



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE E
BIOLÓGICAS**

VALDÍVIA THAIS ALVES DE LIMA

**METAIS PESADOS E AGROTÓXICOS NA ÁGUA DO RIO SÃO
FRANCISCO EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO UTILIZADOS PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO**

PETROLINA - PE

2021

VALDÍVIA THAIS ALVES DE LIMA

METAIS PESADOS E AGROTÓXICOS NA ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO UTILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Petrolina - PE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde e Biológicas, na linha de pesquisa em Saúde, Sociedade e Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Lucia Marisy Souza Ribeiro Oliveira
Orientadora interna: Profa. Dra. Márcia Bento Moreira
Orientadora externa: Dra. Paula Tereza de Souza e Silva

PETROLINA - PE

2021

L732m Lima, Valdívia Thais Alves de
Metais pesados e agrotóxicos na água do Rio São Francisco em canais de irrigação utilizados para abastecimento público / Valdívia Thais Alves de Lima – Petrolina – PE, 2021.
x, 78 f. : il.; 29 cm.

Dissertação (Mestre em Ciências da Saúde e Biológicas)-
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Petrolina,
Petrolina-PE, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Marisy Souza Ribeiro Oliveira.

1. Água - Poluição. 2. Agrotóxico. 3. Abastecimento público. 4. Contaminação. 5. Impactos na saúde I. Título. II. Oliveira, Lúcia Marisy Souza Ribeiro. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 628.168

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS DA SAÚDE E BIOLÓGICAS**

FOLHA DE APROVAÇÃO

VALDÍVIA THAIS ALVES DE LIMA

**METAIS PESADOS E AGROTÓXICOS NA ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO EM
CANAIS DE IRRIGAÇÃO UTILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências com ênfase na linha de pesquisa: Saúde, Sociedade e Ambiente, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 27 de agosto de 2021

Banca Examinadora

Lucia Marisy

lucia.marisy (2 de Setembro de 2011 00:37 AOT)

**Lucia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira, Doutora
Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf**

Miriam Cleide C. de Amorim

**Miriam Cleide Cavalcante Amorim, Doutora
Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf**

Margaret Olinda de Souza Carvalho e Lira

**Margaret Olinda de Souza Carvalho e Lira, Doutora
Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf**

Para Flora, minha razão de viver.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus, por ter me mantido firme e forte até aqui, creio que Ele permitiu que tudo isso acontecesse no momento ideal.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco, ao Programa de Ciências da Saúde e Biológicas pelo curso oferecido.

Aos professores por todo ensino transmitido.

À CAPES; à Univasf e ao PPGCSB.

A Paulina por sempre atender com agilidade e presteza todas as demandas em que recorri.

A meus colegas de turma, profissionais de diversas áreas, somando na troca de conhecimento durante as discussões. Aprendi muito com todos.

Aos meus comunistas preferidos: Thaiana, Luciano, Cinthia, Ivna e Izabela por toda parceria dentro e fora da universidade, aos risos e desesperos compartilhados, gratidão por vocês existirem.

A minha orientadora Profa. Lucia Marisy que não me desamparou quando o nosso projeto de pesquisa saiu da sua área de atuação.

A Paula Tereza, pesquisadora da Embrapa, que desde o meu primeiro contato aceitou a delegação da orientação neste projeto. Foi minha base, quem me guiou durante todo este estudo, foi uma “mãe”.

A Mirian Cleide, professora da Univasf, que também topou ajudar neste projeto desde o início, onde também foi minha guia, transmitindo toda sua experiência na área.

Ao pessoal que ajudou com a parte das análises laboratoriais: Inaracy, Claudio, Jacqueline, Mariana, Bruno e Jarbas, obrigada por toda ajuda que vocês me deram, sempre com boa vontade e sem tempo ruim.

Ao Serviço de Água e Saneamento Ambiental de Juazeiro-SAAE, por ter dado o suporte nas coletas, com motorista e veículos disponíveis sempre que necessitei, ao pessoal da Divisão do Interior por acompanhar na ida aos pontos de amostragem, por tantas vezes terem segurado minha mão pra descer nos canais, sempre cuidado de mim e com total alegria. Agradeço também pela Direção ter cedido que eu fizesse o curso e continuasse desenvolvendo minhas atribuições como servidora desta Autarquia.

A Josete Perez com a ajuda no georreferenciamento dos locais de amostragem.

A Tatiana Taura, pela confecção do mapa com a indicação dos pontos de coleta.

A Embrapa Semiárido pelo acesso ao laboratório Agroambiental, onde foram realizadas as análises de metais.

A Univasf campus Juazeiro pelo acesso ao laboratório de Purificação, onde foram realizadas as extrações dos agrotóxicos e ao laboratório de Engenharia Agrícola onde foram realizadas as análises físico-químicas.

Por final e em especial, à minha base, minha família que tá comigo sempre e pra tudo, mãe, pai e Karen vocês são minha fortaleza, obrigada por todo amor, compreensão e suporte, amo vocês.

Ao meu presente de Deus, minha filha Flora. Luz da minha vida, ar que eu respiro, alegria dos meus dias, sem você nada faz sentido.

RESUMO

O monitoramento contínuo da qualidade da água potável é essencial em termos de metais pesados e agrotóxicos, visto que é fundamental na promoção da saúde pública a quantificação destas substâncias, pois apresentam toxicidade ao ser humano. O objetivo deste estudo foi avaliar a concentração dos metais pesados e agrotóxicos na água bruta do Rio São Francisco para abastecimento público do município de Juazeiro-BA. As amostras foram coletadas diretamente do Rio São Francisco e em canais de água que transportam a água do rio para a irrigação e de onde são captadas água para estações de tratamento de água para consumo humano nas localidades Sede, Carnaíba, Jardim Primavera, Mandacaru II, Maniçoba I, Maniçoba II, Núcleo Habitacional I e Núcleo Habitacional 4, compondo oito pontos de amostragem. O estudo foi realizado no período de Agosto de 2019 a Julho de 2020, representando a estação seca e chuvosa. Foram determinados os metais: Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Fe e Mn por absorção atômica e os agrotóxicos: acetamiprido, imidacloprido, tiametoxan, metalaxil, metomil, carbendazim, carbofurano, dimetoato, por métodos cromatográficos de análise empregando LC-MS. Complementarmente foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos conforme *Standard Methods Analysis Water and Wastwater*. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, com o auxílio do software STATISTICA 5.0. Posteriormente foram comparados com a Resolução Conama 357/2005, com a Portaria de Potabilidade GM/MS 888/2021 e com a Diretiva 98/83/CE da União Europeia. Entre os parâmetros físico-químicos avaliados as variáveis que ficaram acima do permitido segundo a Resolução Conama 357/2015 durante o período estudado foram o nitrogênio amoniacal, nitrato e o fósforo, observa-se que são indicadores de contaminação. O metal cobre ultrapassou o limite estabelecido em todos os pontos de amostragem, os metais zinco, manganês, ferro e níquel obtiveram resultados acima do permitido em quase todos os locais estudados, somente os metais chumbo e cromo que não foram encontrados nas amostras dos locais em estudo. Dentre os agrotóxicos analisados, foi observado que os compostos: acetamiprido, carbendazim, dimetoato e metalaxil apresentaram concentrações <LD. O imidacloprido apresentou resultados acima do limite estabelecido na legislação. O metomil na localidade NH4, carbofurano nas localidades Carnaíba e Jardim Primavera e o tiametoxan na localidade Jardim Primavera e Maniçoba I apresentaram resultados acima do permitido. Conclui-se que é necessário um monitoramento, fiscalização e legislação mais intensa e representativa, uma vez que o município de Juazeiro-BA utiliza como fonte de captação de água para consumo humano, em algumas localidades no interior, estes canais de irrigação que são localizados entre áreas de cultivos agrícolas. Além de analisar a possibilidade de alterar estes pontos de captação de água, pois constatou-se, através dos indicadores de poluição, que estas águas contém contaminantes, devendo receber atenção ao seu tratamento para fins de potabilidade para consumo humano.

