ou, como material dissolvido, apresentando reação com a água. As concentrações de metais pesados podem proceder de vários aportes: pelo intemperismo das rochas e fragmentos de rochas em leitos de rios; pela precipitação ou solubilização de substâncias adsorvidas e conseqüentes mudanças das características físico-químicas das águas; originados de resíduos biológicos e produtos de decomposição de substâncias orgânicas, de conchas calcárias e silicosas; a precipitação atmosférica próxima às áreas urbanas e industriais e decorrentes de processos de descargas dos dejetos urbano - industriais.

No entanto, as principais causas da alta da alta concentração de metais pesados nas águas naturais são oriundas dos lançamentos de efluentes industriais tais como os gerados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias, que se espalham em grande número nas periferias das grandes cidades. Além destas, os metais pesados podem ainda estar presentes em efluentes de indústrias químicas, como as de formulação de compostos orgânicos e de elementos e compostos inorgânicos, indústrias de couros, peles e produtos similares, indústrias do ferro e do aço, lavanderias e indústria de petróleo. Os metais pesados constituem contaminantes químicos nas águas, pois em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde (CETESB, 2006).

Em março de 2009, o poder público, representado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) definiu metas para a despoluição do rio Subaé. Entretanto, a vida útil dos metais pesados (que serão objeto de estudo nesta pesquisa) no ambiente aquático pode variar de dias a dezenas de anos, a depender das condições físico-químicas deste ambiente. De acordo com um levantamento feito pelo Instituto Ingá na Bacia do rio Subaé, a contaminação se dá por meio de descarga de efluentes urbanos, os quais contém principalmente Cr, Cu, Pb, Zn, Mn e N; indústrias de beneficiamento de ferro e aço que geram como resíduos Cr e Zn; queima de combustíveis fósseis quais contém Cu, Ni e Pb; fertilizantes (Cu, Fe, Mn, Ni e Zn) e depósitos de lixo industrial (Zn, Mn e Pb), os quais se somam às concentrações desses metais pesados que se encontram naturalmente na natureza.

2.4 VUNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRAFICA DO SUBAÉ

Conforme Franca-Rocha *et al.* (1998) é possível definir que as nascentes do rio Subaé, são do tipo aquífero confinado, com o aspecto de lagoa, já que forma parte do manancial subterrâneo que aflora na superfície terrestre e se encontra entre duas camadas impermeáveis de material sólido. As nascentes do rio Subaé situam-se entre uma zona úmida e o Semi-árido, apresentando clima é Semi-árido é caracterizado pela insuficiência de precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação. A região possui uma estação chuvosa curta com dois a cinco meses de chuva sendo que há uma temporalidade de água nessas lagoas, com dependência da chuva para sua alimentação. Por conseguinte, as lagoas se dão em áreas consideradas periféricas e segundo o relatório técnico do Centro de Recursos Ambientais (CRA), 1998, na região da nascente, o rio recebe contribuições provenientes do Centro Industrial do Subaé (CIS) e de assentamentos urbanos, sem sistema de esgotamento sanitário adequado.

No alto curso, o rio recebe contribuição das indústrias de papel, processamento de mamona, milho e soja, horto florestal e matadouros. As altas taxas de urbanização estão provocando destruição das matas ciliares ao longo do curso do rio Subaé ocasionando assoreamento, erosão das suas margens e destruição de manguezais, principalmente na periferia das zonas urbanas das cidades de Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde.

O município de Santo Amaro da Purificação – Bahia, Brasil, localizado a 72 km de Salvador, foi palco de intensa atividade de extração metalúrgica de chumbo entre os anos de 1956 e 1993, quando a PLUMBUM- Mineração e Metalurgia Ltda produziu entre 11.000 e 32.000 toneladas de chumbo por ano e gerou um passivo ambiental que vem sendo estudado desde a década de 70. Resíduos típicos desta atividade constituem-se principalmente de óxidos de Si, Ca, Fe, Zn, Pb e S, contendo traços de Cd, As, Sb, Co e Cr (MACHADO *et al.*, 2003).

Santo Amaro da Purificação está inserido no território de identidade do Recôncavo, apresenta uma unidade de conservação o Monumento Natural dos Canions do Subaé e está inserido na APA (Área de Proteção Ambiental) da Baía de Todos os Santos. Segundo dados do Protocolo do rio Subaé, a ocupação econômica da BRS teve início nos séculos XVI e XVII após a extração da madeira de lei nos municípios do recôncavo norte. Com a escassez deste recurso vegetal por causa do extrativismo, novos ciclos predatórios começaram como desmatamentos desordenados para instalação da agroindústria canvieira, seguida da pecuária, atividades essas que têm causado, até os dias atuais, impactos ambientais nas nascentes, lagoas, riachos e rios da bacia hidrográfica do rio Subaé e seu entorno.

Na sede do município, a contaminação por metais pesados, destacando-se o chumbo, contribuiu para tornar o leito do rio totalmente degradado. A proximidade com as águas do Subaé e, conseqüentemente, com áreas bastante povoadas, impôs a população o contato com material tóxico através da contaminação atmosférica provocada pela emissão de gases poluentes. Além da poluição atmosférica, as atividades da beneficiadora causaram degradação ambiental também em outros recursos como o solo e a água. (ANJOS, 2003; SILVA *et al.*, 2003; TAVARES, 1992; MACHADO, 2004).

No ano de 1956, a empresa COBRAC se instalou na cidade de Santo Amaro da Purificação e iniciou o processo industrial de produção de lingotes de chumbo. Entretanto, as escórias resultantes deste processo foram depositadas de maneira inadequada, a céu aberto e sem tratamento prévio. Com o encerramento das atividades em 1994, a PLUMBUM Mineradora e Metalurgia Ltda (antiga COBRAC), foi obrigada a reunir e soterrar seus dejetos em um vale, o que fez sem as devidas medidas de proteção para "Instalações de Estocagem e Disposição de Resíduos Perigosos" (ANJOS, 2003; CARVALHO *et al.*, 2003).

Desta forma, os resíduos da PLUMBUM foram dispostos em terrenos sem que as medidas de proteção cabíveis fossem tomadas, o que, com a ação do intemperismo e lixiviação, ocasionou a contaminação dos solos e das águas na área de depósito, assim como do rio Subaé que margeia a área industrial da PLUMBUM. Assim, a desativação deste empreendimento industrial resultou em graves danos ambientais, como contaminação e degradação ambiental, com forte impacto na saúde pública, na economia local e no meio ambiente (PORTELLA *et al.*, 2009).

Deve-se ressaltar que um dos pontos de monitoramento dessa dissertação localiza-se em frente a antiga fábrica PLUMBUM como forma de verificar qual o grau de contaminação no local hoje e comparar com os possíveis contaminantes que chegam ao local oriundos das nascentes, do alto e médio curso do rio Subaé.

CAPÍTULO 1 ANÁLISE AMBIENTAL

Resumo- A bacia do rio Subaé (BRS) apresenta sérios impactos ambientais nos seus principais cursos d'água, decorrentes do despejo de efluentes domésticos e industriais, que reflete nas condições de qualidade dos corpos d'água. Os municípios que compõem esta bacia são: Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Amélia Rodrigues, Santo Amaro da Purificação e São Francisco do Conde, sendo que a nascente do rio Subaé está localizada em Feira de Santana-BA e sua foz desemboca na Baía de Todos os Santos. O presente estudo teve como objetivo realizar análises ambientais na bacia do rio Subaé através da confecção do mapa de uso e ocupação do solo no entorno da supracitada bacia. O mapa de uso e ocupação do solo foi gerado a partir da imagem do satélite RapidEye, ano de passagem 2010, adquirida junto ao INEMA em 2011, aliado com os levantamentos de campo e através dos softwares ArcGis 9.3, Global Mapper 11 e Envi 4.0. Através de uma adaptação da metodologia do Manual de Uso das Terras do IBGE e observação em campo, foram identificadas cinco classes principais: área urbana, corpos d'água, solo exposto, vegetação e agropecuária, das quais a agropecuária corresponde a 77,6% de toda área da bacia, margeando o rio principal desde sua nascente até a sua foz. Os resultados permitiram um melhor conhecimento da real situação dessa importante e estratégica região industrial do estado da Bahia, além de servir como subsídio para implementação de ações que visem o uso racional dos recursos hídricos da referida bacia, visto que a qualidade natural das águas superficiais do rio Subaé está potencialmente comprometida em função da urbanização, destacando-se intenso processo de assoreamento, resultante do uso e ocupação do solo de forma desordenada e não planejada.

Palavras-Chave: Uso e ocupação do Solo, Geotecnologias, Bacia do rio Subaé, Qualidade da água.

Abstract- The Subaé river basin (RBS) presents serious environmental impacts in its main watercourses, resulting from dumping of domestic and industrial effluents, which reflects the quality conditions of water bodies. The municipalities that make up this basin are: Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Amelia Rodrigues, Santo Amaro City and São Francisco do Conde, and the source of the river is located in Subaé Feira de Santana-BA and its mouth opens into bay of All Saints. The present study aimed to conduct environmental analyzes in the river basin Subaé through the making of the statement of use and occupation of land surrounding the basin above. Use map and land use was generated from the RapidEye satellite image, passing year 2010, purchased from the INEMA in 2011, combined with field surveys and through the software ArcGis 9.3, Global Mapper 11 and Envi 4.0. Through an adaptation of the methodology of the Land Use Manual IBGE and field observation, we identified five main classes: urban area, water bodies, exposed soil, vegetation and agriculture, of which agriculture accounts for 77.6% the whole basin area, bordering the main river from its source to its mouth. The results allow a better understanding of the real situation of this important and strategic industrial region of Bahia, besides serving as support for implementation of actions aimed at the rational use of water resources of the basin, whereas the natural quality of surface waters of the Subaé river is potentially compromised due to urbanization, highlighting intense process of siltation resulting from use and land cover in a disorderly fashion and unplanned.

Keywords: Land use and occupation of, Geotechnology, Subaé River Basin, Water quality.

INTRODUÇÃO

Um dos momentos mais importantes da ação do homem como agente modificador do espaço é aquele no qual deixa de ser nômade e descobre que pode usar a terra para o seu sustento, marcando definitivamente, o seu papel como agente transformador, sendo o solo como recurso mais utilizado pela sociedade é o pilar de apoio em grande parte das atividades humanas. Diante das mudanças ocorridas com o uso acelerado do solo e a preocupação cada vez mais crescente com os impactos provocados por este uso, hoje o homem, através das tecnologias, passa a construir importantes ferramentas de análise desses impactos, que a exemplo dos satélites e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), auxiliam no mapeamento e monitoramento do meio natural e das ações humanas sobre o espaço (ARAÚJO, 2008).

A intensa pressão que os recursos naturais vêm sofrendo, em consequência, principalmente, do crescimento populacional e econômico, impulsiona o desenvolvimento de pesquisas que subsidiem os instrumentos de gestão para adequado controle e proteção dos sistemas ambientais. A importância da análise do uso e da ocupação do solo em estudos de caracterização ambiental justifica-se principalmente pela necessidade da identificação de fontes ou potenciais fontes de alterações do ambiente, advindas das atividades humanas (DEÁK, 2001).

Na Bacia do rio Subaé (BRS) os impactos ambientais tornam-se cada vez mais preocupantes, principalmente no tocante aos recursos hídricos, uma vez que é notória a necessidade constante da água para o consumo doméstico, bem como para o desenvolvimento do setor industrial e produtivo, agricultura e para atividade de pesca e mariscagem das populações ribeirinhas que se alimentam e vendem esses produtos na beira das estradas e feiras livres da região. Pesquisas realizadas por Lima (2009) na água subterrânea no entorno do CIS de Feira de Santana-BA (região de nascentes do rio Subaé), por Adorno (2012) na água superficial das nascentes do rio Subaé e por Cruz (2012) nos sedimentos das nascentes do rio Subaé apontaram que dos impactos ambientais na área de estudo, destaca-se a presença de metais pesados em altas concentrações. Estudos realizados por Nunes (2012), detectou concentrações de metais pesados (Mn, Cd, Cr, Cu, Pb) acima do valor máximo para consumo humano presentes no tecido muscular das espécies de peixes: *Astianax bimaculatus* (conhecido na região como lambari), *Hoplias malabarcius* (conhecido na região como traíra) e *Oreochromis niloticus* (conhecido na região como tilápia) presentes nas nascentes do rio Subaé. Araújo (2012), avaliou a concentração de mp (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) no tecido muscular da espécie de peixe *Awaous tajasica* (Lichtenstein, 1822), presente em no médio curso do rio Subaé e constatou que, exceto o

Cd, os espécimes de peixes coletados no rio Subaé apresentaram concentração de todos os metais avaliados.

Percebe-se a necessidade de realizar a análise ambiental na área da bacia do rio Subaé e sua relação com a influência das atividades ligadas ao uso e cobertura do solo, quais se constituem hoje como um dos grandes desafios para os órgãos ambientais. Segundo Silva (2000), a análise de diversas situações ambientais, como situação de risco, potenciais de uso, necessidade de proteção, zoneamento ambiental entre outras, permite caracterizar um ambiente de uma forma diretamente voltada para a utilização racional dos recursos físicos, bióticos e sócio-econômicos nele disponíveis.

Neste contexto, a análise ambiental, principalmente com o gerenciamento do uso e ocupação do solo do ambiente como um todo coloca-se como instrumento subsidiário a tomada de decisões. Assim, a relevância desta pesquisa pode ser entendida enquanto perspectiva de contribuir para o diagnóstico, a prevenção, minimização e remediação de impactos sofridos pelos recursos hídricos superficiais, frente às mudanças ambientais decorrentes das modificações introduzidas pela atividade agrícola, despejos industriais, ocupação urbana e as fragilidades naturais do ambiente.

A utilização dos mapas temáticos gerados a partir dessa pesquisa permitirá a continuidade das ações para a obtenção de um diagnóstico ambiental através da avaliação qualitativa e quantitativa, contínua e/ou periódica, da presença de poluentes no meio ambiente com as recomendações de intervenção buscando assegurar o desenvolvimento sustentável da região.

METODOLOGIA

O trabalho consistiu na aplicação de técnicas de sensoriamento remoto através do uso de imagem de satélite do estado da Bahia, Brasil, extraindo informações de interesse ambiental nos aspectos de cobertura vegetal, rede hidrográfica, malha viária, altimetria, localização de atividades agropecuárias e industriais; com o objetivo de delimitar a bacia do rio Subaé e definir pontos de monitoramento ambiental através de coletas para análise geoquímica da água e compor um banco de dados com informações geográficas em ambiente de Sistema de Informação Geográficas.

A imagem utilizada foi do satélite RapidEye, em 2010, adquirida junto a INEMA em 2011. A componente espacial do sistema RapidEye é formada por cinco satélites de Sensoriamento Remoto, idênticos e posicionados em órbita síncrona com o Sol, com igual espaçamento entre cada satélite. A resolução espacial original de cada banda é de 6

metros, e após a ortorretificação as bandas são reamostradas para uma resolução de 5m, resultando em imagens corrigidas com precisão de detalhes compatível com escala de 1:25000.

A partir da análise da imagem de satélite, aliada com os levantamentos de campo, foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo da BRS (Figura 20), através de técnicas de PDI (Processamento Digital de Imagem) e dos softwares ArcGis 9,3, Global Mapper 11 e Envi 4.0.

Em relação à metodologia adotada para definir as classes predominantes do mapa de uso e ocupação do solo na bacia do rio Subaé teve como apoio o Manual Técnico de Uso e Ocupação da Terra do IBGE (BRASIL, 2006), que define o uso do solo como práticas exercidas pela sociedade a partir da cobertura existente, com o propósito de ocupar e manipular uma extensão de terras ou até mesmo um ecossistema. Logo, é a atividade antrópica que se destaca e se relaciona de forma direta sobre o solo. E do Manual Técnico de Vegetação Brasileira (BRASIL, 1992), que propõe a classificação da vegetação favorecendo o reconhecimento e caracterização de espécies nativa que compõe a região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de uma adaptação da metodologia do Manual Técnico de Uso e Ocupação das Terras do IBGE (BRASIL, 2006), do Manual Técnico de Vegetação Brasileira (BRASIL, 1992) e observação em campo, foram identificadas cinco classes principais (Tabela 02) no mapa de uso de ocupação do solo da bacia do rio Subaé (Figura 17).

Tabela 02: Classes temáticas do uso e ocupação do solo na bacia do rio Subaé - BA, baseada no Manual Técnico de Uso e Ocupação das Terras do IBGE (2006).