Palavras-chave: Abastecimento público; Agrotóxico; Contaminação; Impactos na saúde; Metais.

ABSTRACT

Continuous monitoring of drinking water quality is essential in terms of heavy metals and pesticides, as it is essential to quantify these substances in promoting public health, as they are toxic to humans. The aim of this study was to evaluate the concentration of heavy metals and pesticides in the raw water of the São Francisco River for public supply in the city of Juazeiro-BA. The samples were collected directly from the São Francisco River and in water channels that transport water from the river for irrigation and from where water is collected to water treatment plants for human consumption in the localities of Sede, Carnaíba, Jardim Primavera, Mandacaru II, Maniçoba I, Maniçoba II, Housing Nucleus I and Housing Nucleus 4, comprising eight sampling points. The study was carried out from August 2019 to July 2020, representing the dry and rainy season. Metals were determined: Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Fe and Mn by atomic absorption and the pesticides: acetamiprid, imidacloprid, thiamethoxan, metalaxyl, methomyl, carbendazim, carbofuran, dimethoate, by chromatographic methods of analysis using LC-MS. Complementarily, physicochemical and microbiological parameters were analyzed according to *Standard Methods Analysis Water and Wastwater*. The data obtained were submitted to descriptive statistical analysis, with the aid of the STATISTICA 5.0 software. Later, they were compared with Conama Resolution 357/2005, with Potability Ordinance GM/MS 888/2021 and with Directive 98/83/CE of the European Union. Among the physicochemical parameters evaluated, the variables that were above the permitted according to Conama Resolution 357/2015 during the study period were ammoniacal nitrogen, nitrate and phosphorus, which are indicators of contamination. The copper metal exceeded the established limit at all sampling points, the metals zinc, manganese, iron and nickel obtained results above the permitted in almost all studied places, only lead and chromium metals that were not found in the samples of the places in study. Among the analyzed pesticides, it was observed that the compounds: acetamiprid, carbendazim, dimethoate and metalaxyl had concentrations <LD. Imidacloprid showed results above the limit established by law. Methomyl in the locality NH4, carbofuran in the localities of Carnaíba and Jardim Primavera and thiamethoxan in the locality of Jardim Primavera and Maniçoba I presented results above the permitted level. It is concluded that more intense and representative monitoring, inspection and legislation is needed, since the municipality of Juazeiro-BA uses these irrigation channels as a source of water for human consumption in some inland locations, between areas of agricultural crops. In addition to analyzing the possibility of changing these water collection points, as it was found, through pollution indicators, that these waters contain contaminants, and attention should be paid to their treatment for potability purposes for human consumption.

Keywords: Public supply; Pesticides; Contamination; Health impacts; Metals.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Bioacumulação de resíduos de agrotóxicos na cadeia alimentar	17
Figura 2	Alguns efeitos dos resíduos de agrotóxicos no corpo humano	22
Figura 3	Abrangência do abastecimento de água nos Distritos de Juazeiro-BA	25
Figura 4	Mapa da localização da área de estudo com a indicação dos pontos de amostragem e dos canais de irrigação.	26
Figura 5	Captação de água bruta no Rio São Francisco na Sede de Juazeiro (Sd)	27
Figura 6	Croqui do sistema de abastecimento de Juazeiro-BA	29
Figura 7	Captação de água bruta em Carnaíba (Car)	30
Figura 8	Captação de água bruta no Jardim Primavera (JP)	30
Figura 9	Captação de água bruta em Mandacaru II (MD2)	31
Figura 10	Captação de água bruta em Maniçoba I (M1)	32
Figura 11	Captação de água bruta em Maniçoba II (M2)	32
Figura 12	Ponto de captação de água bruta no NH1	33
Figura 13	Ponto de captação de água bruta no NH4	34
Figura 14	Análise de componentes principais CP1 vs CP2	57
Figura 15	Análise de componentes principais CP1 vs CP3	59
Figura 16	Gráfico de precipitação média mensal em Juazeiro (BA) nos anos 2008-2020 com a média histórica	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Metais pesados e seus efeitos mais comuns	21
Tabela 2	Distância da sede para os distritos do município de Juazeiro-BA	25
Tabela 3	Extensão da rede de adução de água bruta (AAB), Saae Juazeiro	28
Tabela 4	Identificação das ETA's e pontos de amostragem da água bruta.	35
Tabela 5	Limite de quantificação (LQ) e detecção (LD) dos metais	37
Tabela 6	Principais agrotóxicos utilizados no plantio de áreas de cultura próximas ao canal de irrigação	38
Tabela 7	Limite de quantificação (LQ) e detecção (LD) dos agrotóxicos	40
Tabela 8	Dados da vazão média mensal do rio São Francisco durante o período de amostragem	42
Tabela 9	Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento	43
Tabela 10	Valores padrões dos parâmetros metais pesados segundo a Resolução Conama 357/2005	48
Tabela 11	Resultados dos metais pesados das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento	49
Tabela 12	Valores padrões dos parâmetros agrotóxicos segundo a Diretiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, da União Europeia e Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021	53
Tabela 13	Resultados dos agrotóxicos das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento	55
Tabela 14	Peso fatorial das amostras nas campanhas analisadas.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Pb	Chumbo
Cu	Cobre
Mn	Manganês
Zn	Zinco
Ni	Níquel
Cr	Cromo
Fe	Ferro
SAAE	Serviço de Água e Saneamento Ambiental de Juazeiro-BA
IBGE	Instituto Brasileiro de Pesquisa
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico de Juazeiro-BA
ETA	Estação de Tratamento de Água
EAA	Espectrofotometria de Absorção Atômica
AF	Análise Fatorial
ACP	Análise por Componentes Principais
MS	Ministério da Saúde
SSA	Sistema de abastecimento de água para consumo humano
SAC	Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano
2C3	Ponto Carnaíba no mês de Janeiro/2020.
3C3	Ponto Jardim Primavera no mês de Janeiro/2020.
4C4	Ponto Mandacaru 2 no mês de Julho/2020.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	METAIS PESADOS NA ÁGUA	14
2.1.1	Origem	14
2.1.2	Contaminação da água por metais pesados	15
2.2	AGROTÓXICOS NA ÁGUA	16
2.2.1	Origem	16
2.2.2	Contaminação da água por agrotóxicos	17
2.3	LEGISLAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL	19
2.4	DANOS À SAÚDE OCASIONADO POR METAIS E AGROTÓXICOS	20
3	OBJETIVOS	23
3.1	GERAL	23
3.2	ESPECÍFICOS	23
4	METODOLOGIA	24
4.1	ÁREA DE ESTUDO	24
4.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO-BA	24
4.3	PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM	26
4.4	DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	27
4.4.1	Sede	27
4.4.2	Carnaíba	29
4.4.3	Jardim primavera	30
4.4.4	Mandacaru II	30
4.4.5	Maniçoba I	31
4.4.6	Maniçoba II	32
4.4.7	NH1 e NH4	33
4.5	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA	36
4.6	ANÁLISE DE METAIS	37
4.7	ANÁLISE DOS AGROTÓXICOS	37
4.8	INSTRUMENTAÇÃO	39
4.9	MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO ASSISTIDA POR VÓRTICE	39
4.10	ANÁLISES	40
4.11	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	40
4.12	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA FRENTE A LEGISLAÇÃO	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO E VAZÃO DO RIO SÃO FRANCISCO	42
5.2	METAIS PESADOS	48
5.3	AGROTÓXICOS	52
5.4	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS - ACP	56
6	CONCLUSÕES	60
7	REFERÊNCIAS	61
8	ANEXO I	73
9	ANEXO II	75

1 INTRODUÇÃO

Atividades antropogênicas, além de gerar bens e serviços, também geram uma quantidade considerável de resíduos nos seus processos. Efluentes do processo produtivo possuem diferentes composições física, química e biológica, que devem ser caracterizados, quantificados e tratados de maneira adequada com a sua classificação e quantidade. A contaminação ou poluição do meio ambiente dá-se através do lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes, acarretando modificações nas características do solo e da água (VERAS, 2020).

O alto nível de industrialização, a ampliação dos diferentes sistemas produtivos somados a elevada densidade populacional, distribuídas em sua maioria em áreas geográficas limítrofes de rios e regiões litorâneas, e a intensa atividade agrícola contribuem significativamente para a ampliação dos lançamentos de resíduos nos mananciais (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

O modelo de produção agrícola químico-dependente vigente no país é nocivo à saúde, afetando tanto as populações do campo como as das cidades, além de contaminar o ambiente e comprometer negativamente a qualidade dos ecossistemas (FIOCRUZ, 2018).

Entre as fontes de origem destas substâncias na água, a fonte natural, dependendo de sua magnitude e frequência, são mais assimiláveis pelos ecossistemas, pois ocorrem de forma gradual, enquanto os antropogênicos ocorrem em concentrações e duração que não permitem a assimilação pelos ecossistemas, sendo, cumulativos. Em relação às fontes difusas, como aquelas originadas pela atmosfera, deposições sólidas e lixiviação do solo, são mais difíceis de serem controladas (CALMANO,1996). O Brasil ainda realiza pulverizações aéreas de agrotóxicos, que ocasionam dispersão destas substâncias pelo ambiente, contaminando amplas áreas e atingindo populações, além disso, o fato do país permitir o uso de agrotóxicos já proibidos em outros países (FIOCRUZ, 2018).

A água funciona como veículo transmissor da contaminação por metais pesados no ambiente aquático, através do qual o homem pode ser contaminado, dessa forma, é necessário análises que permitam conhecer seu

comportamento no meio aquoso, objetivando a avaliação do risco a eles associados (RIBEIRO *et al.*, 2012).

Mesmo em baixas concentrações, os efeitos toxicológicos e fisiológicos dos metais pesados e agrotóxicos são severos (NASCIMENTO; BARBOSA, 2005), tornando-se foco de preocupação e monitoramento devido aos danos que podem causar à saúde com o consumo indevido. Além disso, estudos demonstram que os agrotóxicos também podem desequilibrar os ecossistemas, diminuindo a população de espécies como pássaros, sapos, peixes e abelhas. Muitos desses animais também desempenham papel importante na produção agrícola, pois atuam como polinizadores, fertilizadores e predadores naturais de outros animais que atingem as lavouras (FIOCRUZ, 2018).

O estudo dos metais pesados e agrotóxicos vem sendo considerado fundamental na promoção da saúde pública, pois constituem uma classe de elementos químicos importantes, sendo alguns tóxicos para os seres humanos, devendo atender aos parâmetros exigidos para o uso da água para abastecimento público, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005. Desta forma, o fornecimento de água potável saudável é necessário para a vida humana, e esta não deve causar risco para a saúde da população (MOHAMMADI *et al.*, 2019). A avaliação de risco à saúde é um método importante para avaliar potenciais resultados para pessoas expostas a um fator de risco. As informações obtidas na avaliação de risco servem como um importante instrumento de auxílio às autoridades e tomadores de decisão na gestão de riscos ambientais e sanitários (SALEH *et al.*, 2018).

O monitoramento contínuo da qualidade da água no ponto de captação é essencial em termos de metais pesados e substâncias tóxicas (GHADERPOORI *et al.*, 2018), sendo que é uma das melhores abordagens para investigar o risco potencial de exposição a humanos, oferecendo informações importantes para a saúde pública com o intuito de proteger a saúde dos consumidores (SALEH *et al.*, 2018).

O Vale do São Francisco, na sub-região de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, é um dos principais produtores de frutas e hortaliças, destacando-se com a agricultura irrigada. Como o desenvolvimento das atividades agrícolas exige um elevado suprimento de água, a expansão dessa atividade se dá

principalmente no entorno de rios e lagos, que se tornou oportuno com os canais de irrigação que transportam a água do rio para as proximidades das áreas de cultivo, elevando sua produção com a disponibilidade de água, tornando os recursos hídricos vulneráveis à contaminação, podendo comprometer a qualidade da água destinada ao abastecimento público (CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008). Sem água de boa qualidade, os suprimentos para a população ficam comprometidos impossibilitando o crescimento econômico equilibrado (HIRATA, 2011). Segundo Sales et al. (2010), nesses ambientes, o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos é motivo constante de preocupação, principalmente quando as áreas de utilização estão próximas das fontes hídricas que são também utilizadas para consumo humano e animal.

Os ecossistemas aquáticos de rios possuem grande heterogeneidade física, que incluem de pequenos a grandes rios, variação no regime de vazão e geomorfologia do canal, entre outras características do habitat. Em virtude da intercomunicabilidade dos sistemas hídricos qualquer contaminante em sistema hídrico poderia resultar em contaminação distante das áreas em que foram originalmente aplicados (VEIGA *et al.*, 2006).

Nos reservatórios brasileiros o problema da degradação da qualidade das águas tem crescido, afetando o balanço ecológico, aumentando a vulnerabilidade ambiental (RANGEL *et al.*, 2012), e comprometendo a qualidade dos recursos hídricos no país (BRITO *et al.*, 2011).

Diante disso, avaliar a concentração de metais pesados e agrotóxicos na água do rio São Francisco em canais de irrigação utilizados para abastecimento público do município de Juazeiro-BA, é de extrema importância já que existe o risco potencial para a saúde dos consumidores de água devido a possível ingestão destas substâncias, uma vez que podem causar problemas de saúde, como surgimento de câncer, alterações neurológicas, tumores, entre outros danos, tornando-se assim, uma ferramenta para contribuir com o controle e o monitoramento ambiental, com o intuito de evitar o comprometimento da saúde humana.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Independente da origem, a absorção de doses inadequadas de metais pesados e agrotóxicos podem ocasionar sérios transtornos à saúde humana (SOUZA *et al.*, 2013) e a população que vive às margens dos corpos d'água tem sido a mais atingida, de acordo com Rocha *et al.* (2010).

A origem destas substâncias no ecossistema pode estar relacionada à aplicação de calcário no solo, lodo de esgoto, fertilizantes, principalmente os fosfatados, resíduos industriais, pesticidas e aterros sanitários são fontes que podem, eventualmente, elevar a concentração desses elementos (FERNANDES *et al.*, 2007; MENDES *et al.*, 2010; KABATA-PENDIAS, 2011).

Os impactos dos agrotóxicos sobre a saúde incidem sob diferentes formas: causando intoxicações agudas e doenças crônicas – em trabalhadores, moradores do campo, florestas e cidades, consumidores de alimentos; ameaçando práticas agroecológicas que têm se mostrado como iniciativas concretas de promoção da saúde; gerando perda da biodiversidade; destruindo saberes tradicionais de cuidado e preservação da vida e da natureza; atacando a segurança e a soberania alimentar e nutricional (FIOCRUZ, 2018).

Para determinar se a água está própria ou não para o consumo humano, não só a parte visível da água deve estar em equilíbrio, como a coloração cristalina ou isenta de materiais orgânicos, mas também fatores imperceptíveis para os olhos ou paladar humano. Os parâmetros físico-químicos são indicadores primordiais de qualidade, o desequilíbrio desses indicadores pode indicar comprometimento da água e acarretar complicações à saúde (ALMEIDA & SOUZA, 2019).

Apesar dos avanços no cenário regulatório os trabalhos nesta área ainda permanecem modestos caracterizados sobremaneira por estudos regionalizados ou pontuais, associados a teses acadêmicas e objetivos específicos (GOMES & BARIZON, 2014).