CLASSES TEMÁTICAS	km²	%	Variação
Agropecuária	498.4	77.1	-
	3.6	0.5	Agricultura – Eucalipto
Área urbana	17.5	2.7	-
Corpos D'água	5.0	0.8	-
Solo exposto	19.0	2.9	-
Vegetação	78.8	12.2	Caatinga Arbórea/Arbustiva
	24.3	3.8	Manguezal
ÁREA TOTAL	646.6	100	-

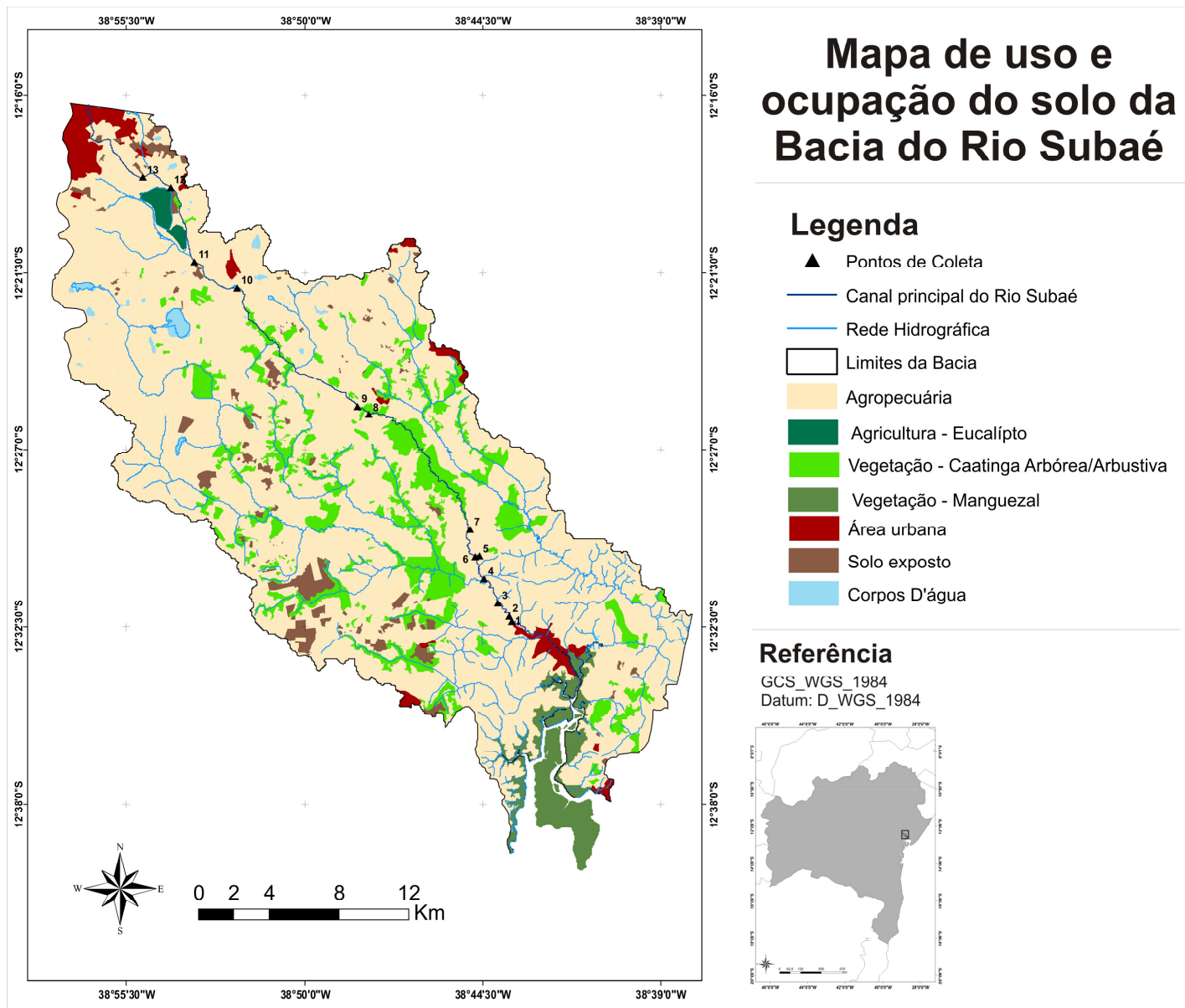


Figura 17: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Subaé – BA e pontos de coleta de água superficial e sedimento para análises geoquímicas no curso principal do rio Subaé. Fonte: Própria autora.

A classe de área urbana é o local de uso e ocupação intensivos da população, correspondente à parte das sedes e distritos dos seguintes municípios: Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Conceição do Jacuípe, Amélia Rodrigues, São Francisco do Conde e Santo Amaro da Purificação, sendo que neste último o rio Subaé atravessa o perímetro urbano da cidade, sofrendo influência direta da ocupação à suas margens e já possui um histórico de contaminação ambiental pelo metal pesado Pb, devido à a instalação da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC) a apenas 300 metros do leito do rio Subaé, que teve por objetivo o beneficiamento do minério extraído das minas do município baiano de Boquira e a conseqüente produção de lingotes de chumbo. Com a poluição através das chaminés das fábricas e da contaminação do leito do rio, a companhia sofreu resistências por parte da população local, qual sofre as conseqüências da poluição por metais pesados até os dias atuais. Entretanto, as escórias resultantes deste processo foram depositadas de maneira inadequada, a céu aberto e sem tratamento prévio.

Desta forma, os resíduos da PLUMBUM foram dispostos em terrenos sem que as medidas de proteção cabíveis fossem tomadas, o que, com a ação do intemperismo e lixiviação, ocasionou a contaminação dos solos e das águas na área de depósito, assim como do rio Subaé que margeia a área industrial da PLUMBUM, um problema de extrema gravidade. Assim, a desativação deste empreendimento industrial resultou em graves danos ambientais, como contaminação e degradação ambiental, com forte impacto na saúde pública, na economia local e no meio ambiente (PORTELLA *et al.*, 2009).

Instituições relevantes como a *Organização Panamericana da Saúde e a Alliance to End Childhood Lead Poisoning / Environmental Defense Fund* classificaram Santo Amaro como uma das regiões mais poluídas do planeta (CARVALHO *et al.*, 2006). Sendo que, na década de 80, o cantor e compositor Caetano Veloso, nativo da cidade de Santo Amaro, compôs a música “Purificar o Subaé” (anexo) deplorando o estado em que a PLUMBUM deixaram na cidade e conseqüentemente na região como um todo.

Em março de 2009, o poder público, representado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) definiu metas para a despoluição do rio Subaé, no entanto não houve nenhuma execução para tal finalidade, principalmente em relação aos metais pesados. Os metais pesados têm recebido atenção especial devido à toxicidade mesmo em quantidades muito baixas e o conseqüente acúmulo no ecossistema por toda a cadeia alimentar, tornando assim, de grande relevância a procura de novas tecnologias e técnicas mais eficientes e econômicas que permitam a remoção destes metais pesados do ambiente contaminado.

Quanto à área urbana de Feira de Santana, município onde se localiza a nascente do rio Subaé, um dos impactos negativos mais evidentes para a bacia do rio Subaé são a atividades industriais relacionada ao Complexo Industrial do Subaé (CIS) a partir de 1970, atividades agrícolas e crescimento urbano, conforme dados históricos do censo populacional de Feira de Santana (Figura18) mostrando o crescimento acelerado entre 1991 e 2007.

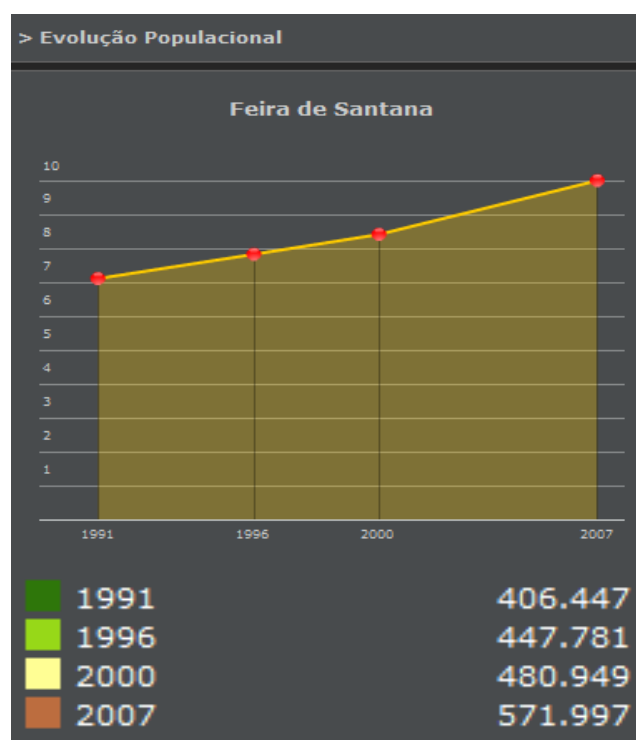


Figura 18: Evolução populacional do município de Feira de Santana entre os anos de 1991 e 2007. Fonte: IBGE, 2012.

Segundo censo do IBGE em 2012 a população recenseada de Feira de Santana era 568.099 de habitantes e hoje, apesar do número de habitantes ter reduzido, encontra-se numa posição de destaque não só no estado da Bahia, como, também, no nível nacional, pelo crescimento econômico favorecido por suas características físicas e geográficas. Como atributo físico, destaca-se o relevo da cidade, predominantemente plano, e como atributo geográfico, tem-se a posição do município no agreste baiano, ligando o sertão ao mar, como também sua proximidade com a capital do estado, Salvador. Ainda como benefício para o município, a construção das rodovias BR 324, BR 116, BR 101 e BA 052 (estrada do feijão), que formou um dos maiores entroncamento rodoviário do norte e nordeste (BASTOS, 1996).

Com o crescimento populacional e sem a fiscalização dos órgãos responsáveis quanto à ocupação do solo, as áreas que até então continuavam preservadas da ocupação urbana, começaram a ser exploradas, aumentando de forma significativa as áreas impermeáveis, provocando a diminuição da área de recarga do lençol freático e o aumento do escoamento superficial. Essa situação contribuiu para o quadro de degradação ambiental, causando impactos nas nascentes, lagoas e rios de Feira de Santana.

Dentre as atividades industriais desenvolvidas em Feira de Santana destacam-se a de minerais não metálicos, metalurgia, produtos de metal, máquinas e equipamentos, material elétrico, construção, material de transporte, madeira/mobiliário, papel e papelão, artigos de couro, produtos químicos, perfumaria/sabão/velas, material plástico/borracha, vestuário/calçado, têxtil, produtos alimentares/bebidas, editorial/gráfica e reciclagem, sendo que, atualmente, a cidade tem aproximadamente 350 indústrias, o que implica numa grande pressão pela utilização dos corpos d'água da região, quais acabam servindo como receptoras de efluentes industriais e esgotos domésticos provenientes de vários bairros adjacentes (CRUZ, 2012).

A classe denominada Corpos d'água apresentando 5.091 km², a menor área de todas, correspondendo apenas 0,8% do total da área da bacia, sendo formada por pequenos açudes, tanques e, sobretudo lagoas. De maneira geral, é possível definir que as nascentes do rio Subaé, são do tipo aquífero confinado, com o aspecto de lagoa, já que forma parte do manancial subterrâneo que aflora na superfície terrestre e se encontra entre duas camadas impermeáveis de material sólido (FRANCA-ROCHA *et al.*, 1998). Esses corpos d'água são responsáveis pela alimentação de importantes afluentes que deságuam no rio Subaé e são encontradas principalmente a montante, justamente na área das nascentes do rio principal que se encontra no município de Feira de Santana e segundo pesquisas no local, as nascentes encontram-se num intenso processo de degradação ambiental, principalmente com o aumento de forma significativa de áreas impermeáveis, provocando a diminuição da área de recarga do lençol freático e o aumento do escoamento superficial. Como por exemplo, a lagoa do Subaé foi aterrada em 1973 para construção da rodovia BR – 324 e a Lagoa Salgada, com uma área de 135,69 ha, atualmente muito explorada para a extração de argila pelas múltiplas olarias instaladas na margem da lagoa, além de sofrer com o aterramento para construção de condomínios residenciais (CRUZ, 2012).

A classe solo exposto corresponde a áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade e há incidência de processos erosivos. Encontrados em vários trechos da BRS, mas, sobretudo à margem direita do rio principal, com uma área de 19.036 km²,

representando 2,9% da área total da bacia em estudo. Esta classe representa um nível alto de degradação das terras, uma vez que toda a cobertura vegetal foi retirada deixando o solo desnudo, exposto as ações das intempéries, o que a depender da declividade, pode provocar a erosão ou a compactação dos mesmos. As áreas correspondentes ao solo exposto estão localizadas em áreas de pastagens degradadas, preparo do solo para o plantio e nas proximidades da área urbana, uma área de loteamento popular.

Em função da retirada da cobertura vegetal nativa para implementação de projetos de loteamentos, pastagens e cultivos. Desta forma, a maior exposição do solo favorece a incidência de processos erosivos, que carregam o material particulado para os cursos d'água, comprometendo sua qualidade devido ao aumento da turbidez e consequentemente desencadeando em processos de assoreamento do leito (LOPES *et al.*, 2005).

Em relação à classe vegetação, a vegetação nativa é composta pela caatinga arbóreo-arbustiva e pela vegetação típica de manguezal, na foz do rio Subaé, que deságua da Baía de Todos os Santos. O semi-árido brasileiro abrange uma área de 1.150.662Km², que corresponde a 74,30% da Região Nordeste e a 13,52% da superfície do Brasil (PAES *et al.*, 2003). E segundo Fernandes (1996), a caatinga representa o principal tipo vegetacional característico da região semi-árida.

A caatinga encontra-se bastante desmatada, sobretudo nas partes mais baixas e suaves do relevo, mais favoráveis ao uso e ocupação, sendo retirada para abertura de pasto, atividades agrícolas e extração de lenhas. Apresenta-se como pequenas manchas espalhadas pela bacia, em alguns trechos uma mata rala ou mais arbustiva, e em outros trechos o solo aparece quase descoberto, possuindo arbustos isolados, totalizando uma área de 78.841 km² (12,2% da área total da bacia), sendo mais preservadas nos vales mais encaixados, cabeceiras de drenagem onde há uma maior declividade, o que propicia sua preservação devido à limitação para utilização destas áreas para a pecuária e agricultura, como o trecho do médio curso do rio e também nas áreas mais altas apresenta-se mais densa, sobretudo na margem direita do rio principal.

De acordo com a publicação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) organizada por Silva *et al.* (2004), as áreas florestadas de caatinga, sofreram forte desvalorização ao longo da história, devido ao mito de que a caatinga é um bioma pobre, homogêneo e pouco alterado. O autor indicou que esses três mitos podem agora ser considerados superados, pois a caatinga não é homogênea; é sim extremamente heterogênea e inclui pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas. A biota da Caatinga não é pobre em espécies e em endemismos, pois, apesar de ser ainda muito mal conhecida, é mais diversa que qualquer outro bioma no mundo, o qual esteja exposto às mesmas condições de clima

e solo, no entanto, encontra-se entre os biomas brasileiros mais degradados pelo homem. Esta vegetação foi devastada pela pecuária que invadiu os sertões; o Recôncavo Baiano e a Zona da Mata para a implantação da cultura canavieira; enquanto as matas úmidas do sul da Bahia foram substituídas pelas plantações de cacau. Ainda hoje, o extrativismo vegetal, principalmente para exploração do potencial madeireiro, representa uma das atividades de maior impacto sobre o meio ambiente (ANA, 2010).

A vegetação de manguezal corresponde há uma área de 24.376 km², ou seja, 3,8% da área total da bacia e está presente na foz do rio Subaé, desde o município de Santo Amaro da Purificação até a Baía de Todos os Santos. É um ecossistema com uma vegetação predominantemente lenhosa, arbórea que coloniza solos lodosos, pouco consolidados, ricos em matéria orgânica e com baixo teor de oxigênio e com grande variedade de microorganismos, macroalgas, crustáceos e moluscos. Sob grande variação de salinidade e fluxo de marés é local favorável à proteção, alimentação, reprodução e desova de muitos animais estabelecendo-se na zona entre marés, faixa de transição entre terra e mar quase sempre abrigados por rios e estuários.

Kurtz *et al.* (2002) mencionam que as áreas cobertas por esse ecossistema vêm sendo utilizadas para turismo ecológico, educação ambiental, apicultura, piscicultura e criação de outras espécies marinhas, além de sua função precípua de ser considerado o berçário de várias espécies vegetais e animais. Com relação às suas utilizações ecológicas, pode-se destacar: proteção da linha da costa, evitando a ação erosiva das marés, tempestades e furacões; refúgio para inúmeras espécies marinhas e estuarinas, que encontram abrigo para reprodução, alimentação e desenvolvimento das formas juvenis; base de inúmeras cadeias alimentares das águas costeiras adjacentes, sobretudo de organismos que buscam alimentos nos detritos, os chamados detritívoros.

Além disso, as áreas de manguezal são de extrema importância para a população humana, uma vez que delas provém boa parte das proteínas (mariscos e peixes), tão essenciais para sua subsistência. São encontrados ainda camarões, e outros invertebrados, a exemplo do chumbinho (*Anomalocardia brasiliiana*), da lambreta (*Lucina pectinata*), da ostra (*Crassostrea brasiliiana*), do sururu (*Mytella falcata*), do siri (*Callinectes danae*), do ganhamun (*Cardisoma guanhumi*) e do caranguejo (*Ucides cordatus*) todos oriundos do manguezal, os quais são bastante explorados comercialmente (RODRIGUES, 2002).

A proximidade das áreas urbanizadas aliada à acelerada expansão urbana do município ameaçam estuários e manguezais, visto que a população local comercializa animais retirados dos manguezais, como crustáceos (Figura 19) e vendem à beira das estradas, nas feiras locais e nas praias da região como Saubara, Cabuçu, Bom Jesus dos

Pobres, Pedras Altas e Monte Cristo, quais, principalmente na época de alta estação, verão, recebem grande número de banhistas de diversas cidades de Recôncavo baiano, segundo relato dos próprios moradores.



Figura 19: A- pesca de camarão, B- coleta e técnica de captura de siri no manguezal da região de Santo Amaro da Purificação - BA.

A agropecuária é resultado da combinação entre a agricultura, nos períodos de chuva, e pecuária, nos período de seca, onde os animais, entre eles bovinos, eqüinos e caprinos são criados soltos em meio à vegetação. Com o uso intensivo do solo poderá ocorrer uma fragmentação das camadas superficiais desse, ocorrendo um transporte maior de partículas para os níveis mais baixos, chegando aos vales fluviais, que serão assoreados.

Em geral são áreas extensas em que a vegetação sofre aberturas e os solos são compactados. Essa classe predomina em toda a bacia do rio Subaé, sendo reflexo da população local que sobrevive de atividade destinadas a subsistência. Ocupa 77,6% de toda a área da bacia, abrangendo 493438 km², margeando o rio principal desde sua nascente até a sua foz. Desse percentual total, 0,5% (3554 km²) corresponde a uma plantação de eucalipto (Figura 20) para produzir celulose para as empresas de papel da região (SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃOELBA Ltda e PENHA EMBALAGENS Ltda), localizada no território de Feira de Santana-BA, qual teve um dos seus afluentes do rio Subaé seu percurso alterado para margear toda a plantação de Eucalipto.



Figura 20: Plantação de Eucalipto localizada entre os pontos 11 e 12 de coleta de água superficial do rio Subaé.

A Sapelba, Fábrica de Papel da Bahia Ltda, instalado no Distrito de Humildes - Feira de Santana/BA, em 1974, em área de 100.000m², sendo 40.000m² de área construída. Segundo informações no site oficial da empresa, visitado dia 31 de janeiro de 2013, a escolha do Município de Feira de Santana foi estratégica pela localização de fácil acesso rodoviário, permitindo atender aos clientes com qualidade e pontualidade.

Já o Grupo Penha é formado por sete unidades localizadas estrategicamente pelo país nos estados de São Paulo, Paraná e Bahia, atuando nas áreas de produção de chapas e embalagens de papelão ondulado, papéis reciclados, captação e comercialização de aparas. Há mais de 45 anos fabricando papelão ondulado, é uma das cinco maiores empresas do setor no Brasil e possui capacidade de produção mensal de 14.000 toneladas de embalagens. A PENHA PAPÉIS E EMBALAGENS Ltda, tiveram duas unidades inauguradas em 2005 na região de Santo Amaro da Purificação - BA, uma na Estrada Subaé, Km 06-Zona Rural, ocupando uma área total de 122.000 m² (Unidade Industrial de Embalagens de Papelão Ondulado Sato Amaro-BA) e a outra unidade na Fazenda Pitinga, BR 420, Km 16, ocupando uma área total de 63.000 m² (Unidade Industrial de Papel Sato Amaro-BA). Segundo Prado (1992), as indústrias de papel liberam alguns MP como Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn como resíduo dos seus processos industriais e a depender do sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequado desses efluentes, provocar a diminuição da qualidade da água potável.

Originário da Austrália e da Indonésia, o eucalipto chegou ao Brasil em 1825 como planta ornamental, sua utilização para fins econômicos só teve início em 1903, quando passou a ser empregado na produção de dormentes ferroviários e lenha para alimentar as locomotivas da época. Essa classe merece um destaque devido às questões relativas aos impactos ambientais de florestas de eucalipto sobre a água, o solo, a biodiversidade e a atmosfera. Segundo Vital (2007), de modo geral, os efeitos sobre o solo, como o empobrecimento e erosão; a água, devido ao impacto sobre a umidade do solo, os aquíferos e lençóis freáticos e a baixa biodiversidade observada em monoculturas.

De acordo com o IPEF (2003), se as florestas forem plantadas perto das bacias hidrográficas, os eucaliptos passam a consumir mais água, crescem mais rapidamente e podem gerar impactos sobre os lençóis freáticos tanto localmente como a jusante.

Esses resultados demonstram que os solos e a vegetação são os recursos mais utilizados e representa a base de sustentabilidade de grande parte das atividades exercidas pela população local, o que tem levado à sua crescente exposição aos agentes erosivos. A natureza destes processos está relacionada, à agropecuária, constatando-se que existe um tênue limite que separa os processos de degradação ambiental daqueles de desertificação.

O manejo tradicional, como a derrubada e/ou queima indiscriminada da vegetação para pasto e plantações; criação extensiva de caprinos, ovinos e bovinos, gera sobrepastoreio e compactação dos solos, que evoluem para erosão acelerada que inviabiliza a permanência das atividades rurais, bem como acentuam a rusticidade da vegetação.

Conforme o mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo, a maior parte do uso do solo no entorno da bacia hidrográfica do rio Subaé é a agropecuária, sendo relevante abordar as possíveis consequências dessa atividade. Alterações na recarga decorrentes da irrigação e da superexploração são exemplos de interferências que podem causar variações na quantidade da água e a introdução de nutrientes, agrotóxicos, fertilizantes, pesticidas, são exemplos de práticas que podem comprometer sua qualidade. No entanto, estabelecer o perigo da contaminação não é uma tarefa simples. São vários os fatores envolvidos: o tipo de cultivo, as propriedades do solo, o regime pluvial, técnicas de irrigação e manejo do solo, uso de agrotóxicos; além da necessidade de mapas de uso do solo atualizados constantemente, visto a dinamicidade desta atividade (FOSTER *et al.*, 2002).

Ainda segundo Foster *et al.*, (2002), a maior ameaça de inserção de contaminantes em águas pela atividade agrícola é proveniente das extensas áreas de monocultura. Quando são aplicadas técnicas mais tradicionais de plantio, como a rotatividade de culturas, práticas de manejo sustentável, o perigo de contaminação é menor. Culturas perenes, também apresentam menor perigo do que as sazonais, em função de perturbações do solo menos frequente, bem como menores perdas por lixiviação e uso menos intenso de nutrientes.

No caso do Brasil, por possuir aproximadamente 12% da disponibilidade hídrica superficial do planeta, a heterogeneidade das águas superficiais também é maior. Quanto ao uso, o Brasil caminha para uma situação similar aos países desenvolvidos em que o uso agrícola tem predominância sobre os demais: doméstico e industrial. A publicação do Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil (ANA, 2005) informa, por meio de dados do IBGE obtidos em 2004, que em 2002, para 53,5 milhões de hectares plantados, o Brasil utilizou 7,6 milhões de toneladas de fertilizantes. Quanto aos agrotóxicos, este mesmo estudo declara que um dos maiores consumidores do mundo é o Brasil. Entre os mais utilizados estão os herbicidas, representando 58% do total, associados ao modelo de plantio direto, ou seja, de revolver a terra. Depois aparecem os inseticidas com 13% do consumo e fungicidas com 11% do consumo.

A introdução de contaminantes por este uso, dentre os fertilizantes, destacam-se o nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) como principais nutrientes utilizados pelas culturas. Sendo que o N, em função da sua alta mobilidade na forma de nitrato (NO_3^-), apresenta

maior perigo para a água subterrânea e contribui para a eutrofização em águas superficiais, pois as substâncias nitrogenadas dos fertilizantes e dos resíduos orgânicos são transformadas e oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Sendo o nitrato extremamente solúvel na água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea (BARBOSA, 2005).

Segundo Moreira (1989), de modo geral, um grau elevado de eutrofização, devido ao excesso de nutrientes, provoca alterações nos ecossistemas tais como reprodução acelerada de algas, fitoplâncton e crescimento excessivo de plantas aquáticas; anoxia; mudança de estrutura trófica, diminuição da variedade de espécies, inclusive os peixes e organismos bentônicos; causa mortalidade de peixes e invertebrados, quais liberam gases com odor e tóxicos (H_2S e CH_4), além de favorecer a invasão de espécies mais resistentes e se as altas concentrações de matéria orgânica forem tratadas com cloro podem produzir substâncias carcinogênicas. Estas mudanças representam uma tendência de simplificação da rede trófica levando o predomínio das biomassas das algas e do fluxo energético de bactérias e produção de substâncias tóxicas como sulfetos e nitritos, impactando negativamente a qualidade da água.

Em relação à eucaliptocultura na área de estudo, entre os impactos ambientais gerados, uma questão que tem provocado muita polêmica é a sua relação com o consumo de água. Existem muitos estudos que concluem existirem valores elevados, sendo por isto responsável pela redução da umidade do solo e destruição dos processos de recarga da água subterrânea, contribuindo para a desestabilização do ciclo hidrológico (PAULA LIMA, 1993).

Segundo Souza (2008), trabalhos mais recentes baseados em resultados experimentais, realizados em numerosas microbacias, tem demonstrado que os eucaliptos têm um grande consumo de água, principalmente nas fases iniciais de rápido crescimento. Este crescimento da planta, por sua vez, depende das condições locais (solos, quantidade e regime de precipitações e das práticas de manejo). No plantio do eucalipto são utilizados produtos químicos (herbicidas) para a eliminação das plantas daninhas, as chamadas plantas invasoras, principalmente na fase inicial do seu cultivo e agrotóxicos para enfrentar o ataque das pragas, como é o caso do fungo *Chrysosporthe Cubensis* e podem ser empregadas tanto nas áreas de cultivo e produção de mudas, nos viveiros.

Segundo Sampaio (2003), a fabricação de celulose produz resíduos que lançados nos rios contribuem para a contaminação do lençol freático e a ampliação da área plantada com eucalipto modificará as condições para todas as formas de vida da região. O impacto se inicia pela mirmecofauna com a proliferação das pragas típicas do eucalipto,

especialmente saúvas cortadeiras e desfolhadeiras do eucalipto (OLIVEIRA *et al.*, 1991, ZANUNCIO *et al.*, 1991, SANTANA e ANJOS, 1989, SANTANA e COUTO, 1990). A degradação no solo, nos recursos hídricos e na flora para inviabilizar a vida de vertebrados e invertebrados nos rios e mangues, como as comunidades pesqueiras e de marisqueiros que são abundantes na região à jusante dessa plantação de eucalipto na bacia do rio Subaé. Afetando também os ribeirões que servem como bebedouros, impactando toda a fauna das áreas de mata ao seu redor. A colheita mecanizada coloca em risco pássaros que fazem seus ninhos nos galhos das árvores de eucalipto, assim como pequenos animais que possam estar entre os seus troncos. Todas as plantações só são autorizadas após assinaturas de compromissos acerca da coleta destes animais antes das ações de colheita, porém, a fiscalização das áreas que produzem eucalipto nessa região é difícil, tanto para o IBAMA, quanto para as secretarias de meio ambiente dos municípios da região.

Neste sentido, o planejamento e gestão de bacias hidrográficas estão sendo cada vez mais enfocados nas pesquisas técnico-científicas. O monitoramento ambiental, em bacias hidrográficas, procura caracterizar aspectos relevantes que permitam diagnosticar as mudanças que ocorrem no uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidas nas bacias hidrográficas sobre os ecossistemas. Por isso, é indicado monitorar variáveis ambientais que sejam sensíveis às mudanças que possam vir a ocorrer (QUEIROZ, 2010).

Colaborando com os autores acima, a elaboração de estudos de sobre o uso atual dos solos, associado ao monitoramento de variáveis ambientais, como parâmetros de qualidade de água, permite a elaboração de um levantamento sobre a localização e interferência das diversas atividades presentes em uma bacia hidrográfica, e servir como base para a elaboração de projetos que visem a melhoria das condições ambientais. Daí a importância da fiscalização nessas culturas e monitoramento contínuo da qualidade da água do rio Subaé, uma vez que, o conhecimento das fontes possibilitará uma avaliação contundente no que diz respeito às quais ações tomar para eliminação/atenuação do fator gerador das alterações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nessa pesquisa apontam para o forte impacto causado na BRS em função da expansão urbana e conseqüentemente do crescimento populacional nas cidades da região, principalmente Feira de Santana, qual destaca-se pelo seu desenvolvimento industrial e atividades agrícolas, contribuindo para os impactos ambientais

negativos na BRS. E a cidade Santo Amaro da Purificação que teve uma fábrica de produção de lingotes de chumbo, cujas consequências da contaminação por esse metal são perceptíveis até os dias atuais, mesmo após o fechamento da fábrica.

A classe corpos d'água da BRS é representada por lagoas, nascentes do rio Subaé e localizadas em Feira de Santana e encontram-se num intenso processo de degradação ambiental, principalmente com o aumento de forma significativa de áreas impermeáveis, provocando a diminuição da área de recarga do lençol freático e o aumento do escoamento superficial. As áreas correspondentes ao solo exposto estão localizadas em áreas de pastagens degradadas, preparo do solo para o plantio e nas proximidades da área urbana, uma área de loteamento popular. Correspondendo a áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade e há incidência de processos erosivos.

Em relação a vegetação foi identificada dois tipos predominantes na BRS: a caatinga, num total de 12,2% em toda área da bacia, e o manguezal, presente em 3,8% da área total da bacia e está presente na foz do rio Subaé, desde o município de Santo Amaro da Purificação até a Baía de Todos os Santos.

A caatinga encontra-se bastante desmatada, sobretudo nas partes mais baixas e suaves do relevo, mais favoráveis ao uso e ocupação, sendo retirada para abertura de pasto, atividades agrícolas e extração de lenhas. E o manguezal devido a sua proximidade das áreas urbanizadas aliada à acelerada expansão urbana dos municípios estão sendo explorados de forma irracional, visto que a população local comercializa animais retirados dos manguezais.

A agropecuária foi a classe identificada no mapa de uso e ocupação da BRS que tem forte contribuição com o impacto na referida bacia, ocupando 77,6% de toda a área da bacia, margeando o rio principal (Subaé) desde sua nascente até a sua foz. Desse percentual total, 0,5% corresponde a uma plantação de eucalipto para produzir celulose. Ocasionalmente alterações na recarga decorrentes da irrigação e da superexploração, causando variações na quantidade da água e a introdução de nutrientes, agrotóxicos, fertilizantes, pesticidas, comprometendo sua qualidade.

Assim, os resultados dessa pesquisa contribuem para subsidiar a gestão ambiental, inserido água como parâmetro nas ações de ordenamento do uso do solo, incentivando a instalação e manutenção de redes de monitoramento da qualidade da água, bem como o desenvolvimento de novas pesquisas, que busquem minimizar futuros riscos para a bacia hidrográfica do rio Subaé, os ecossistemas nela presentes e para saúde humana de toda região por ela influenciada.

Controlar o uso atual do solo na área da BRS, visando à proteção dos recursos hídricos é estabelecer regras, proibições, advertências e punições para com as atividades historicamente instaladas, além daquelas que ainda serão instaladas diante do crescimento econômico das cidades que estão inseridas na área da bacia, principalmente Feira de Santana. Sendo que, a indicação de áreas prioritárias para o controle de contaminação pode ser visto como um instrumento estratégico, pois orienta o monitoramento da qualidade, o controle da contaminação, a auditoria ambiental e projetos de instalação de novos empreendimentos.

CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO SUBAÉ, BAHIA.

Resumo- A bacia do rio Subaé (BRS) localiza-se no Recôncavo Norte, com uma área de drenagem de 580 km² e 46 km de extensão desde o município de Feira de Santana até sua foz na da Baía de Todos os Santos. A caracterização geoquímica das águas superficiais ao longo do curso desse rio representa o resultado da integração de vários fatores ambientais e de natureza antrópica e proporcionaram importantes pautas acerca do estado de preservação das águas superficiais da bacia do rio Subaé. O objetivo do presente estudo foi determinar possíveis contaminações nas águas superficiais ao longo do curso do rio Subaé por metais pesados dissolvidos (Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb e Zn) e dos parâmetros físico-químicos potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), fosfato total (F.T.), nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (S. T.) e os parâmetros bacteriológicos coliformes totais e termotolerantes. Treze pontos foram georeferenciados e monitorados, ao longo do curso do rio Subaé, definidos em função do uso e ocupação do solo da referida bacia e das condições de acessibilidade ao local. Realizaram-se três coletas: dezembro de 2011, abril e novembro de 2012. A quantificação dos parâmetros físico-químicos e metais pesados dissolvidos foram realizados no laboratório de saneamento (LABOTEC) da UEFS, conforme as padronizações descritas no Standart Methods for Water and Wastewater Examination (APHA, 2005). Os resultados foram analisados de acordo a legislação brasileira estabelecida pela resolução 357/05 e 430/11 do CONAMA, à qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. Os resultados demonstraram que o OD, DBO, turbidez e fosfato estão acima dos valores legislados, na maioria dos pontos de monitoramento. Já os coliformes totais e termotolerantes apresentaram valores que não são recomendados pela legislação em todos os pontos de coleta e em todos os períodos de monitoramento. Dos metais pesados, apenas Cd e Cr não foram detectados em nenhum dos pontos de monitoramento e em nenhuma das coletas. As maiores concentrações de metais encontrados em ordem decrescente foram Zn>Mn>Cu>Pb>Ni. A correlação de Pearson demonstrou forte relação entre os parâmetros físico-químicos e os metais pesados quantificados. Estes resultados devem-se ao fato dos corpos d'água receberem efluentes domésticos e industriais de diversas atividades desenvolvidas na área da BRS. Pelos resultados encontrados conclui-se que o rio Subaé apresenta um alto nível de degradação da qualidade de suas águas e representa um risco de saúde para população residente em seu entorno, inclusive para população usuária de suas águas.