2.1 METAIS PESADOS NA ÁGUA

2.1.1 Origem

Elementos químicos que apresentam densidade superior a 6 g/cm^3 são considerados metais pesados (HOODA, 2010). Além disso, possuem características próprias como aparência brilhante, bons condutores de eletricidade e, geralmente, participam de reações químicas com íons positivos de enzimas no metabolismo (LEE *et al.*, 1985).

Os metais pesados podem ser introduzidos nos ecossistemas aquáticos de maneira natural ou artificial. Naturalmente, por meio do aporte atmosférico e chuvas, pela liberação e transporte a partir da rocha matriz ou outros compartimentos do solo onde estão naturalmente (PAULA, 2006; SEYLER; BOAVENTURA, 2003). De modo artificial, por atividades como mineração, aterros industriais e sanitários, aplicação de fertilizantes que causam contaminação nos solos, associada ao lançamento de esgotos industriais e sanitários nas águas, tem causado grandes impactos negativos, sendo um dos principais a introdução de metais pesados no meio aquático (SANTOLIN, 2015).

Os metais pesados, segundo Bard e Zoski (2002), se diferenciam dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem se acumular nos componentes do ambiente, pois manifestam sua toxicidade. O chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) são aqueles que apresentam maiores riscos ambientais em razão de seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição (YABE; OLIVEIRA, 1998). Além disso, cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), níquel (Ni), cromo (Cr) e ferro (Fe) também podem representar risco ao ambiente (NOALE, 2007).

Os metais possuem ainda características atômicas peculiares, dando-lhes elevada resistência à degradação química, física e biológica no sistema aquático, isto os leva a persistirem no ambiente aquático por vários anos, mesmo depois da proibição de sua utilização ou despejo nos cursos d'água (IKEM *et al.*, 2003; MORAES; JORDÃO, 2002). Ao persistir no sistema aquático, o metal tem sua concentração gradualmente aumentada, o que facilita sua maior concentração na água e absorção pelos organismos (ARAI *et al.*, 2007; RODRIGUES E FORMOSO, 2006). O acúmulo dos metais é uma das

preocupações ambientais mais graves nos dias de hoje (AL-OTHMAN et al., 2012).

2.1.2 Contaminação da água por metais pesados

Os rios são agentes fixadores do homem desde a antiguidade. No entanto, essa proximidade das atividades humanas e suas margens vêm ocasionando mudanças nos regimes hidráulicos, nos níveis de assoreamento e na composição físico-química, principalmente teores de metais pesados (GUEDES et al., 2005). A presença dos metais na água dos rios pode resultar na contaminação de diversos organismos devido a sua bioacumulação e bioconcentração dentro dos diversos níveis tróficos da cadeia alimentar (FALANDYSZ, *et al.*, 2017).

A contaminação por metais pesados está diretamente associada à sua biodisponibilidade, podendo ser potencializada por fontes alimentadoras da poluição como atividades mineradoras, indústrias e agricultura. A agricultura, importante fator econômico mundial, colabora cada vez mais para a degradação da qualidade da água por meio do lançamento, mesmo que indireto, de poluentes, como agrotóxicos, sedimentos e fertilizantes (NÚÑEZ *et al.*, 2006). Estes, por sua vez, contribuem com cargas, muitas vezes elevadas, de metais pesados, tanto em águas superficiais como em subterrâneas durante o processo de escoamento e percolação (MARQUES *et al.*, 2007). Várias regiões do Brasil enfrentam problemas relacionados à qualidade da água, incluindo descargas de águas residuais contendo poluentes sem qualquer tratamento (MESSROUK *et al.*, 2014), com conseqüente contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais (TANNER *et al.*, 2012).

Estudo realizado por Souza *et al.*, (2016), mostrou no trecho do Submédio do Rio São Francisco, nas cidades de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, a presença regular de metais Cd, Cr, Ni e Cu com provável origem na urbanização e industrialização. Houve também presença sistemática de Fe, Zn e Pb, provavelmente do solo.

2.2 AGROTÓXICOS NA ÁGUA

2.2.1 Origem

Os agrotóxicos têm sua definição estabelecida no Brasil pela Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, como os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, bem como as substâncias utilizadas como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Desta forma, os agrotóxicos são produtos químicos com ação biocida, empregados em grande escala por diversos setores produtivos para o controle de pragas (MENEZES, 2006).

A maioria dos contaminantes químicos presentes em águas subterrâneas e superficiais está relacionada às fontes industriais e agrícolas. A variedade é enorme, com destaque para os agrotóxicos, compostos orgânicos voláteis e metais (HU; KIM, 1994).

Dependendo do organismo-alvo da ação, os agrotóxicos podem receber diferentes denominações: inseticidas, herbicidas ou fungicidas. Devido ao espectro de ação, este grupo de agentes químicos tem sido objeto de estudos ecotoxicológicos e ambientais (OLIVEIRA-FILHO, 2013).

A agricultura começou a ser praticada, há aproximadamente dez mil anos (MAZOYER; ROUDART, 2010), porém o uso de agrotóxicos foi amplamente intensificado para o controle de pragas e doenças das lavouras após os anos de 1960, com o advento da Revolução Verde. Ela constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais e agrotóxicos em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são os fertilizantes, os pesticidas, os preservativos de madeira e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (KAY, 1973; SANTOS *et al.*, 2002). Além disso, a remoção da mata ciliar e o manejo inadequado do solo e culturas, mesmo em áreas aptas para desenvolvimento agrícola, potencializam o transporte de agrotóxicos do solo para corpos de água em decorrência do escoamento superficial gerado pela ação da chuva ou irrigação da cultura nesses locais (LOURENÇATO, 2010), persistindo no meio aquático por apresentar forma livre, ou iônica, o que facilita sua acumulação nos tecidos principalmente dos peixes (QUEIROZ, 2006; VINODHINI; NARAYANAN, 2008).

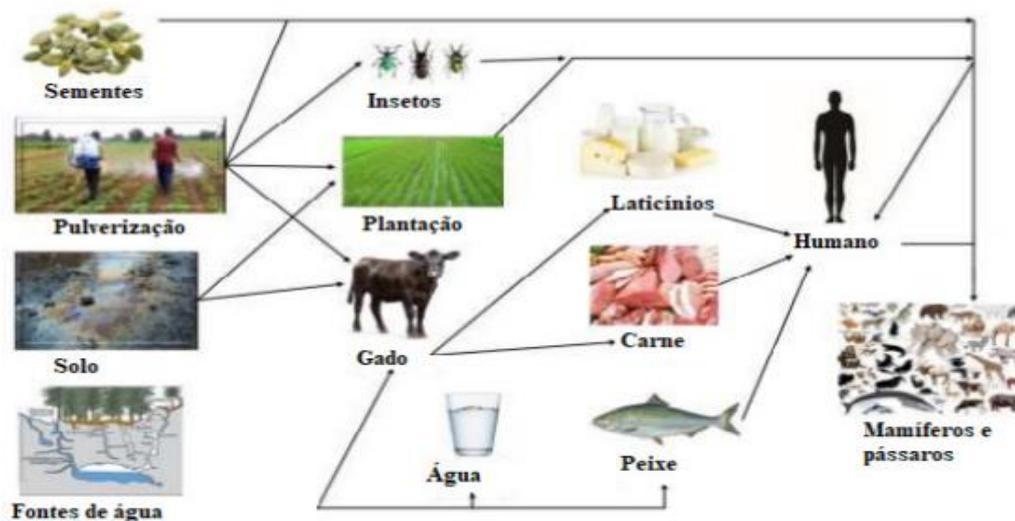
Devido a esses problemas, o amplo uso de agrotóxicos aumentou o interesse sobre estudos da possível poluição de águas brutas, bem como de abastecimento, ar, solos e alimentos (ALVES; OLIVEIRA-SILVA, 2003).

2.2.2 Contaminação da água por agrotóxicos

Os recursos naturais disponíveis em todo território nacional impulsionam o crescimento da agricultura, superando recordes de produtividade. Nesse contexto, o uso de agrotóxicos tornou-se fundamental, uma vez que contribuem para elevados índices de produtividade (REBELO, 2010). Dentre os agrotóxicos usados destacam-se os inseticidas, fungicidas e herbicidas.

É de consenso que a produção agrícola aumentou significativamente com o uso de agrotóxicos, embora, seu uso descontrolado e excessivo, em grandes quantidades, esteja poluindo o meio ambiente, alimentos, água e produtos agrícolas (Figura 1). Os agrotóxicos são aplicados a culturas, em vários estágios de cultivo, para melhorar a qualidade da planta, controlando pragas agrícolas ou plantas indesejadas, assim como, durante o armazenamento pós-colheita, auxiliando na conservação (CHAWLA *et al.*, 2018).

Figura 1 - Bioacumulação de resíduos de agrotóxicos na cadeia alimentar.



Fonte: Traduzido e adaptado de Chawla et al. (2018)

De todos os fenômenos poluidores da água, salienta-se que, os agrotóxicos ocupam uma posição de destaque entre as muitas substâncias químicas introduzidas e utilizadas pelo homem, devido à capacidade de permanecerem no ambiente por longos períodos, de ocasionarem impactos nocivos aos diversos ecossistemas e prejuízos à saúde (DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014).

A presença dos agrotóxicos nos mananciais traz dificuldades para o tratamento da água para potabilidade em virtude da eventual necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas em estações de tratamento de água convencionais (FERNANDES NETO; SARCINELLI, 2009).

A interação contínua entre a água, o sedimento e a biota pode ser uma representativa fonte de poluição dos recursos hídricos devido a característica de persistência de determinados contaminantes (SANTOS *et al.*, 2013).

O tempo de persistência dos pesticidas é variável, em função das características do composto e do ambiente. Considerando que apenas 0,1% dos pesticidas utilizados na agricultura atingem seu objetivo como praguicida, permanecem no ambiente 99,9% que podem ocasionar impactos negativos à saúde humana e aos diferentes ecossistemas (SABIK; JEANNOT; RONDEAU, 2000).

No Brasil, cerca de 40% dos municípios são abastecidos por água subterrânea e, várias cidades suprem todas as suas necessidades hídricas utilizando esse tipo de abastecimento que, além de atender diretamente à população, são utilizados na indústria, agricultura, lazer entre outras (SUHOGUSOFF, 2013; HIRATA *et al.*, 2011; ANA, 2010).

A transformação da água disponível no ambiente em água potável, desde o manancial, passa pelo tratamento e rede de distribuição até o reservatório domiciliar (SINGH & DEVI, 2006). Dentro dessa cadeia existe uma grande quantidade de possíveis pontos de contaminação e períodos críticos que necessitam ser estudados e identificados. O estudo do beneficiamento da água pode ser útil para aumentar a segurança da população consumidora, considerando que os sistemas públicos de abastecimento de água atendem

grandes populações e a contaminação da água pode acarretar doenças e agravos em larga escala (SILVA; LOPES; AMARAL, 2016).

2.3 LEGISLAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL

A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece padrões para qualidade de água, nas diferentes classes de água, para substâncias orgânicas e inorgânicas, dentre elas os metais pesados. As classes estabelecidas na resolução são para água doce, água salobra e água salgada, variando de acordo com o uso a qual são destinadas, sendo elas classe especial, classe 1, 2 e 3. De maneira geral, os teores máximos estabelecidos de substâncias orgânicas e inorgânicas se elevam ou são mantidos da classe 1 para a classe 3. Logo, é necessário conhecer as diferentes potencialidades do corpo de água em estudo para a adoção destes valores. Quando um corpo de água apresenta uso nas diferentes classes, opta-se por adotar o teor máximo permitido na classe 1, por ser o mais restritivo de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

As águas brutas e tratadas destinadas para consumo humano são normalizadas conforme a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de Setembro de 2017, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No *caput* do art. 42, desta Portaria, indica que *os responsáveis pelo Sistema de Abastecimento de Água e Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água devem analisar pelo menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação com vistas a uma gestão preventiva de risco*. As análises a serem realizadas devem contemplar os parâmetros físico-químicos, bacteriológicos, inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos.

A fim de garantir que os seres humanos estejam protegidos dos efeitos adversos de metais pesados, especialmente na água potável, organizações internacionais desenvolveram padrões para o uso de cada metal individual que estão contidos na Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, da União Europeia (LANE E MOREL, 2000).

A legislação brasileira para a regulação dos agrotóxicos se constrói sob o paradigma do uso seguro: a Lei N° 7.802/89 e o Decreto nº 4.074/2002 atribuem aos Ministérios da Agricultura, Meio Ambiente e Saúde a competência de “estabelecer diretrizes e exigências objetivando minimizar os riscos apresentados por agrotóxicos, seus componentes e afins” (Art. 2º, inciso II). Entre elas estão a obrigatoriedade do registro dos agrotóxicos, após (re) avaliação de sua eficiência agrônômica, sua toxicidade para a saúde e sua periculosidade para o meio ambiente; o estabelecimento do limite máximo de resíduos aceitável em alimentos e do intervalo de segurança entre a aplicação do produto e sua colheita ou comercialização; a definição de parâmetros para rótulos e bulas; a fiscalização da produção, importação e exportação; as ações de divulgação e esclarecimento sobre o uso correto e eficaz dos agrotóxicos; a destinação final de embalagens, etc (RIGOTTO *et al*, 2010).

De acordo com Bedor *et al.* (2009), a política de fiscalização do uso dos agrotóxicos é carente. Os produtos são utilizados indiscriminadamente visando o lucro, sem levar em consideração o meio ambiente e a saúde humana.

2.4 DANOS À SAÚDE OCACIONADO POR METAIS E AGROTÓXICOS

Diversos metais têm demonstrado possuir atividade carcinogênica mediante sua ingestão em quantidades excedentes ao permitido, neste caso o cromo, chumbo e mercúrio são os principais (CLARKSON, 1997).

Alguns metais, como manganês, zinco, cobre e ferro, são exigidos pelo corpo humano (LANE E MOREL, 2000). No entanto, se forem ingeridos em concentrações mais elevadas, têm efeitos tóxicos. Os principais metais pesados que podem causar efeitos adversos na saúde humana incluem arsênico, chumbo, alumínio, ferro, mercúrio e cádmio. Esses compostos podem entrar no corpo de várias maneiras, como pele ou vias de inalação, ou ingestão de metais pesados através de água potável e alimentos contaminados (RUSYNIAK *et al.* 2010).

Os metais pesados armazenados dentro do corpo humano destroem os principais processos metabólicos, causam um desequilíbrio de antioxidantes, afetam a atividade de vários hormônios e a função de enzimas indispensáveis (JAYAWARDENA *et al.* 2017).