Palavras-Chave: qualidade de água superficial, rio Subaé, metais pesados, contaminação ambiental.

Abstract- The river basin Subaé (BRS) located in the Reconcavo North, with a drainage area of 580 km² and 46 km long from Feira de Santana to its mouth in the Bay of All Saints. The geochemical characterization of surface water throughout the course of this river is the result of the integration of environmental factors and anthropogenic in nature and provided important guidelines about the state of preservation of surface waters of the river basin Subaé. The aim of this study was to determine possible contamination in surface water along the river course Subaé by heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Mn, Pb and Zn) and physico-chemical hydrogen potential (pH), conductivity Electrical (EC), turbidity, temperature, Dissolved Oxygen (DO), Total phosphate (FT), Nitrate, Biochemical Oxygen Demand (BOD), total solids (TS) and bacteriological parameters and Faecal Coliforms Total. Were thirteen monitoring points, georeferenced, along the river course Subaé, defined in terms of the use and occupation of said bowl and conditions of accessibility to the site. There were three collections: December 2011, April and November 2012. Evaluation of physico-chemical parameters pH, EC, turbidity, temperature, dissolved oxygen were analyzed in situ and F. T., nitrate, BOD, S. T., heavy metals and bacteriological parameters were analyzed in the laboratory sanitation (Labotec) of UEFS, as outlined in the standardization methods Standard for Water and Wastwater Examination (APHA, 2005). The results were analyzed according to environmental regulations established by Resolution 357/05 and 430/11 of CONAMA, which provides for the classification and environmental guidelines for the classification of bodies of surface water. The results demonstrate the analyzed parameters, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), Turbidity and Phosphate values are above the maximum permissible in most monitoring points, for its use in legislation. Total and fecal coliforms at all collection points and throughout the monitoring period showed values that are not allowable by law. Heavy metals, only Cd and Cr were not detected in any of the monitoring points and none of the collections. The highest concentrations of metals found in descending order were Zn> Mn> Cu> Pb> Ni. The Zn and Mn showed much higher at all points when compared to the Brazilian legislation. The Pearson correlation demonstrated a strong relationship between electrical conductivity (EC) and turbidity, EC and EC and BOD and phosphate; correlation between the element Cu and variable turbidity, BOD and phosphate; Mn with ST, Ni with OD, with phosphate and with Cu and Pb, the Pb correlation with phosphate and TS (total solids) and compared with the OD of Zn, Ni and Pb. These results are due to the fact that the bodies water receiving domestic and industrial effluents from various activities in the area of BRS. By the results it is concluded that the river Subaé presents a high level of degradation in the quality of its waters and represents a health risk for the population living around it, including user population of its waters. This research will provide subsidy for implementation of actions aimed at the rational use of water resources of BRS, and contribute to scientific studies that allow a better understanding of the real situation of this important and strategic industrial region of Bahia state.

Keywords: quality of surface water, river Subaé, heavy metals, environmental contamination.

INTRODUÇÃO

De acordo com Tuna *et al.* (2006), metais são contaminantes ambientais estáveis e persistentes uma vez que não podem ser degradados ou destruídos. No meio aquático, os metais são oriundos de fontes naturais como intemperismo de solos e rochas, diretamente expostos à água, e por meio de fontes antrópicas como efluentes domésticos e industriais, pelo processo de mineração, pela aplicação de pesticidas na agricultura (Ebrahimpour & Mushrifah, 2008) e através de precipitação em áreas com poluição atmosférica (Pereira *et al.*, 2006).

Nos ecossistemas aquáticos, os metais e outros compostos tendem a acumular no sedimento (Shrivastava *et al.*, 2003) e, dependendo das condições ambientais, podem começar a ser liberados na coluna d'água tornando-se biodisponíveis. Nestas condições podem afetar a biota, sendo incorporados ao longo da cadeia alimentar e conseqüentemente podendo causar danos também à saúde humana (Khan *et al.*, 2005).

Muitas vezes, a poluição da água tem sido avaliada através de parâmetros físico-químicos, visto que as propriedades físicas e químicas de águas correntes e seus efeitos na comunidade biológica são provenientes de numerosos fatores ambientais, como condições climáticas, razão produção/respiração, escoamento superficial de águas e efluentes industriais (Schleiter *et al.*, 1999). Assim, parâmetros físico-químicos são de extrema utilidade para caracterizar a qualidade da água e seus diferentes graus de poluição, uma vez que esses parâmetros são influenciados por diversos fatores como quantidade de detritos orgânicos, efluentes domésticos e industriais.

A água é o elemento fundamental da vida e seus múltiplos usos são indispensáveis às diversas atividades humanas como: abastecimento público e atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da biota aquática. As disponibilidades de água doce na natureza são limitadas e há alto custo da sua obtenção nas formas não-convencionais, como é o caso da água do mar e das águas subterrâneas. Dessa forma, a preservação, o controle e a utilização racional das águas doces superficiais deve ser prioridade. Os reservatórios naturais vêm sendo depositários de uma variedade de subprodutos, provenientes da atividade antrópica. No entanto, os recursos hídricos naturais não acompanham este crescimento, e, à medida que aumenta a demanda, os ecossistemas se deterioram (REBOUÇAS, 1999).

Quando se fala em qualidade da água, logo se pensa em pureza, no sentido de inviolabilidade de suas características químicas. Entretanto, tais características não têm valor prático, uma vez que a qualidade da água relaciona-se mais ao uso que dela os homens fazem do que propriamente da identificação dos níveis de elementos presentes na

água, além de considerar o tipo de recurso hídrico utilizado e o nível de intervenção praticado sobre um determinado recurso hídrico. Assim sendo, a especificação de qualidade da água deve basear-se em limites toleráveis e/ou aceitáveis da presença de elementos estranho a química da água, tendo em vista um particular uso que se pretenda fazer deste recurso. Isto é, não existiria uma qualidade única a partir da qual aceitaríamos uma água boa ou recusaríamos outra, mas estabeleceríamos limites específicos dos diversos contaminantes para cada uso em particular (MERTEN & MINELLA, 2002). O primeiro passo para estabelecer entendimento sobre qualidade da água é agrupar parâmetros específicos de qualidade de água visando o enquadramento dos corpos hídricos de acordo com o uso preponderante que se pretenda fazer.

Para caracterizar a qualidade da água, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) desde 1986 vem estabelecendo níveis e parâmetros de qualidade da Água, sendo substituída após 20 anos pela resolução 357 de 2005, tendo sido atualizada em 2011 pela resolução CONAMA 430/2011. Estes procuram representar de forma padronizada as características físicas, químicas e biológicas da água para determinados usos e implicam em condições inapropriadas quando alcançam valores superiores aos pré-estabelecidos para estes parâmetros.

De acordo com o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) as águas superficiais do rio Subaé tem teores limites para os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para rios de água doce Classe 2, cuja as águas são destinadas para abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Conforme Sieguel (2002), a avaliação da distribuição dos diversos contaminantes, entre eles os metais pesados, é importante para saúde pública, uma vez que dependendo das características físicas e químicas do ambiente aquático, os elementos reagem, se dispersam ou são simplesmente mobilizados e depositados nos sedimentos, constituindo-se um perigo potencial pelas características de biodisponibilidade que todos os metais pesados possuem, sendo que, de maneira geral, podem ser encontrados como material em suspensão na coluna d'água, ligados a sólidos inorgânicos, sólidos orgânicos e microorganismos ou, como material dissolvido, apresentando reações de precipitação, dissolução ou adsorção com a água. Alguns organismos expostos a estes contaminantes podem acumular metais em seus tecidos, podendo apresentar concentrações mais altas do que aquelas encontradas no ambiente e muitos desses organismos são consumidos pelo homem.

O consumo de águas dentro dos padrões de potabilidade adequados é uma questão relevante de saúde pública no Brasil, além de se constituir uma ação eficaz na prevenção de doenças veiculadas pela água. Algumas epidemias de doenças gastrointestinais têm como fonte de infecção a água contaminada (ZIMMERMANN *et al.*, 2008; SILVA & ARAÚJO, 2003). Amaral *et al.* (2003) enfatiza que as doenças de veiculação hídricas são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral. Silva *et al.* (2001), retrata que as características físicas, químicas e biológicas de um ecossistema aquático resultam da integração de vários fatores ambientais, alguns naturais como de solo e vegetação, e outros antrópicos, como população, saneamento, uso da terra, entre outros. Assim, a qualidade da água reflete o estado em que estes fatores se encontram em uma bacia hidrográfica.

Quanto aos impactos ambientais na bacia do rio Subaé - BA, torna-se cada vez mais preocupante o controle da qualidade dos recursos hídricos, uma vez que é notória a necessidade constante da água para o consumo doméstico, bem como para o desenvolvimento do setor produtivo e para atividade de pesca e mariscagem das populações ribeirinhas que se alimentam e vendem esses produtos na beira das estradas e feiras livres da região. Dentre os impactos ambientais na área de estudo, destaca-se a presença de metais pesados em concentração excessiva, resultantes de duas fontes de contaminação: deposição natural e atividades antrópicas.

Essa pesquisa teve como objetivo principal fornecer referências para controle de qualidade hídrica e para usuários, quanto a parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais no médio curso do rio Subaé e compará-los com os valores encontrados com os limites estabelecidos pelo CONAMA resolução 357/05 e 430/11, fornecendo suporte a políticas para água superficial.

METODOLOGIA

Para caracterização da qualidade da água no trecho entre o alto e o baixo curso do rio Subaé foram escolhidos 13 pontos de monitoramento ao longo do curso do rio Subaé, definidos em função do uso e ocupação do solo da referida bacia e das condições de acessibilidade ao local. Realizaram-se três coletas: dezembro de 2011, abril e novembro de 2012, visto que essa periodicidade é utilizada comumente em trabalhos de monitoramento de qualidade de água (FARIAS, 2006; PIO, 2004; PELLI, 2001).

As coletas seguiram as padronizações descritas no Standart Methods for Water and Wastwater Examination (APHA, 2005), especialmente quanto aos cuidados com preservação e transporte, as quais foram acondicionadas em caixa térmica com gelo até o

Laboratório de Saneamento (LABOTEC/UEFS), num período máximo de 24h entre a coleta e o procedimento laboratorial. As análises referem-se às águas superficiais, isto é, as coletas e as medidas para os diversos parâmetros foram feitas a 30 cm da superfície da água. Sendo que, *in situ* foram analisados os parâmetros pH, Condutividade Elétrica (CE), Turbidez, Temperatura e Oxigênio Dissolvido (OD) e no LABOTEC: Fosfato total (F. Total), Nitrato, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos totais (S. Totais), coliformes termotolerantes e totais e metais pesados (MP): Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn.

Os equipamentos portáteis utilizados nas análises *in situ* da qualidade de água foram: para o pH, o pHmetro *pH Metro Digital Portátil* marca HANNA modelo ML-1010, calibrado com soluções tampões de pH 4.0; 7.0 e 11.0 antes de realizar a leitura das amostras. A turbidez se determinou através do Turbidímetro Portátil da (HANNA, modelo HI-93703). A CE foi medida por meio do condutivímetro Conductivity Meters Portátil (HANNA, modelo HI-8733). O OD e a temperatura foram medidos pelo Medidor de Oxigênio Dissolvido (LUTRON, modelo DO-5519).

Para a análise de metais pesados dissolvidos, as amostras de água superficiais foram coletadas em garrafas de vidro âmbar de 1 L de capacidade contendo 5 ml de HNO₃ (a 65%). No laboratório retirou-se 125 mL de cada amostra, em triplicata, adicionou 2mL de ácido clorídrico (50%) e 0.5mL de ácido nítrico (50%) e colocou na placa de aquecimento, à 80°C, até atingir 25ml. Após essa pré-concentração, as amostras foram filtradas em membranas GFC - 0.47µm e na sequência foram quantificadas as concentrações dos seguintes elementos: Cd, Cr, Cu Mn, Ni, Pb e Zn, em espectrômetro de absorção atômica por chama (FAAS) da marca Avanta- GBC modelo HG- 3000.

Para as análises de sólidos totais (ST), Fosfato, Nitrato e DBO, as amostras foram coletadas em frasco de teflon com capacidade para 2 L. A análise de Sólidos Totais foi realizada conforme o Método gravimétrico - NBR 10664/1989. O FT segundo Método Fosfato-Ácido ascórbico, adicionando a solução reagente combinado composta por: Ácido Ascórbico (30 mL), Molibdato de amônia (15 mL), Antimônio tartarato de fosfato (5 mL) e Ácido Sulfúrico 5N (50 mL) em 50mL da amostra e em seguida a leitura era feita no Espectrofotômetro (FEMTO, modelo 700 Plus). A análise de Nitrato foi realizada segundo Método Nitrato – *Reagent Nitrate 5 for 25 ml sample* pelo *Colorímetro Test Kit Hatch Nitrat e Reagent* e a análise do DBO conforme o Método Respirométrico, na estufa de marca OXITOP BOX modelo WTM e a leitura feita após 5 dias de incubação, a 20°C.

Para proceder as análises de coliformes totais e fecais das amostras de água coletada foram acondicionadas em frascos de vidros de 100 mL autoclavados, contendo uma solução de Tiosulfato de sódio para eliminar alguns interferentes que possam estar presentes na

água. Em laboratório, foram inoculadas em meio de cultura e incubadas durante 24 horas a 35°/37°C, em estufa (FANEM, modelo 002 CB) e para quantificar os Coliformes por 100 mL, foi utilizada a tabela de Número Mais Provável (NMP). O uso destas técnicas permite a obtenção de resultados em 24 horas a 35°/37°C, representando grande vantagem pela rapidez e a possibilidade de correção de problemas existentes. O método utilizado para a análise de coliformes totais e fecais foi o do meio cromogênico *Colilert®*. Neste método os dois nutrientes indicadores, ONPG e MUG são as principais fontes de carbono e são metabolizados pelas enzimas β-D-Galactosidase e β-DGlucuronidase identificando as bactérias coliformes e E. Coli respectivamente. Os coliformes totais metabolizam o ONPG, e com isso a amostra incolor passa a amarela, enquanto que os coliformes fecais metabolizam o MUG gerando fluorescência quando a amostra é exposta à luz UV de 365 nm.

Os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA 357/05 para águas doces de Classe 2, condizentes com o enquadramento proposto para o manancial. Em seguida, foi feita análises estatísticas através da média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variância dos MP utilizando o programa STATISTICA Versão 8.0 (Statsoft, Inc.) e a correlação de Pearson para unificar as possíveis relações dos metais pesados entre si e a relação destes com parâmetros físico - químicos, utilizando o programa PAST (Past exe. 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor interpretação dos resultados de qualidade de água, foram gerados gráficos com os dados de pluviometria do período de 2011 - 2012 da bacia do rio Subaé - BA (Figura 21).

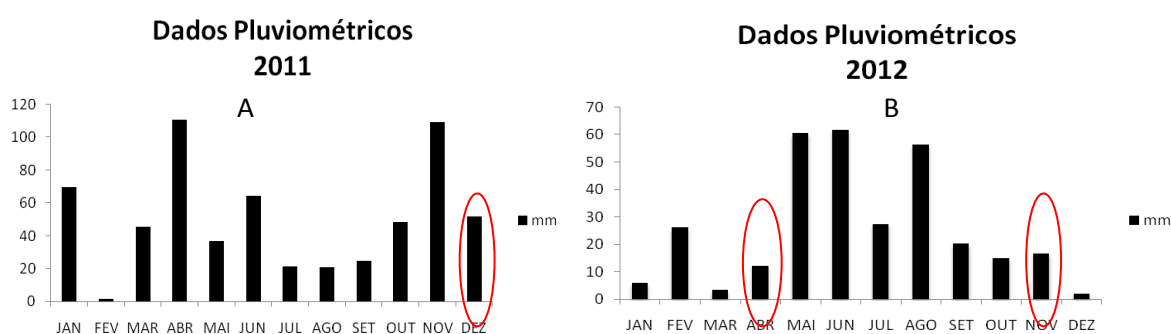


Figura 21: Gráficos do índice pluviométrico na região da bacia do rio Subaé - BA nos anos de 2011 (A) e 2012 (B) com destaque para os meses de coleta de água superficial do rio Subaé. Fonte: ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA N° 83221 da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Os meses em que foram realizadas as coletas de água para análise dos parâmetros físico-químicos estão marcados na figura acima. Observando a Figura 21 é possível concluir que os meses de amostragem estão caracterizados por baixo índice pluviométrico, variando de 15mm (Novembro de 2012) a 40mm (abril de 2011).