De acordo com Larson e Weincek (1994) os efeitos mais comuns provocados à saúde humana por ingestão de metais pesados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Metais pesados e seus efeitos mais comuns

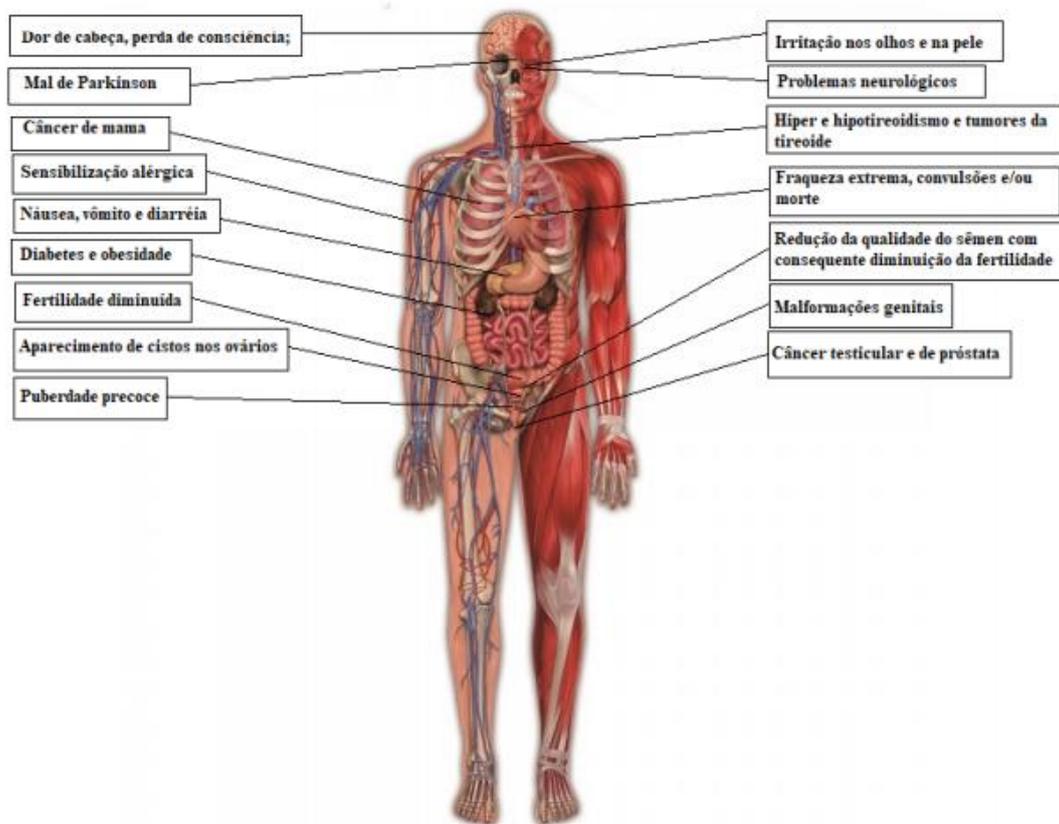
Metal Pesado	Efeitos Nocivos
Chumbo	Alterações neurológicas, distúrbios em enzimas, febre, náuseas.
Cobre	Vômitos, hipotensão, icterícia, coma e morte.
Cromo	Câncer, tumores hemorrágicos.
Manganês	Lesões cerebrais, danos aos testículos e impotência.
Zinco	Fisionomia empalidecida, diarreia, anemia.

Fonte: Larson e Weinck (1994).

Diversos estudos mostram o potencial tóxico de agrotóxicos sobre a saúde da população urbana e também rural (DOSSIÊ..., 2012b; PERES *et al.*, 2003). Um estudo realizado por Teixeira *et al.* (2014) constatou que, no período de 1999 a 2009, foram registrados quase 10 mil casos de intoxicação por agrotóxicos no Nordeste do Brasil, e que o estado de Pernambuco foi o mais acometido. No período de 2007 a 2010, foram encontrados 549 casos de intoxicação aguda por agrotóxicos notificados em Recife-PE (MEDEIROS; MEDEIROS; SILVA, 2014).

Pesquisas científicas têm detectado a presença de diversos agrotóxicos em amostras de sangue humano, urina e leite materno (BELO *et al.*, 2012; PIGNATI *et al.*, 2012). Desse modo, conforme a Figura 2 são elevadas as possibilidades de ocorrência de anomalias congênitas, câncer, disfunções na reprodução humana, bem como distúrbios endócrinos, neurológicos e mentais (ARMAS *et al.*, 2007; DOSSIÊ..., 2012a; SIQUEIRA; KRUSE, 2008). O dano ao DNA é um dos principais mecanismos para o desenvolvimento de algumas dessas doenças crônicas (MOSTAFALOU E ABDOLI, 2013).

Figura 2 - Alguns efeitos dos resíduos de agrotóxicos no corpo humano



Fonte: Traduzido e adaptado de Chawla et al., (2018).

Mesmo que alguns dos ingredientes ativos dos agrotóxicos possam ser classificados como medianamente ou pouco tóxicos, pelos seus efeitos agudos, não se pode deixar de considerar os efeitos crônicos, que podem ocorrer meses, anos ou até décadas após a exposição (DOSSIÊ..., 2012a).

O processo de exposição a agrotóxicos, particularmente as exposições crônicas, que ocorrem a baixas doses e durante um longo período de tempo, provoca efeitos adversos à saúde humana, afetando de forma mais grave os mais vulneráveis como gestantes, crianças e idosos, podendo afetar o sistema endócrino, neurológico, imunológico, respiratório, causar danos ao DNA, malformação congênita e levar ao desenvolvimento de cânceres, dentre outros efeitos. Para muitos desses danos, qualquer dose diferente de zero é suficiente para causar um dano, o que implica em afirmar que não existe uma dose de exposição que possa ser considerada segura (FIOCRUZ, 2020).

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar a concentração dos metais pesados e agrotóxicos na água bruta do Rio São Francisco em canais que transportam água para irrigação e de onde são captadas para abastecimento público no município de Juazeiro-BA.

3.2 ESPECÍFICOS

- Mensurar a concentração dos metais pesados e agrotóxicos na água bruta dos pontos de captação de água destinadas ao tratamento para consumo humano e correlacionar com a vazão do rio São Francisco no período seco (Setembro a Dezembro) e período chuvoso (Janeiro a Julho);
- Confrontar os resultados de metais pesados e agrotóxicos na água bruta do Rio São Francisco para abastecimento público com as normativas nacionais de qualidade de água;
- Comparar a concentração de metais pesados e agrotóxicos nas amostras de água transportada nos canais de irrigação com as amostras de água coletadas no rio São Francisco.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Juazeiro-BA é totalmente inserido na Bacia do Rio São Francisco, que é localizada entre os meridianos de 36°30' e 47°30'W e os paralelos 7°30' e 21°00'S. Esta bacia abrange as regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste do Brasil, sendo presente em seis estados brasileiros e com área de aproximadamente 640.000 km², dos quais 84% pertencem aos estados de Minas Gerais e da Bahia. Nesse trecho, seus principais afluentes são os rios Salitre, Jacaré e Curaçá. (PMSB Juazeiro, 2011).