Inicialmente este estudo tinha como propósito também observar a existência de diferença nos parâmetros físico-químicos analisados nos períodos seco e chuvoso, porém como o ano de 2012 (Figura 21, B) não obedeceu ao padrão do ano anterior (Figura 21, A) em relação ao regime pluviométrico tornando tal comparação incoerente.

A Tabela 03 apresenta os valores dos parâmetros físico-químicos encontrados nas amostras de água superficial além dos valores obtidos para as análises microbiológicas e, por conseguinte os valores máximos (ou mínimos) permitidos pela resolução CONAMA 357/05.

Tabela 03: Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água do rio Subaé – BA, comparados com a resolução CONAMA 357/02, classe 2 .

PARÂMETROS	COLETA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	CONAMA 357/05
TEMPERATURA (°C)	1	24.2	24.8	25	25.2	25.7	25.5	25.5	25.1	25.3	26.8	25.1	25	25.3	Não Aplicável
	2	23.2	23.2	23.8	23.8	24.6	23.9	24.8	25.6	27.8	30	30.8	27.5	27.7	
	3	27.6	29.1	28.2	27.7	27.6	28.2	28.8	26.5	28.2	28.4	26.9	28.3	28.7	
OD (mg L ⁻¹ O ₂)	1	9.8	9.7	10.8	9.9	10.1	11.4	9.5	12.8	8.9	9.8	10.8	10.9	4.3	> 5
	2	17.8	16.2	14.2	15.2	11.2	12.7	13.5	12.9	10.4	5.9	3.7	13.6	12.4	
	3	7.61	7.19	6.97	7.19	7.04	6.43	6.49	6.15	3.85	6.08	2.77	3.47	3.33	
CE (µS)	1	259	302	239	218	368	382	356	456	534	629	780	824	613	Não Aplicável
	2	162	168	160	154	273	275	215	392	453	1050	1204	1236	1020	
	3	218	215.7	208.5	720.8	443.1	435.6	432.6	589.6	687	718.9	945.0	976.7	918.3	
pH	1	7.58	7.64	7.74	7.84	7.73	7.97	8.09	8.07	7.87	8.04	7.55	7.06	7.66	6.0 a 9.0
	2	8.6	8.55	8.64	8.51	8.77	8.82	8.54	8.75	8.22	8.23	7.4	7.38	8.3	
	3	7.58	7.44	7.82	8.1	7.98	8.26	8.26	7.78	6.75	7.75	7.14	7.1	7.86	
TURBIDEZ (UNT)	1	15	15.3	16.8	15.8	14.8	19.2	28.7	41.6	7.34	31.7	13.9	72.6	52.5	< 100
	2	6.8	8.87	8.46	8.89	7.85	7.66	6.87	6.82	7.89	16.26	16.27	36.83	26.69	
	3	81.6	76.88	78.8	81.8	87.13	18.82	78.87	88.8	78.0	59.8	88.2	92	18.83	
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	1	4	7	5	6	5	5	5	3	2	10	20	60	0	< 5
	2	3	4	4	5	2	2	2	4	4	0	78	16	64	
	3	0	8	7	7	6	0	0	11	12	42	21	42	25	
FOSFATO (mg L ⁻¹ PO ₄)	1	0.4	0.4	0.4	0.4	3.4	0.2	3.4	9.6	8.4	15.2	12.6	36	28	< 0.1
	2	0.6	0	0	0	0.06	1.6	1.8	4.4	6.4	20	72	78	72	
	3	0.8	0.8	0.6	0.6	4.6	4.8	5	8.8	10.8	32	58	58	48	
SÓLIDOS TOTAIS (mg L ⁻¹)	1	112	132	112	108	1712	240	230	362	10336	174	252	128	250	< 500
	2	20	20	14	24	24	30	32	12	20	68	102	18	478	
	3	109.9	108.8	104.7	218.2	223.0	219.1	217.7	297.1	309.8	392.8	470.7	492.7	520	
NITRATO (mg L ⁻¹ N)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<2.18
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
	3	0.01	0.05	0.04	0.01	0	0	0	0	0	0.7	0	0.35	0.13	

LEGENDA: 1→DEZEMBRO/2011; 2→ABRIL/2012 e 3→NOVEMBRO/2012

A temperatura da água superficial da área de estudo não apresentou grandes oscilações, sendo que a mínima obtida 23.2°C (Pontos 1 e 2, 2ª coleta) e a máxima 30.8°C (Ponto 11, 2ª coleta). Entende-se que a temperatura é a aferição da intensidade de calor, sendo um parâmetro físico importante, pois influi em algumas propriedades da água, dentre elas, a densidade de oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática. Branco (1972) discutiu a influência da temperatura como fator importante do ponto de vista ecológico, pois ao haver um aumento de temperatura há uma queda nos níveis de OD, ocasionado consequências diversas para os organismos aquáticos. De acordo com DERISIO (1992), a solubilidade dos gases na água é inversamente proporcional à temperatura. Este estudo atendeu a essa afirmativa uma vez que o aumento da temperatura da água superficial durante a 3ª coleta (Novembro de 2012) foi acompanhado da redução dos valores de oxigênio dissolvido durante este mesmo período, porém essa redução não é comprometedora para a comunidade biológica, a menos que fatores antropogênicos venham a interferir nesse ambiente.

Os pontos 10, 11, 12 e 13, apresentaram concentração de O₂ dissolvido variando de 2,77 a 3,47 mg L⁻¹. Estes valores estão em desacordo com o padrão de qualidade de água da legislação vigente (> 5,0 mg L⁻¹).

O OD, de acordo com Von Sperling (2007), é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos. Constitui-se de fundamental importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. A exceção da 2ª campanha o ponto 13 apresentou valores de OD inferiores aos valores estipulados na legislação, nesse ponto cabe salientar que por está situado dentro da Estação de Tratamento de Água apresenta condições físico-químicas diferenciadas e acaba por influenciar os pontos 12, 11 e 10 uma vez que estão à jusante do mesmo.

A determinação da concentração de oxigênio dissolvido em águas é também imprescindível para o desenvolvimento da análise da DBO, demanda bioquímica de oxigênio, que representa o potencial de matéria orgânica biodegradável nas águas. A 3ª campanha foi a que mais apresentou irregularidades quanto ao excesso de DBO, onde apenas os pontos 1, 6 e 7 não superaram os limites legislados. Porém este estado ambiental não demonstra fragilidade no ecossistema aquático, pois nota-se um equilíbrio na concentração de oxigênio dissolvido e o seu consumo pelas bactérias, ou seja, o consumo está alto, mas existe continuidade na produção do gás. O problema está nos pontos de 10 a 13 por conta da estação de tratamento, já citada anteriormente, onde o aumento da matéria

orgânica está resultando na maior taxa de respiração de microorganismos, dando origem à elevação de DBO e ainda a redução na concentração de oxigênio dissolvido. Para Fiorucci e Filho (2005) águas seriamente poluídas apresentam DBO maior que 10 mg L^{-1} . Seguindo esta referência, os pontos de 10 a 13 estariam seriamente comprometidos.

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH predominante em todos os pontos da bacia do rio Subaé em todas as coletas variou de levemente ácido a levemente básico, sendo o ponto 12 na primeira coleta, o menor valor 7,06 e o maior 8,82 no ponto 6 da segunda coleta. Estes valores estão dentro dos padrões de qualidade segundo o CONAMA 357/05 com pH de 6 a 9, sendo que os organismos aquáticos (principalmente peixes), estão melhores adaptados às condições de neutralidade. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença direta de despejos industriais e pode influenciar na precipitação de metais como Cr e Cu (CARVALHO *et al.*, 2009), o aumento do pH acarreta na precipitação de metais e conseqüentemente reduz a CE; interfere na dissolução de carbonatos e hidróxidos, pois a diminuição do pH modifica a dissorção dos cátions metálicos devido à competição com hidroxilas (FORSTNER & WITTMAN, 1981), agravando a qualidade da água.

Os valores obtidos para a variável física Turbidez não foram excedidos, em nenhum dos pontos monitorados nas três campanhas realizadas por este estudo.

O fator preponderante para alteração dos níveis de turbidez é a presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos, argila e silte. Nota-se que valores mais elevados de turbidez foram observados durante a 3ª campanha e isso pode ser explicado pelo menor índice pluviométrico que por conseqüência, reduz a coluna d'água e assim concentra mais os sólidos suspensos do sedimento do rio, mas como já citado anteriormente os valores não são preocupantes.

Do ponto de vista sanitário, a turbidez poderá afetar esteticamente os corpos d'água ou ainda encarecer os processos de tratamento para fins de abastecimento público e industrial. Outro fator a ser considerado é que a fauna e a flora aquática poderão sofrer distúrbios em função da redução de penetração de luz na coluna d'água, visto que, segundo Von Sperling (2007), turbidez caracteriza-se pelo grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma.

As concentrações de fosfato total são alarmantes, principalmente durante a 3ª coleta, onde essa concentração variou de $0.6 \text{ mg L}^{-1} \text{ PO}_4^{3-}$ (nos Pontos 3 e 4) a $58 \text{ mg L}^{-1} \text{ PO}_4$ (nos pontos 11 e 12), porém esses mesmos pontos de coleta ainda apresentaram valores

maiores durante a 2ª campanha (72 a 78 mg L⁻¹ PO₄) acrescidos ainda pelo ponto 13 (78 mg L⁻¹ PO₄).

Quando se atinge nível hiper eutrófico, ou seja, teores de fósforo total > 0,1 mg L⁻¹, além do crescimento desordenado e explosivo de algas, aparecem plantas aquáticas superiores (macrófitas), prejudicando os usos múltiplos que se possam fazer daquela água, além de se constituir em habitat adequado aos planorbídeos (caramujo hospedeiro intermediário do verme causador da esquistossomose). Tal fato foi observado mais expressivamente no ponto 11.

Segundo EPA (1976), algumas das origens dos fosfatos em águas são os constituintes de detergentes, aparecendo em produtos de limpeza e enriquecendo as águas residuárias urbanas; constituintes de fertilizantes, que são levados pelas chuvas até cursos d'água ou em resíduos não-tratados de indústrias de fertilizantes; presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos, na forma de precipitados químicos inorgânicos; sendo que essas atividades estão presentes na BRS, como foi visto no mapa de uso e ocupação do solo (Figura 17), e as visitas em campo nos períodos amostrais.

Como mostra o mapa de uso e ocupação do solo (Figura17), 77.6% da área de toda BRS corresponde à agropecuária, o que pode explicar os altos valores de fosfato. O fosfato também está diretamente associado aos níveis de pH que a depender dos níveis podem determinar a sua forma de apresentação em espécies iônicas e OD que é influenciado pelo nível de concentração e regime de estratificação térmica na coluna d'água.

Em relação ao parâmetro, sólidos totais, os valores encontrados na maioria dos pontos de amostragem estão em conformidade com a legislação, como se observa na Tabela 03. Apenas os pontos 5 e 9, na 1ª coleta, e o ponto 13, na 3ª coleta, apresentaram valores acima do aceitável pela legislação, 1712 mg L⁻¹, 10336 mg L⁻¹ e 520 mg L⁻¹, respectivamente. Esses três pontos são margeados por estradas não pavimentadas, com tráfego de veículos. Sendo que no ponto 05, a mata ciliar está quase que totalmente devastada, têm extração de bambu e apresenta relevo bastante acentuado (alta declividade); o ponto 09 tem várias fazendas ao redor, uma cachoeira próxima, Cachoeira do Urubu, qual segundo moradores é um ponto turístico do local e ainda apresenta animais, bovinos, pastando soltos no local e uma redução significativa de vegetação ciliar, o que pode explicar os altos valores de ST.

A quantidade de sólidos suspensos ou dissolvidos indica a possibilidade de turvação da água reduzindo potencialmente a penetração da luz no processo biótico e dinâmica do corpo hídrico, pois impedem a entrada de luz necessária ao processo de fotossíntese, influenciando diretamente a produção primária o que compromete a base da cadeia

alimentar e, por conseguinte a qualidade ambiental e, segundo Piveli (2006), o excesso de ST dissolvidos na água pode levar a graves problemas de salinização do solo, além de sua relação direta com a CE da água, devido ao aumento da concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas.

Quanto aos níveis aferidos para concentração de Nitrato, todos os pontos encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Os valores de nitrato servem para melhor avaliar a qualidade do ambiente, pois sua presença, com níveis acima da resolução CONAMA 357/05, está relacionada a ambientes eutrofizados. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), escapando para atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Estes apresentam um direcionamento mais detalhado para indicativos de eutrofização, principalmente quando é identificada alta incidência de macrófitas. Quando em altos níveis o mesmo pode estar diretamente associado à presença de fertilizantes na água e no solo, ou até mesmo, através de processos naturais. E quando o ambiente apresenta um nível alto de eutrofização interfere diretamente na produção natural de outros parâmetros como, por exemplo, o Fosfato através do Fósforo.

Segundo o CONAMA 357/05 para rio de classe 2, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. No padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano a presença de Coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e totais deve ser nula para 100 ml da amostra (Ministério da Saúde Portaria N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004).

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos em todos os pontos de monitoramento nas três coletas.

Tabela 04: Resultados das análises dos parâmetros microbiológicos, Coliformes Totais (C.T.) e Coliformes Fecais (C. F.) da água do rio Subaé – BA, comparados com a resolução CONAMA 357/05, classe 2 .

Parâmetro	COLETA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
C.T. NMP.100mL	1	>23	>23	>23	>23	>23	>23	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$
	2	3.5×10^3	5.0×10^3	1.6×10^4	1.6×10^4	1.6×10^4	2.4×10^4	2.4×10^3	2.4×10^4	2.4×10^4	1.3×10^4	1.6×10^4	1.7×10^5	1.6×10^4
	3	9×10^3	7×10^2	$\geq 1.6 \times 10^4$	3×10^3	2.3×10^2	5×10^2	5×10^2	>23	3×10^3	>23	5×10^3	1.6×10^5	3.5×10^3
C. F NMP.100mL	1	>23	>23	>23	>23	>23	>23	$\geq 7.0 \times 10^2$	3.3×10^2	1.3×10^2	2.0×10	1.6×10^4	$\geq 1.6 \times 10^4$	$\geq 1.6 \times 10^4$
	2	9.0×10^2	1.3×10^3	5.0×10^2	2.0×10^1	1.7×10^2	1.4×10^3	1.3×10^2	2.7×10^3	7.0×10^2	4.0×10^2	2.0×10^1	2.0×10^3	5.0×10^2
	3	4×10	1.1×10^2	2.2×10^2	< 2	1.3×10^2	8×10	7×10	>23	2×10^2	1.1	2.4×10^3	1.7×10^4	2.2×10^3

*CONAMA 357/05: C.T.= Não Aplicável e C.F.=Inferior a 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 60% ou mais.

LEGENDA: 1→DEZEMBRO/2011; 2→ABRIL/2012 e 3→NOVEMBRO/2012.

Nota-se quem em vermelho estão os valores de coliformes termotolerantes que superaram os limites do CONAMA 357/2005, pois não existem valores legislados de coliformes totais. Valores críticos de coliformes termotolerantes (2000 a 17000 NMP/100ml) podem ser destacados nos pontos 11, 12 e 13, durante a primeira e a terceira campanha. A presença de coliformes termotolerantes na água indica poluição, com o risco potencial da presença de organismos patogênicos, sendo indicativo da ocorrência de contaminação de origem fecal da água, devendo alertar as comunidades locais sobre a impossibilidade de utilizar essa água sem o devido tratamento.

Em alguns pontos analisados foi possível fazer a contagem do número de colônias através da diluição da água. Essa análise torna mais evidente a contaminação por coliformes uma vez que os valores alcançaram até 7 vezes os valores recomendados pelo CONAMA 357/05, para água de Classe II (1×10^3). Estes elevados valores de coliformes termotolerantes nestes pontos, podem ser explicados pelo uso e ocupação do solo na BRS com influência de área urbana, distritos projetados ao longo do curso do rio e que não contam com saneamento básico, até o presente momento, presença de animais homeotérmicos (de sangue quente) que apresentam esse grupo de bactérias no seu trato intestinal, quais são excretadas através das fezes desses animais e de indivíduos contaminados, que contaminam a água e o solo. Esses microrganismos são então ingeridos através de água ou alimento contaminado, podendo causar enfermidades diarréicas. Assim, a transmissão de microrganismos patogênicos pode ocorrer de pessoa para pessoa ou até mesmo de animal para humanos (WHO, 1996).

O monitoramento periódico da qualidade microbiológica da água e a observação das medidas de proteção desse rio são fatores importantes para a prevenção de doenças de veiculação hídrica. A análise de bactérias do grupo coliforme é usada como indicador do grau de contaminação e qualidade da água há mais de meio século. Ela avalia a poluição recente da água por fezes e eventualmente a sua contaminação. Quanto maior for o número de coliformes encontrados na água, maior é a probabilidade de se encontrar microrganismos patogênicos (DI BERNARDO; DI BERNARDO DANTAS, 2005). Por fim, a partir desses dados, é perceptível a necessidade de políticas públicas que viabilizem a conservação dos recursos hídricos da região da BRS.