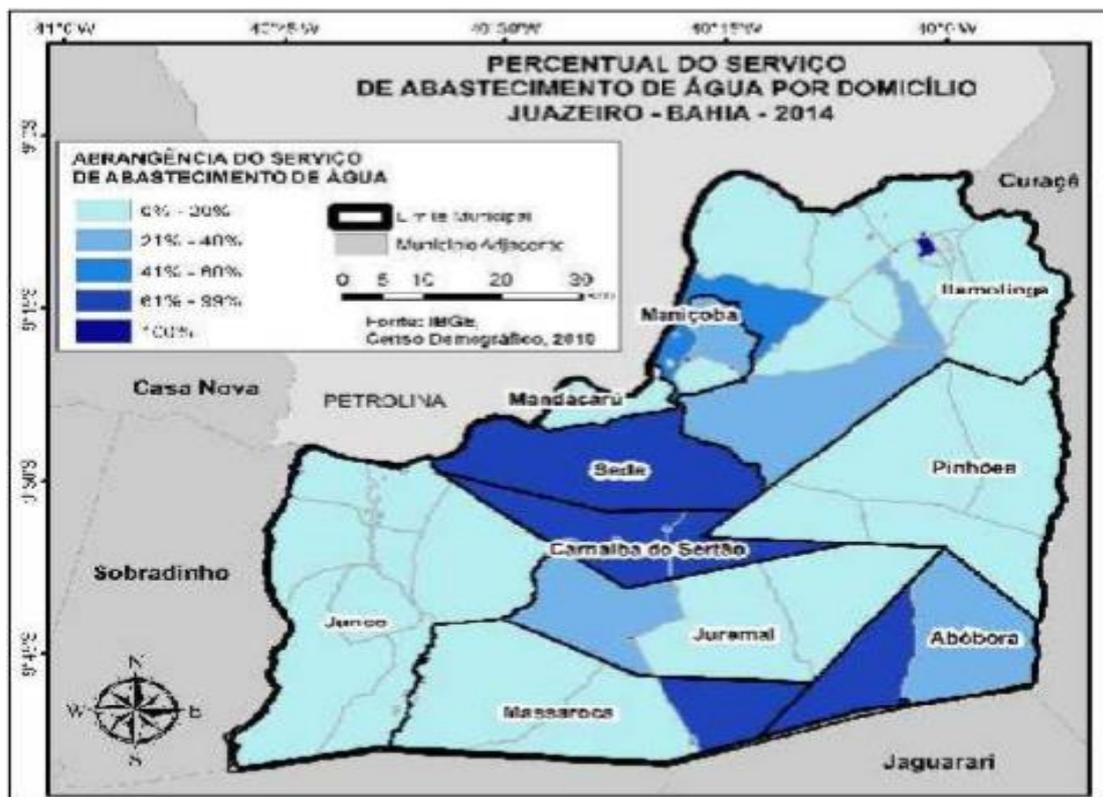
A região que compõe Juazeiro está incluída no “Polígono das Secas”. O clima é o semiárido com uma precipitação média anual de 399 mm. O solo é classificado em eutrôfico, vertissolo, cambissolo e aluviais. O tipo de vegetação predominante é a caatinga. O relevo é caracterizado em: pediplano sertanejo, interposto por várzeas e terraços aluviais. Os principais rios são: São Francisco, Curaçá, Malhada da Areia e Salitre (PMSB Juazeiro, 2011).

4.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO-BA

O sistema de abastecimento de água do município de Juazeiro-BA é prestado pela autarquia Serviço de Água e Saneamento Ambiental- SAAE, como forma de prestação direta pela prefeitura municipal.

Segundo dados do mês de Setembro de 2020, do Saae de Juazeiro-BA, cerca de 96% dos domicílios da sede de Juazeiro-BA possuem acesso ao abastecimento de água pela rede geral, sendo o número de economias existentes: 69.645 domiciliares funcionando, 4.026 comerciais, 102 industriais e 719 públicas.

Na Figura 3, é apresentado o mapa referente à abrangência do serviço de abastecimento de água por distrito, considerando as regiões delimitadas pelo IBGE denominadas setores censitários.

Figura 3 - Abrangência do abastecimento de água nos Distritos de Juazeiro-BA

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Juazeiro-BA, empresa Saneando (PMSB Juazeiro, 2011)

A sede municipal de Juazeiro situa-se, em relação aos distritos, nas distâncias apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Distância da sede para os distritos do município de Juazeiro-BA

Localidade	Distância
Sede/Abóbora	100 km
Sede/Carnaíba	20 km
Sede/Itamotinga	72 km
Sede/Junco	20 km
Sede/Juremal	45 km
Sede/Massaroca	65 km
Sede/Pinhões	72 km

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Juazeiro-BA (PMSB Juazeiro, 2011).

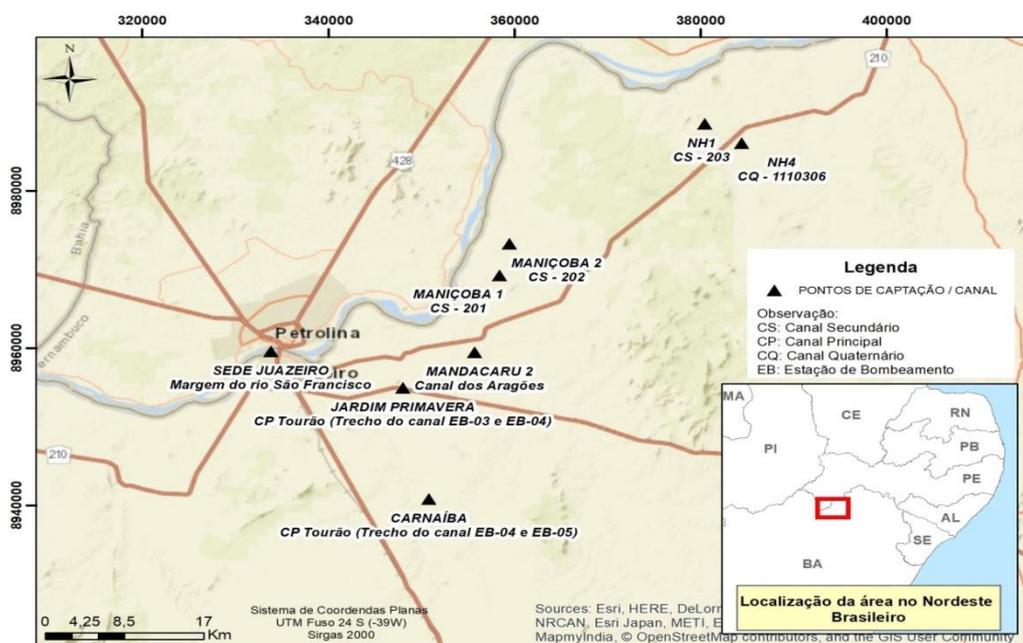
4.3 PONTOS DE COLETA E AMOSTRAGEM

As amostras de água bruta foram coletadas nos meses de Setembro e Novembro, duas vezes no período seco (2019) e Janeiro e Julho, duas vezes no período chuvoso (2020), nas seguintes localidades: Sede (Sd), Carnaíba (Car), Jardim Primavera (JP), Mandacaru II (MD2), Maniçoba I (M1), Maniçoba II (M2), Núcleo Habitacional I (NH1) e Núcleo Habitacional 4 (NH 4).

As coletas foram realizadas diretamente nos canais de irrigação, no ponto de captação de água para posterior tratamento nas estações de tratamento de água de cada localidade. Para fins comparativos foi definido como ponto de coleta a captação da água diretamente do Rio São Francisco, a qual capta água para abastecimento da Sede do Município, localizada em Juazeiro.

Os pontos de amostragem foram selecionados de forma que abrangeram todo o sistema de transporte de água via canais de irrigação no município em estudo, conforme a Figura 4. Estes locais foram georreferenciados com o auxílio de um GPS onde obteve o mapa de localização da área de estudo.

Figura 4 - Mapa da localização da área de estudo com a indicação dos pontos de amostragem e dos canais de irrigação.



As coletas das amostras de água bruta foram realizadas manualmente, no período matutino, imergindo garrafa de vidro âmbar, com capacidade de 1 litro, previamente esterilizada a 121 °C em autoclave, para análise de metais e agrotóxicos. Frascos de polietileno autoclavados, com capacidade de 500 mL, foram utilizados, para análise físico-química e microbiológica.

As amostras de água coletadas foram acondicionadas em caixa térmica e transportadas até o laboratório da Estação de Tratamento de Água do Saae para armazenamento e refrigeração. As análises microbiológicas eram iniciadas em até 24 horas após a coleta.

As análises laboratoriais das amostras de água bruta coletadas para verificação de metais foram realizadas no laboratório Agroambiental, da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. As análises de agrotóxico foram realizadas no laboratório de Purificação da Univasf-Campus Juazeiro-BA e as análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental, também na Univasf-Campus Juazeiro-BA.

As amostras de água bruta foram analisadas em triplicata para todos os indicadores deste presente estudo.