Os elementos analisados nas coletas da água nos três períodos amostrais foram: Cr, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb e Cu, (todos em triplicata) para cada coleta. Na Tabela 05, é apresentada a média da análise dos elementos em mg L^{-1} obtidos em Dezembro/2011; Abril e Novembro /2012, em treze pontos de monitoramento das águas superficiais entre o alto e baixo curso do rio Subaé - BA, com seus respectivos Desvio Padrão (DV) e Coeficiente de Variância.

Tabela 05: Média da análise de MP (mg L⁻¹) obtidos nas três coletas (Dezembro/2011; Abril e Novembro /2012) em treze pontos de monitoramento das águas superficiais entre o alto e baixo curso do rio Subaé-BA, com seus respectivos Desvio Padrão (DV) e Coeficiente de Variância (CV).

PONTOS	Média Cu	DP	CV%	Média Mn	DP	CV%	Média Ni	DP	CV%	Média Pb	DP	CV%	Média Zn	DP	CV%
1	0.021	0.0178	84.65	0.037	0.0254	68.08	0.006	0.0015	26.65	0.0218	0.0058	26.84	0.077	0.1	114.56
2	0.008	0.0014	18.37	0.036	0.0069	19.01	0.005	0.0008	15.75	0.0222	0.0004	1.81	0.049	0.0	88.32
3	0.037	0.0545	145.48	0.043	0.0144	33.06	0.038	0.0277	72.93	0.0383	0.0178	46.69	0.114	0.1	65.55
4	0.021	0.0216	100.94	0.033	0.0155	47.47	0.007	0.0035	49.49	0.0301	0.0014	4.93	0.089	0.1	60.92
5	0.007	0.0029	43.84	0.034	0.0164	48.26	0.007	0.0017	24.74	0.0292	0.0024	8.43	0.054	0.0	88.26
6	0.011	0.0054	48.77	0.048	0.0164	33.83	0.019	0.0106	55.07	0.0301	0.0016	5.46	0.302	0.4	131.63
7	0.016	0.0140	85.05	0.053	0.0283	53.84	0.030	0.0229	75.22	0.0291	0.0025	8.71	0.131	0.2	115.15
8	0.016	0.0181	111.11	0.137	0.1217	88.55	0.025	0.0176	69.51	0.0418	0.0209	50.22	0.110	0.1	104.89
9	0.034	0.0212	62.07	0.206	0.1895	91.96	0.033	0.0040	12.37	0.0312	0.0051	16.38	0.128	0.1	70.24
10	0.019	0.0132	69.03	0.049	0.0277	56.23	0.017	0.0058	34.64	0.0289	0.0071	24.64	0.119	0.1	48.18
11	0.018	0.0130	73.66	0.083	0.0596	71.53	0.069	0.0508	73.99	0.0745	0.0540	72.55	0.443	0.5	113.49
12	0.042	0.0376	88.77	0.052	0.0125	24.13	0.038	0.0252	66.15	0.0378	0.0050	13.46	0.134	0.0	29.13
13	0.044	0.0655	147.81	0.039	0.0154	39.23	0.048	0.0350	72.30	0.0712	0.0605	85.00	0.171	0.1	85.42

A Tabela 06 apresenta os limites de detecção do espectrofotômetro de absorção atômica por chama, no qual foi realizada a leitura dos MP avaliados nesse estudo.

Tabela 06: Valores dos limites de detecção (LD) do espectrofotômetro de absorção atômica por chama.

METAIS							
	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
LD (mg L⁻¹)	0.009	0.005	0.002	0.002	0.004	0.006	0.008

A tabela 07 apresenta os valores máximos de MP permitidos pela resolução CONAMA 357/05 e 430/12 para o rio Subaé para águas doces superficiais Classe 2.

Tabela 07: Valores máximos permitidos de metais pesados pela resolução CONAMA 357/05 para águas doces superficiais Classe 2.

METAIS	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
CONAMA 357/05	0,001 mg L ⁻¹	0,05 mg L ⁻¹	0,009 mg L ⁻¹	0,1 mg L ⁻¹	0,025 mg L ⁻¹	0,01mg L ⁻¹	0,18 mg L ⁻¹

Os metais pesados Cd e o Cr não foram detectados em nenhum dos pontos analisados durante as três coletas, por isso os mesmos não estão presentes na Tabela 05. No entanto, os valores não detectados não significam que estes elementos não estejam presentes nas amostras coletadas, mas que suas concentrações estão abaixo do limite de detecção do aparelho.

Como se pode ver na Tabela 05, as maiores concentrações de metais encontrados em ordem decrescente foram Zn>Mn>Cu>Pb>Ni. Ao comparar estes dados com os estudos realizados por Cruz (2012) nas nascentes do rio Subaé, Feira de Santana – BA, observa-se diferença na ordem de concentração dos metais estudados: Mn>Zn>Pb>Ni>Cu. Este resultado foi inesperado, uma vez que, o histórico de contaminação por Pb foi a região da Fábrica PLUBUM. Questiona-se a origem da maior concentração de Pb nas nascentes quando comparado com o médio e baixo curso do rio Subaé.

Uma hipótese é de que o chumbo é facilmente transportado pela atmosfera sob a forma de particulado e pode ser transportado para a superfície através da deposição seca ou úmida (precipitação úmida) e pode ser transportado a longas distâncias. Outra hipótese seria a de que em regiões próximas às vias de tráfego intenso e de indústrias, os teores de

chumbo são bem mais elevados que aqueles encontrados em áreas isoladas (Larini, 1993). Estudos mais específicos deverão ser realizados em todo o curso do rio para investigar o comportamento geoquímico do Pb, especificamente.

As Figuras 22, 23, 24, 25 e 26 ilustram as distribuições espaciais dos MP nas águas superficiais do rio Subaé - BA conforme os resultados apresentados na Tabela 05.

ZINCO

Em relação às concentrações de Zn (Figura 22) excederam os valores estipulados pela legislação, em todos os pontos.

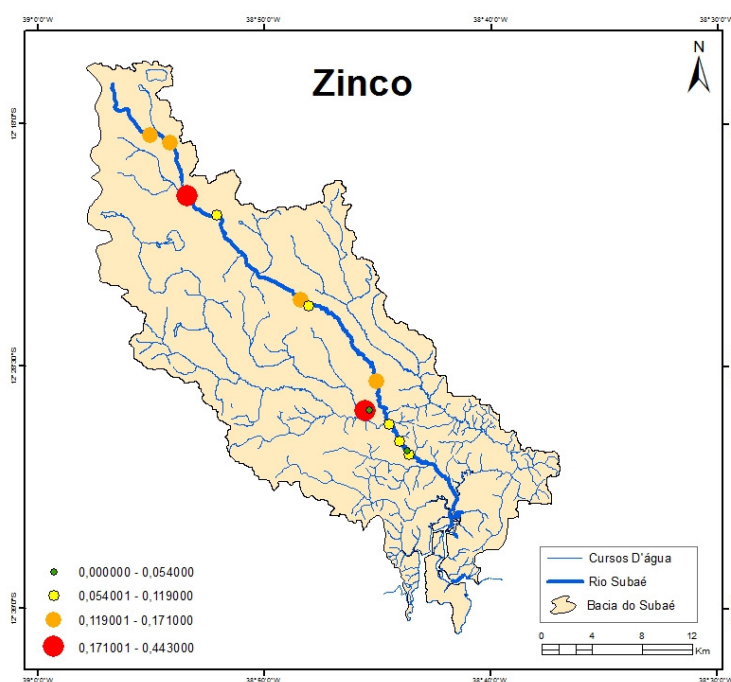


Figura 22: Distribuição espacial das concentrações médias de Zn nas águas superficiais do rio Subaé - BA.

Os fertilizantes, esgotos sanitários, fundições e galvanoplastias são fontes antropogênicas importantes de Zn (Cammarota, 1980). O ponto 06 é marcado pela grande extração de bambu, retirada da mata ciliar e extração de argila, dessas atividades é possível que as altas concentrações de Zn na água possam provir da extração de argila, pois revolve os elementos químicos que estão adsorvidos ou absorvidos pelo sedimento e/ou solo. De acordo com os resultados dos parâmetros físico-químicos este ponto não apresentou indícios de recebimento de esgotos doméstico, maior fonte de Zn para a água, logo esta possibilidade foi descartada. O enriquecimento por fertilizantes também não foi aceita, uma vez que refletiriam em teores mais elevados de fosfato.

Já o ponto 11, apresenta uma fonte de enriquecimento de Zn clara, pois localiza-se no município de Humildes e o bairro do Limoeiro, visivelmente receptor de efluentes domésticos (refletido nos parâmetros físico-químicos).

Cruz (2012) encontrou valores de Zn nas Lagoas do Subaé (Feira de Santana-BA), uma das nascentes do rio Subaé, acima do estabelecido pela legislação. Assim como, estudos realizados por Farias (2006) nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Cabelo demonstrou que as concentrações de Zn presente na água foram bastante variáveis ao longo dos pontos de amostragens, sendo que 82% dos valores observados ao longo do rio estão abaixo de $0,006 \text{ mg.L}^{-1}$ limite de quantificação do aparelho, portanto, segundo o autor, não chegando a ultrapassar os limites estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA.

Segundo Philippi *et al.* (2004), em águas superficiais, as concentrações de Zn estão normalmente na faixa de $0,001$ a $0,10 \text{ mg L}^{-1}$. Largamente utilizado na indústria, o Zn é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam a combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos.

MANGANÊS

Em relação às concentrações de Mn, as mais altas concentrações foram especificamente localizadas no médio curso do rio Subaé (Figura 23), nos Pontos 8 e 9 e essas concentrações excederam os valores estabelecidos pelo CONAMA 357/2005.

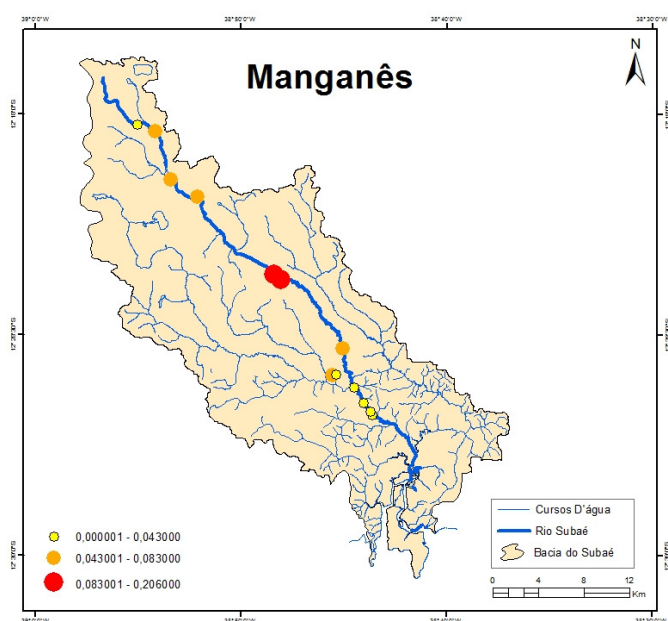


Figura 23: Distribuição espacial das concentrações médias de Mn nas águas superficiais do rio Subaé-BA.

Assim como Zn, concentrações elevadas de Mn também são mais comuns em efluentes urbanos e industriais. O ponto 8 é marcado pela ponte que dá acesso a Santo Amaro com grande acúmulo de lixo e saída de esgoto diretamente no rio. A Figura 23 demonstra que a medida que o rio se distânciava as concentrações de Mn apresentam valores aceitos pela legislação.

Estudos realizados por Cruz (2012) também encontrou valores acima do permitido de Mn nas nascentes do rio Subaé (Lagoa Salgada e Lagoa Subaé), assim como no sedimento, corroborando com Silva (2012), que encontrou valores de Mn nos sedimentos das Lagoas Salgada, Subaé e Nascente Pedro Suzart que variam entre 69,33 a 200,58 mg Kg⁻¹, considerados altos de acordo aos padrões de referência para sedimento, o que também pode estar influenciando nesses altos valores de Mn ao longo do curso do rio Subaé.

Análise sobre a situação da contaminação por metais pesados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Cabelo realizada por Farias (2006), também detectou altas concentrações de Mn, sendo que a concentração de manganês apresentou 80% dos valores variando entre 0 e 0,02 mg L⁻¹ e 14% dos valores observados apresentaram valores variando entre 0,06 e 0,08 mg L⁻¹.

Conforme Ayres & Westcot (1991), o Mn raramente atinge concentrações de 1 mg L⁻¹ em águas superficiais naturais, em geral, esta presente em quantidades abaixo de 0,2 mg L⁻¹. É muito usado na indústria do aço e na fabricação de ligas metálicas e baterias, bem como, na indústria química, em tintas vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros. Sua presença em quantidades excessivas é indesejável em mananciais de abastecimento público, em razão de seu efeito no sabor, do tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e do acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição.

COBRE

Altas concentrações de cobre foram encontradas em pontos de coleta distribuídos em todo o curso do rio Subaé, BA (Figura 24).

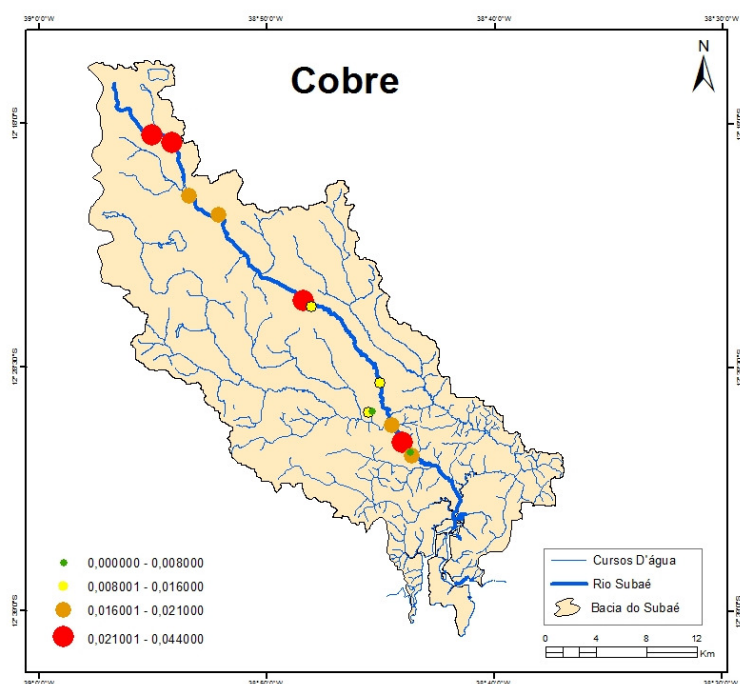


Figura 24: Distribuição espacial das concentrações médias de Cu nas águas superficiais do rio Subaé-BA.

Com exceção dos pontos 2 e 5, todos os pontos apresentaram concentrações de Cu acima do valor limite estabelecido pelo CONAMA 357/05. Segundo Pedroso & Lima (2001), grande parte do Cu encontrado em águas superficiais está relacionado às atividades de mineração e fundição, queima de carvão, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais.

O ponto 13, que apresentou a maior concentração de Cu ($0,44 \text{ mg L}^{-1}$), está localizado dentro da Estação de Tratamento de Água e recebe efluentes da região de Feira de Santana, além de influenciar nas concentrações de Cu no ponto 12, que está à jusante do mesmo. As práticas agrícolas nos pontos 3 e 9 podem contribuir com as altas concentrações de cobre, implicando na contaminação dos pontos a jusante destes.

Estudos realizados por Pio (2004) em águas do Igarapé do distrito industrial de Manaus detectou concentrações de Cu, praticamente em todos os pontos, concentrações acima dos limites permitidos pela legislação, atribuindo essas altas concentrações ao despejo de efluentes pela galvanoplastia, atividade desenvolvida na região. No entanto, análise sobre a situação da contaminação por mp nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Cabelo realizada por Farias (2006), revelou que neste parâmetro os valores estiveram abaixo do limite de quantificação do aparelho que é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ durante

toda pesquisa em todos os pontos. Portanto, o autor conclui que o Cu não atingiu valores superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA.

NÍQUEL

A maior concentração de níquel encontrada ($0,69 \text{ mg L}^{-1}$) foi registrada no alto curso do rio Subaé, BA (Figura 25), porém os valores de Ni excederam os limites do CONAMA 357/2005, em pontos distribuídos ao longo do curso do rio (P3, P7, P8, P9, P11, P12, P13).

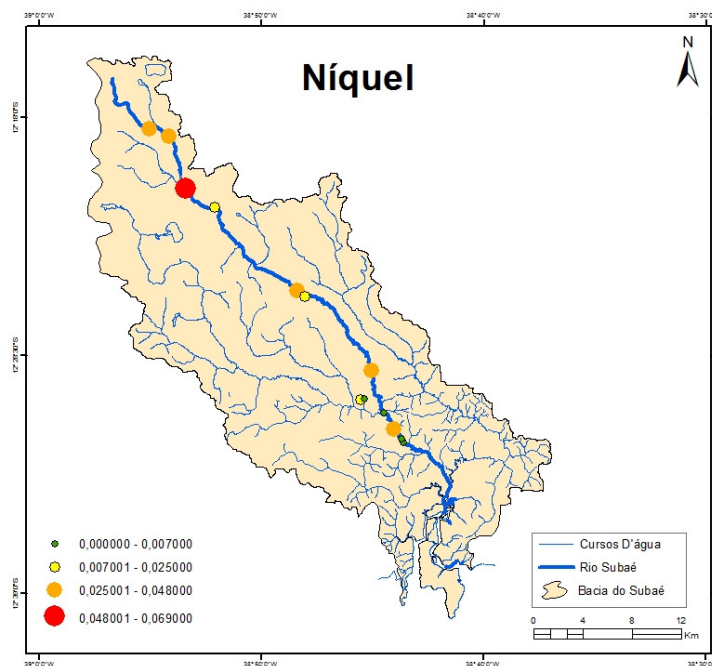


Figura 25: Distribuição espacial das concentrações médias de Ni nas águas superficiais do rio Subaé-BA.

As maiores concentrações de Ni nas nascentes encontradas por Cruz (20012) foi de $0,037 \text{ mg L}^{-1}$ na Lagoa Salgada, as demais áreas apresentaram concentrações dentro dos valores aceitáveis pela legislação vigente. Tal fato demonstra que a contaminação por Ni é de origem difusa, não tendo uma única fonte responsável.

Atividades antropogênicas que podem adicionar Ni e Pb aos solos e por conseguinte a água são: mineração; adubação com lodo de estação de tratamento de efluentes (PAGE *et al.*, 1979; ALLOWAY, 1995); fabricação de baterias de automóveis e celulares; estabilização de plásticos; formulação de pigmentos; fertilizantes fosfatados (PRASAD, 1995; LOGANATHAN *et al.*, 1997; RAVEN e LOEPPERT, 1997; MCLAUGHLIN e SINGH, 1999) queima de combustíveis fósseis (ADRIANO, 1986; ALLOWAY, 1995) dentre outros. Duas dessas fontes são observadas nos pontos 13 e 11, pontos que apresentaram maiores concentrações de Ni e Pb. O presente estudo levanta a possibilidade do o ponto da

Estação de Tratamento de Água (P13) está recebendo efluentes industriais, uma vez que, apresentou altas concentrações de Pb e Cu, além do Ni. O recebimento de efluentes industriais em estações urbanas de tratamento de água não é permitido pela legislação ambiental, pois os efluentes industriais devem ter tratamento próprio. Isso demonstra a ineficácia do processo de tratamento de água pela empresa responsável.

Como o ponto 11 abriga uma grande plantação de eucalipto (0,5 % de toda a área da bacia) é possível que esse cultivo seja responsável pelas altas concentrações de Ni e Pb, ou por conta do uso de lodos e fertilizantes ricos nesses metais ou ainda por conta do uso de lodo de esgoto (enriquecido por Pb e Ni) na plantação.

Dentre os fertilizantes que adicionam metal pesado, destacam-se os fosfatados. As concentrações de Ni em fertilizantes fosfatados variam de 7 a 38 mg Kg⁻¹ e as concentrações de Pb podem variar de 7 a 225 mg Kg⁻¹. As mais altas concentrações de fosfato total no ponto 11, nas três campanhas reforçam tal hipótese.

Estudos realizados por Pio (2004) em águas do Igarapé do distrito industrial de Manaus detectou concentrações de Ni acima dos limites da legislação e atribui a presença de Ni como oriunda da atividade antrópica; uma vez que, este elemento em ambientes naturais possui concentração muito baixa quando comparado com os valores obtidos (PHILIPS, 1994). Enquanto que, a análise sobre a situação da contaminação por metais pesados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Cabelo realizada por Farias (2006), detectou valores de Ni entre a faixa de 0 e 0,001mg L⁻¹ para 59% dos valores observados e 23 % foram superiores a 0,025 mg L⁻¹ acima dos valores estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA.

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 mg L⁻¹, embora concentrações de mais de 11 mg L⁻¹ possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A queima de combustíveis fósseis contribui para o aumento da concentração no meio ambiente. Os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas e as indústrias de eletrodeposição também se enquadram como contribuintes principais; como fonte secundária, está à fabricação de alimentos, de artigos de panificadoras, de refrigerantes e de sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis afetar nervos cardíacos e respiratórios (PHILIPPI *et al.*, 2004).

CHUMBO

A Figura 26 destaca que as maiores concentrações de Pb estão localizadas no alto da bacia do rio Subaé, nos pontos 11 e 13 ($\pm 0,07 \text{ mg L}^{-1}$).

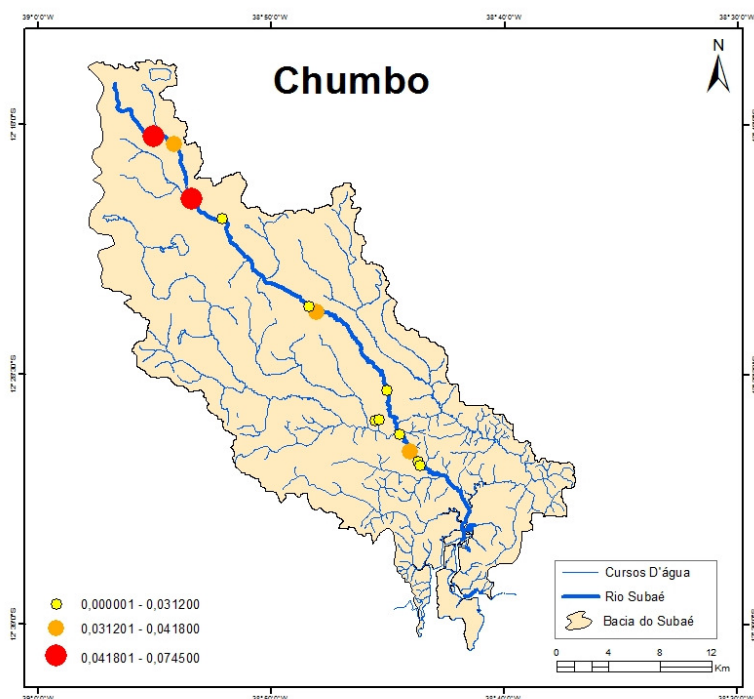


Figura 26: Distribuição espacial das concentrações médias de Pb nas águas superficiais do rio Subaé - BA.

As principais fontes são: emissões atmosféricas, provenientes da indústria metalúrgica, fábricas de fertilizantes, combustão de carvão e combustíveis fósseis, mineração e incineradores, além da aplicação direta no solo de biossólidos, estrume, fertilizantes e corretivos agrícolas, entre outros (AZEVEDO *et al.*, 2004). Nota-se que as fontes antropogênicas responsáveis pelo enriquecimento de Pb no ambiente são similares as fontes de Ni. Assim as explicações semelhantes ao que foi esclarecido para o níquel podem ser aplicadas ao chumbo.

Apesar do histórico de contaminação por Pb ser na região de Santo Amaro da Purificação, a água, qual demonstra concentrações facilmente disponíveis, do alto curso apresentou maiores concentrações desse elemento. Trabalho realizado por Nunes (2012) na Lagoa Salgada, uma das nascentes do rio Subaé, encontrou valores de Pb nas espécies de peixe *Astyanax bimaculatus*, *Hoplias malabarcius* e *Oreochromis niloticus* acima do permitido para consumo humano, alcançado uma concentração oito vezes acima do limite da legislação brasileira.

Cruz (2012) também detectou Pb na água e sedimento superficiais das nascentes do rio Subaé (Lagoa Salgada, Lagoa Subaé e Nascente Pedro Suzart) em altas concentrações

com relação ao estabelecido no CONAMA 357/05 para água e em relação aos valores de referência para sedimento, sendo que as maiores concentrações se apresentaram na lagoa Salgada.

Os resultados obtidos nesse trabalho em relação ao Pb, assim como os resultados das concentrações desse metal na água, sedimento e peixe nas nascentes do rio Subaé foi de extrema importância para que haja um levantamento das atividades agroindustriais, e por sua vez da forma de descarte dos seus efluentes, definindo as possíveis fontes de Pb na região.

Conforme Moreia e Moreira (2004), o Pb é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, pois inúmeras atividades industriais favorecem a sua grande distribuição. Ele não constitui um problema ambiental até que venha a se dissolver, passando à forma iônica, o que acontece geralmente, em meio ácido, caso presente em todas as coletas. Dessa maneira, ele passa a ser um elemento preocupante para o ambiente e para a saúde da população, pois se torna biodisponível, possuindo efeito cumulativo dentro da cadeia trófica.

RESULTADOS DA CORRELAÇÃO DE PEARSON DOS METAIS EM ÁGUA E OS FATORES FÍSICO QUÍMICOS

A correlação de Pearson, realizada através do programa estatístico PAST, foi utilizada para unificar as possíveis relações entre os metais pesados e a relação destes com os parâmetros físico-químicos (pH, CE, OD, DBO, ST, Nitrato, Fosfato e Temperatura) da água.

Tabela 08: Correlação (Pearson) entre as médias dos MP e os parâmetros físico-químicos analisados durante três coletas (Dezembro/2011; Abril e Novembro/2012) em treze pontos de monitoramento das águas superficiais entre o alto e baixo curso do rio Subaé - BA.

Valor de r*													
CE (µS)	T (°C)	OD (mg L ⁻¹ O ₂)	CE µS	pH	Turb (UNT)	DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	FOSFATO (mg L ⁻¹ PO ₄)	ST (mg L ⁻¹)	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
T (°C)	0	0.82075	0.35961	0.094077	0.80759	0.7818	0.61731	0.86071	0.60962	0.99251	0.94711	0.94896	0.8581
OD (mg L ⁻¹ O ₂)	-0.0698	0	0.70696	0.7539	0.61568	0.40726	0.25471	0.63261	0.11031	0.62255	0.55771	0.23401	0.75025
CE (µS)	0.27697	-0.11556	0	0.14369	0.038628	0.018533	0.000206	0.74382	0.18313	0.3807	0.010043	0.028614	0.070665
pH	0.48359	0.096467	0.42884	0	0.16359	0.00225	0.051503	0.67383	0.11994	0.42793	0.38409	0.44183	0.8149
Turb(UNT)	0.075008	-0.1539	0.5778	-0.41045	0	0.02053	0.000143	0.27036	0.065976	0.66258	0.34816	0.32524	0.8659
DBO (mg L ⁻¹ O ₂)	-0.08527	0.25146	0.63975	-0.76631	0.63182	0	0.012238	0.56314	0.2458	0.72223	0.32552	0.71541	0.59445
FOSFATO (mg L ⁻¹ PO ₄)	0.1532	-0.34066	0.85347	-0.54997	0.86339	0.66992	0	0.90461	0.014461	0.8442	0.062235	0.063707	0.59277
ST (mg L ⁻¹)	0.054081	-0.14665	0.10054	0.12927	-0.3303	-0.17691	-0.03695	0	0.48753	0.000677	0.82092	0.69424	0.78909
Cu	-0.15651	-0.46389	0.39375	-0.45314	0.52412	0.34672	0.65816	0.21168	0	0.59072	0.063854	0.16582	0.99163
Mn	-0.0029	0.15095	0.26547	0.24087	-0.13397	-0.10931	0.06056	0.81561	0.16473	0	0.3521	0.76706	0.70298
Ni	-0.02046	-0.17934	0.68324	-0.26365	0.28336	0.29635	0.53038	0.06973	0.52764	0.28115	0	0.000127	0.005386
Pb	-0.01974	-0.35495	0.60457	-0.2339	0.29652	0.1121	0.52789	-0.1208	0.40849	0.091174	0.86642	0	0.011977
Zn	0.055105	0.097938	0.51661	-0.07211	-0.05205	0.1631	0.16383	-0.0823	-0.00324	0.1172	0.72135	0.67141	0

Valor de p

*Nível de significância <0,05.

Correlações positivas significativas foram encontradas entre os parâmetros físico-químicos: CE-turbidez, CE-DBO, CE-Fosfato e DBO-pH, DBO-Turbidez além de Fosfato-DBO, Fosfato-pH e Fosfato-Turbidez, e estão todos associados a influência dos esgotos domésticos uma vez que esses são ricos em sais dissolvidos e ionizados quando presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica. Além da matéria orgânica, presente no esgoto doméstico, que é composta por macromoléculas chamadas de substâncias húmicas, fontes de fósforo e nitrogênio para os animais e plantas aquáticas. O acúmulo de matéria orgânica pode ocasionar: aumento da turbidez e o consumo de oxigênio pelas bactérias, aumento assim a DBO.

As correlações apresentadas entre os metais e os parâmetros físico-químicos foram: Cu -turbidez, Cu- DBO, Cu-fosfato e Cu-Pb; do Mn- ST; Ni - OD, Ni- fosfato, Ni-Pb; e a correlação do Pb - fosfato, Pb- ST; Zn - OD; podem estar relacionadas a duas questões: os efluentes domésticos e os fertilizantes. Reforçando as discussões anteriores sobre o uso de fertilizantes ricos em metais como Pb e Ni e a alta concentração de Cu e Zn em ambientes que recebem cargas de efluentes domésticos ou ainda ambiente que deveria tratar esses efluentes mas não fazem de forma adequada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo apresentaram alguns dos parâmetros físicos químicos em desacordo com o padrão de qualidade de água da legislação vigente, como a concentração de oxigênio dissolvido nos pontos do alto da bacia. Porém este estado ambiental não demonstra fragilidade no ecossistema aquático, em relação à sobrevivência de organismos aquáticos, pois nota-se um equilíbrio na concentração de oxigênio dissolvido e o seu consumo pelas bactérias, ou seja, o consumo está alto mas existe continuidade na produção do gás. As contaminações microbiológicas foram registradas nos pontos que notadamente apresentaram descarte de efluentes domésticos e também no ponto de saída da estação de tratamento de água da EMBASA (ponto 13).

O fosfato total foi o parâmetro que mais chamou a atenção, pois apresentou valores quase 100 vezes superiores ao permitido pela Legislação Ambiental e esse cenário se repetiu na maioria dos pontos de coleta, oscilando nos três períodos da coleta. Observou-se uma associação deste parâmetro com o Pb, principalmente no ponto de coleta que apresentava uma cultura de eucalipto como uso do solo. Indicando que possivelmente esta cultura está recebendo fertilizantes ricos associados ao chumbo.

Os metais pesados Cd e o Cr não foram detectados em nenhum dos pontos analisados durante as três coletas e as maiores concentrações de metais encontrados em ordem decrescente foram Zn>Mn>Cu>Pb>Ni.

Ao comparar estes dados com os estudos realizados nas nascentes do rio Subaé, Feira de Santana – BA, observa-se concentrações de Pb maiores do que no trecho analisado neste trabalho. Este resultado foi inesperado, uma vez que, o histórico de contaminação por Pb foi a região da Fábrica PLUMBUM. Questiona-se a origem da maior concentração de Pb nas nascentes quando comparado com o médio e baixo curso do rio Subaé. Uma hipótese é de que o chumbo é facilmente transportado pela atmosfera sob a forma de particulado e pode ser transportado para a superfície através da deposição seca ou úmida (precipitação úmida) e pode ser transportado a longas distâncias. Outra hipótese é a de que em regiões próximas às vias de tráfego intenso e de indústrias, os teores de chumbo são bem mais elevados que aqueles encontrados em áreas isoladas. Estudos mais específicos utilizando testemunhos para caracterizar geoquimicamente sedimentos mais profundos, deverão ser realizados em todo o curso do rio para investigar o histórico de concentração deste metal através da geologia do solo da bacia.

Faz-se necessário a urgência no processo de mobilização da população, associações organizadas locais e órgãos públicos responsáveis, a fim de suscitar novas investigações acerca dos níveis de contaminação apontados neste estudo, igualmente à proposição de alternativas frente a esta realidade que afeta a vida de toda biodiversidade existente no ambiente e populações locais que se utilizam dos recursos hídricos do rio Subaé. Sendo que o problema da gestão dos recursos hídricos no estado da Bahia passa pela adoção de Instrumentos para a gestão das águas, tais como monitoramento da qualidade da água, cadastramento de usuários, outorga e enquadramento de corpos d'água.

REFERÊNCIAS

ADÔRNO, E. V.; CRUZ, M. A. S.; JESUS, T. B. DE; NASCIMENTO, D. C. **Avaliação do impacto do uso e ocupação da terra na qualidade da água das nascentes e lagoas da bacia do rio Subaé com subsídio de técnicas de Sensoriamento Remoto**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. p.6387. 2011.

ADÔRNO, E. V. **Avaliação da Influência de Aspectos Socioambientais do Alto da Bacia do Rio Subaé sobre a Qualidade das Águas Superficiais**. Dissertação pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente pela Universidade Estadual de Feira de Santana – PPGM/ UEFS. Feira de Santana – BA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS-ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília, 2005.

ALLEN, H. E. The significance of trace metal speciation for water, sediment and soil quality criteria and Standards. **The Science of the Total Environment**, p. 23-45, Supplement. 1993.

ANA- Agência Nacional das Águas - **Regiões Hidrográficas do Brasil / Recursos Hídricos e Aspectos Prioritários**. Disponível em <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em: 12 de junho de 2005.

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.197206, 2004.

ANJOS, J. A. S. A. dos & SÁNCHEZ, L. H. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados por resíduos industriais – o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador - BA SEI v.10 n.4 p.306-309 Março 2001.

ANJOS, J.A.S.A. dos. Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/Ba. 2003. 328f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ARAÚJO, J. O. **Concentração de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) em Awaous tajasica (Lichentenstein, 1822) de um trecho do médio curso do Rio Subaé-BA**. Monografia apresentada junto ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana. 2012.

ARAUJO, G.H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A.J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

AUGE, M. **Hidrogeologia Ambiental I**. Universidade de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas. Buenos Aires, 2004.

AZEVEDO, A. A. & MONTEIRO, J. L. G. **Análise dos Impactos Ambientais da Atividade Agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os Recursos Hídricos na Região do Pantanal**. Relatório técnico UNB-UFMT, 2004.

BAHIA. **Lei nº 11.612**, de 08 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislação/820104/lei-11612-09-bahia-ba>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2011.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Esboço metodológico. Trad. Olga Cruz. R. RAÍÇA, Curitiba: Editora UFPR, n.8, p.141-152, 2004.

BEVILACQUA, J. E. **Estudos sobre caracterização e a estabilidade geoquímica de sedimentos do rio Tietê (Pirapora a Barra Bonita), S.P. São Paulo**. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo. 178p. 1996.

BOLDRINI, C. V.; EYSINK, G. G. J.; MARTINS, M. C.; LAMPARELLI, M. C. **Contaminantes na bacia do rio Cubatão e seus reflexos na biota aquática**. São Paulo; CETESB, Relatório Técnico, 81 p. +anexos. 1990.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional. Brasília: CONAMA, 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Portaria nº 1.469/2000**, de 29 de dezembro de 2000: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001.

BRASIL. **Lei nº 9.433/97**, Instituto a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/LF/Leis/Lei9_433.htm. Acesso em 08 de fevereiro de 2011.

BURTON, Jr. G. A. **Sediment collection and processing: factors affectting realism**. Boca Raton: Lewis Publishers, Cap. 3, p. 37-66. 1992.

CARVALHO, F. M.; Silvany Neto, A. M.; TAVARES, T. M.; Costa, A. C. A.; Chaves, C. R.; Nascimento, L. D.; Reis, M. A. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. **Pan American Journal of Public Health**, v. 13, n.1. 2007.

CARVALHO, F.M.; NETO, A.M.S.; PERES, M.F.T.; GONÇALVES, H.R.; GUIMARÃES, G.C.; AMORIM, C.J.B.; Silva-Jr, J.A.S.; TAVARES, T.M. 1996. **Intoxicação pelo chumbo: zinco protoporfirina no sangue de crianças de Santo Amaro da Purificação e de Salvador, BA**. J. pediatr. (Rio J.), v.5, p. 295-298.

CARVALHO, F.M.; NETO, A.M.S.; TAVARES, T.M.; Costa, A.C.A.; CHAVES, C.R.C.; Nascimento, L.D.; Reis, M.A. 2003. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. *Rev Panam Salud Publica / Pan Am J Public Health*, v.13, p.19-24.

CARVALHO, F.M.; NETO, A.M.S.; TAVARES, T.M.; COSTA, A.C.A.; CHAVES, C.R.C.; NASCIMENTO, L.D.; REIS, M.A. 2006. A persistência de níveis elevados de chumbo no sangue de crianças de Santo Amaro da Purificação. Seminário sobre contaminação por metais pesados em Santo Amaro da Purificação. Santo Amaro da Purificação-BA.

CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS - CRA. **Qualidade das Águas, Bacia Recôncavo Norte, Subaé**. Acesso à internet em 20/01/13 – www.cra.ba.gov.br.

CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS. **Caracterização ambiental da nascente do rio Subaé**. Feira de Santana, 2000.

CENTRO INDUSTRIAL DE SUBAÉ (CIS). Disponível no site: <http://www.cis.ba.gov.br/nucleos.html>. Acesso em: 18 de abril de 2011.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre os conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, Suzi H.(Org.) **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p.13-28.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo; Edgard Blucher, 1999.

CINTRA, J.P. **Modelagem digital de terrenos, uma introdução**. Anais do 1º.Simpósio de computação gráfica, arquitetura, engenharia e áreas afins, UFBA, Salvador (BA), 11 a 13 de novembro de 1991.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas/São Paulo: IG/UNICAMP, 1992.

CRUZ, M. A. S. 2012. **Avaliação da Geoquímica dos Sedimentos Superficiais das Nascentes do do Rio Subaé-BA**. Dissertação pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente pela Universidade Estadual de Feira de Santana – PPGM/ UEFS. Feira de Santana – BA, 2012.

CRUZ, M. A. S. ; Adorno, E. V ; Santos, Virginia J. ; Silva, Patricia P.; Jesus, T. B. 2011. **Concentração dos mp nos sedimentos das nascentes do rio Subaé, Feira de Santana-BA**. In: XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul.UFRGS, 2011, Gramado. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica. Gramado, 2011.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para Geoprocessamento. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. CÂMARA, G.; DAVIS, C. E MONTEIRO, A. M. V. São José dos Campos: INPE, 2001.

DEÁK, C. À busca das categorias da produção do espaço. Cap.5: **Localização e espaço: valor de uso e valor**. USP, 2001. Disponível em: http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/c_deak/CD/4verb/usodosolo/index.html#top. Acesso em: junho de 2011.

EBRAHIMPOUR, M. & MUSHRIFAH, I.. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. **Environ Geol**. v. 54, p. 689–698.2008.

ESTEVES, F. A. 1988. Limnologia, Editora Interciência: Rio de Janeiro, p. 575.

ESTUDO AMBIENTAL DA BACIA DO SUBAÉ – Oliveira dos Campinhos, Santo Amaro – BA. Relatório Final. ACC.UFBA. ACC GEO 455 – 2001.1, UFBA 2001.

FOSTER et al.. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. Banco Mundais: Washigton: 2002. Traduzido por Viana Vieira, 2006: Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HIRATA, G. T. Protección de acuíferos frente a La contaminación: metodoligia. In: **I Seminario-Taller**. Toluca, México. 20 a 22 de Jun, 2001. Disponível em <[HTTP://tierra.rediris.es/hidroded/ponenciaa/Hirata.html](http://tierra.rediris.es/hidroded/ponenciaa/Hirata.html)>. Acesso em 09 de janeiro de 2012. IBGE, 2012. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=291080#>

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.seia.ba.gov.br/institucional/inema-instituto-do-meio-ambiente-e-recursos-h-dricos>. Acesso em maio de 2011.

INGÁ. Instituto de Gestão das Águas e Clima. www.inga.ba.gov.br. Acessado em: 15/04/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICAS- IBGE: censo 2000. Disponível em:<<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/aagba.def>>. Acesso em: 15 de maio de 2012.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. 2ª ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2009.

JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONCA, A.S.F. & ZANDONADE, E. Distribuição de mp em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, 27(3): 378-386, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf>. Acesso em: 15 de dezembro de 2011.

KHAN, R.; ISRAILI, S.H.; AHMAD, H. & MOHAN, A. Heavy Metal Pollution Assessment in Surface Water Bodies and its Suitability for Irrigation around the Neyevli Lignite Mines and Associated Industrial Complex, Tamil Nadu, India. **Mine Water and the Environment** v. 24, p.155–161. 2005.

KURTZ, B. C. *et al*. Projeto Manguezal do Jardim Botânico Rio de Janeiro, 2002, Disponível em: http://www.jbrj.gov.br/pesquisa/projetos_especiais/manguezal.htm> Acesso em: 22.jul.2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 1991.

LIMA, A. C. P. **Avaliação da qualidade da água do aquífero subterrâneo do entorno do Centro Industrial do Subaé – Feira de Santana – BA** / Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana, BA-Brasil, 2009.

LOPES, V.C.; LIBÂNIO, M. **Proposição de um índice de estações de tratamento de água(IQETA)**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio De janeiro. Vol.10- nº 4- out/dez 2005, 318-328.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G. Aplicações do Sensoriamento Remoto na Geografia. In: VENTURI, L. A. B. [org]. **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir de experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MACHADO, S.L (Coord.). Projeto PURIFICA - **Proposta para remediação de áreas impactadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro-BA. 2002**. Disponível em: <<http://www.geoamb.eng.ufba.br/site/?q=relatorios>>. Acesso em: 25 set. 2012.

MANZO, A. J. **Manual para la preparación de monografías: una guía para presentar informes y tesis**. Buenos Aires: Humanistas, 1971.

MARCONI, M.de A. & LAKATOS, Eva. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 11 set. 2011.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: Documento de Introdução. Brasília: MMA, 2003.

MOREIRA, A.L.C. **Estados tróficos da Lagoa de Saquarema (Brasil) em um ciclo anual**. Tese de Mestrado Universidade Federal Fluminense, 1989.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: princípio e aplicações**. 3ª Ed. São Paulo: Blucher, 2008.

NUNES, V. J. **Determinação de metais pesados (Mn, Cd, Cr, Cu, Pb) em espécies de peixes presentes na Lagoa Salgada- Feira de Santana**. Monografia apresentada junto ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana. 2012.

O SUBAÉ AGONIZA. E NÓS, O QUE VAMOS FAZER? – Oliveira dos Campinhos, Santo Amaro – BA. Relatório Final. ACC GEO 455 - 2002.2, UFBA. 2003.

OLIVEIRA, M.A. de *et al.* Desenvolvimento inicial de saueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (*Hymenoptera, Formicidae*) em laboratórios e no campo. **Revista Arvore**. Viçosa, v.15, n.2, p.189-98, maio/ago.1991.

PAULA LIMA, W. de, Impacto Ambiental do Eucalipto, EDUSP, 1993. Proceedings of the National Academy of Sciences (Pnas), citado pela Agência Fapesp, 5.03.2008..

PEDROSA, B. M. e CÂMARA, G. Modelagem dinâmica e sistemas de informações geográficas. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, Embrapa, 2007.

PEREIRA, M.O. ; CALZA, C.; ANJOS, M.J.; LOPES, R.T. & ARAÚJO, F.G. Metal concentrations in surface sediments of Paraíba do Sul River (Brazil). **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v.269, n.3 707–709. 2006.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos; DELL PRETTE, M. E. A utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos recursos Naturais. In: RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PORTELLA, R. B.; GUEDES, J.F.C.; CARVALHO, I.G.A.; MACHADO, S.L.; GUIMARÃES, R.B. 2009. **Desativação de uma metalúrgica em Santo Amaro da Purificação-Ba: passivo ambiental e déficit institucional**. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/node/552>>. Acesso em: 30 set. 2012.

REBOUÇAS, Aldo da C. Águas doces no mundo e no Brasil. In.: REBOUÇAS, Aldo da C., *et al.* (Org.). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escritus, 2006.

RODRIGUES, S.A. **O Manguezal e a Sua Fauna**. Disponível em: <<http://www.usp.br/cbm/artigos/mangue.html>> Acesso em: 22.jul.2012.

SAMPAIO, José Augusto. **Efeitos da fábrica nova da Veracel e da ampliação em 30% da área plantada com eucalipto no Extremo Sul da Bahia para as comunidades indígenas locais**. Salvador: e-mail enviado pela rede da Associação Nacional de Ação Indigenista – ANAIND <<anaind@yahoo.com.br>>. 2004.

SANTANA, D.L.Q.; ANJOS, N. dos. Resistencia de *Eucalyptus* spp. (*Myrtaceae*) a *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata* (*Hymenoptera: Formicidae*). **Revista Arvore**. Vicosa, v.13, n.2, p.174-81, jul./dez.1989.

SANTANA, D.L.Q.; COUTO, L. Resistencia intra-especifica de eucaliptos a formigascortadeiras. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Curitiba, n.20, p.13-21, jun.1990.

SANTOS, M. R. M. O princípio poluidor-pagador e a gestão dos recursos hídricos: e experiência européia e brasileira. In.: MAY, Peter H, et al. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

SAYÃO, L. F. **Modelos teóricos em ciência da informação: abstração e método científico**. Ci. Inf., jan./abr., v. 30, nº. 1, p. 82-91. Brasília, 2001.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Edit). **Conceitos de Bacia Hidrográfica: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2005.

SETTI et al., 2001. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/52091841/11/Recursos-hidricos-no-Brasil-e-no-mundo>> Acesso: 04/04/2011.

SHRIVASTAVA, P.; SAXENA, A. & SWARUP, A. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal, (M. P.) India. **Lakes & Reservoirs: Research and Management** v.8, p. 1–4. 2003.

SIEGEL, F. R. **Environmental geochemistry of potentially toxic metals**. Springer, Verlag, Berlin, Germany, 2002.

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceito e fundamentos.** Campinas, Ed. Unicamp, 2003.

SILVA, J.A., R.E. CONDREY, and B.A. **Thompson. Profile of shark bycatch in the U.S Gulf of Mexico menhaden fishery.** North American Journal of Fisheries Management 21:111- 124. 2001.

SILVA, J.M.C.da; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (Orgs.). Biodiversidade da caatinga: áreas prioritárias para a conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA, J.S.V.; ABDON, M. M.; POTT, A.; POTT, V.J. **Vegetação na escala de 1:50.000 como apoio ao manejo pecuário, sudeste do Pantanal.** In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3: OS DESAFIOS DO NOVO MILÊNIO, Corumbá, MS, 27 a 30 de novembro de 2000. Anais Corumbá: Embrapa, 2001. (CD-ROM:Abióticos/Silva-038C.pdf). 25p.

SILVA, P. P. **Concentração de Mp nos Sedimentos das Nascentes do Rio Subaé, Feira de Santana - Ba, Brasil.** Monografia apresentada junto ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana. 2012.

SOO, H.K.; CHAMPEAUX, J.L.; ROUJEN, J.L. A land cover classification product over France at 1 Km resolution using SPOT4/ Vegetation data. **Remote sensing of Environment.** Volume 92. Issue 1, 15 July 2004. p 52-64.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: American Public Health Association, 20th Edition, 1998.

SUBAÉ: VIDA DE UMA COMUNIDADE – **Oliveira dos Campinhos, Santo Amaro – BA.** Relatório Final. ACC.UFBA. ACC GEO 455 - 2003.1, UFBA. 2003.

TEXEIRA, A. L. A., MORETTI, E., CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica.** Edição do Autor, Rio Claro, 1992.

TRUJILLO FERRARI, Alfonso. **Metodologia da ciência.** 2 ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.

TUNDISI, J. G. et al.. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: conseqüências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. In:Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, T.; Sidagis Galli, C. (Ed.). **Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle.** IIE, IIEGA, ABC, IAP, Ianas, 2006.

UM. 2009. **Urban and rural.** http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007_urban_rural.htm (acessado em 15 de Janeiro de 2013)

VIANNA, Pedro C. G. A água vai acabar? In: ALBUQUERQUE, Edu (org) **Que País é Esse.** 1ª ed. São Paulo: Editora Globo, 2006, v. Único, p. 343-370.

VITAL, M. H. F. **Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Minas Gerais: UFMG, 2005.

WEIGAND, V. M. Campo Temático: Político-Jurídico-Institucional. **Complementação do Cenário Preliminar/Inventário e Análise de Documentos/ Levantamentos Impressionistas**ZANUNCIO, J.C. et al.. Aspectos biológicos de *Blera varana* (Lepidoptera: Notodontidae), desfolhador de eucalipto. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**. Vicoso, v.20, n.1, p.35-43, 1991.

WORBY, M. F. **GIS: A computing perspective**. London: Taylor & Francis, 1995.

ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2006.

ZEILHOFER, P.; SANTOS, F. M.; CURVO, M. M.; NOQUELLI, L. H. M. **Desenvolvimento de Códigos Computacionais para o Gerenciamento de Informações sobre a Utilização dos Recursos Hídricos no Estado de Mato Grosso** In: IV Seminário de Recursos Hídricos de Mato Grosso, Cuiabá, p.37, 2003.

SITES ACESSADOS:

http://www.Santo_Amaro_da_Purificaçãoelba.com.br/Site/Exibe.aspx?mod=categoria&id=25, (Acesso em 31 de janeiro de 2013).

<http://www.penha.com.br/site/?categoria=Produtos&subcategoria=Embalagens> (Acesso em 31 de janeiro de 2013).

http://www.penha.com.br/site/folder_penha/penha_bahia.pdf (Acesso em 31 de janeiro de 2013).

<http://www.comunicacao.ba.gov.br/noticias/2009/03/31/governo-define-metas-> (Acesso em 31 de janeiro de 2013).

http://paradespoluicao-do-rio-subae/print_view (Acesso: 14/02/2013)

<http://www.subaegeo.ufba.br/pdf/Adote%20uma%20Bacia.pdf> (Acesso: 14/02/2013)

ANEXO

Purificar o Subaé

Purificar o Subaé
Mandar os malditos embora
Dona d'água doce quem é?
Dourada rainha senhora
Amparo do Sergimirim
Rosário dos filtros da aquária
Dos rios que deságuam em mim
Nascente primária
Os riscos que corre essa gente morena
O horror de um progresso vazio
Matando os mariscos e os peixes do rio
Enchendo o meu canto
De raiva e de pena

Caetano Veloso