4.4 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

4.4.1 Sede

O sistema de abastecimento de Juazeiro é composto por captação flutuante diretamente no Rio São Francisco, com capacidade de produção de 630 L/s de água tratada. No anexo II, segue o croqui da rede de captação de água bruta até a Estação de Tratamento de Água.

Figura 5 - Captação de água bruta no Rio São Francisco na Sede de Juazeiro (Sd).



Conforme apresentado na Figura 5, a captação de água bruta para abastecimento da sede municipal ocorre por meio de flutuantes instalados no Rio São Francisco.

Com relação à captação de água bruta para abastecimento da sede municipal, esta é realizada por meio de 4 bombas (sendo 2 reservas) dispostas em 3 estruturas flutuantes, conforme a Figura 6.

Toda água captada é encaminhada à estação de tratamento, conforme Tabela 3, por meio de três tubulações:

1. Em F^oF^o com DN 300, a água bruta segue para o tratamento nos Módulos (1 ao 5) e após tratada vai para o reservatório de distribuição;
2. Em F^oF^o com DN 600, possui cerca de 310 metros de extensão, a água bruta segue para o tratamento na ETA convencional, por meio dos decantadores e quando tratada, vai para o reservatório de distribuição;
3. Em PVC DEF^oF^o com DN 300, possui cerca de 396 metros de extensão, a água bruta segue para o tratamento nas Estações Compactas (1 e 2) e, após tratada, vai para o reservatório de distribuição;

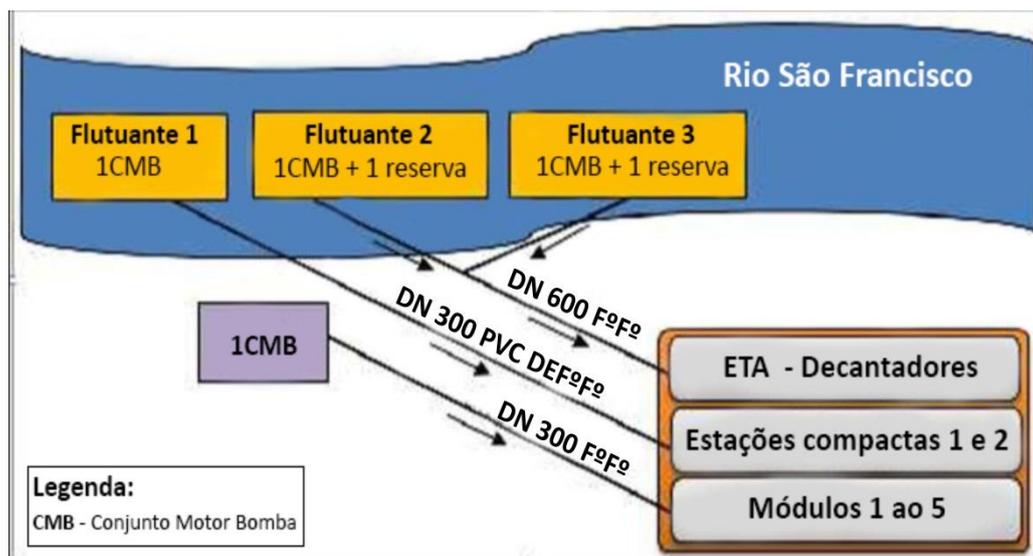
Tabela 3 - Extensão da rede de adução de água bruta (AAB), Saae Juazeiro.

Identificação	Material	Diâmetro mm	Extensão m	Capacidade l/s
AABB	F ^o F ^o	600	310	380
	F ^o F ^o	300	310	125
	DEF ^o F ^o	300	396	125

Fonte: SAAE Juazeiro-BA, 2020.

A tubulação com DN 600 está operando com 380 l/s devido aos decantadores estarem dimensionado a operar com capacidade de 400 L/s, contudo, está previsto a adequação do sistema.

Figura 6 - Croqui do sistema de abastecimento de Juazeiro-BA



Fonte: SAAE Juazeiro-BA, 2020.

4.4.2 Carnaíba

A captação de Carnaíba, Figura 7, é distante aproximadamente 7 km do distrito, sendo realizada através de bombeamento direto por duas adutoras:

1. Com tubulação em PVC, DN 100 mm e extensão de 7000 m;
2. Com tubulação em DEFºFº, com extensão de 9000 m, sendo 2000 m com DN150 mm e 7000 m com DN 100 mm.

Ambas estão localizadas em canal de irrigação (concreto armado) do Projeto Tourão, de propriedade da CODEVASF, do Ministério do Desenvolvimento Regional do Governo Federal, com volume total captado de 12,11 L/s. Neste mesmo local é realizada a captação de água para o distrito de Juremal.

O sistema existente atende a 100% da população local, cerca de 2.800 habitantes, abrangendo a sede distrital e a localidade contígua de Carnaíba de Dentro.

Figuras 7 - Captação de água bruta em Carnaíba (Car)



4.4.3 Jardim Primavera

A captação do Jardim Primavera (Figura 8) é realizada através de bombeamento direto em canal de irrigação da CODEVASF, com volume de água captado de 2,12 L/s, em tubulação DEF^oF^o, DN 100 mm e extensão de 3.552 m.

Figuras 8 - Captação de água bruta no Jardim Primavera (JP)



4.4.4 Mandacaru II

A captação de água bruta em Mandacaru II, no distrito de Maniçoba, é realizada em um canal que faz parte do sistema de irrigação operado pela

CODEVASF (Figura 9). A água bruta é aduzida por gravidade até um reservatório de acumulação associado à estação elevatória, a qual aduz por recalque a água bruta até o sistema de tratamento. (PMSB Juazeiro, 2011).

O sistema existente atende à totalidade da população, sendo composto por captação superficial, adução de água bruta por gravidade até um reservatório enterrado, uma estação elevatória de água bruta, tratamento através de um filtro de pressão, um reservatório de distribuição, rede de distribuição e ligações prediais (PMSB Juazeiro, 2011).

A adução da água bruta até o sistema de tratamento se dá por gravidade através de uma tubulação de PVC, com extensão de 800 metros, diâmetro de 60 mm e volume de água captado de 2,90 L/s.

Figura 9 - Captação de água bruta em Mandacaru II (MD2)



4.4.5 Maniçoba I

A captação de água bruta de Maniçoba I, Figura 10, é realizada por gravidade, no canal de irrigação da CODEVASF, através de uma tubulação de PVC, DN 100 mm, extensão de 30 m e com um volume captado de 5,31 L/s.

Figura 10 - Captação de água bruta em Maniçoba I (M1).



4.4.6 Maniçoba II

A captação de água bruta de Maniçoba II, Figura 11 é feita por gravidade, no canal de irrigação da CODEVASF, através de uma tubulação de PVC, DN 85 mm, extensão de 400 m e com um volume captado de 1,51 L/s.

Figura 11 - Captação de água bruta em Maniçoba II (M2)



4.4.7 NH 1 e NH 4

As localidades NH 1 e NH 4 estão contidas no Projeto Curaçá, no distrito de Itamotinga, em Juazeiro-BA.

A captação de água bruta de NH 1, Figura 12, é feita por gravidade, no canal de irrigação da CODEVASF, através de uma tubulação de PVC, DN 75 mm, extensão de 40 m e com um volume captado de 8,33 L/s.

Figura 12 - Ponto de captação de água bruta no NH1



Na localidade de NH 4, Figura 13, a captação de água bruta é feita por gravidade, no canal de irrigação da CODEVASF, através de uma tubulação de PVC, DN 75 mm, extensão de 272 m e com um volume captado de 1,17 L/s.

Figuras 13 - Ponto de captação de água bruta no NH4



A identificação dos pontos de amostragem e das ETA's consta na Tabela 4, com a localidade, a coordenada geográfica, o volume captado (L/s) e a quantidade de ligações de água, em que cinco destas localidades possuem a captação de água por gravidade e quatro possuem por meio de bombeamento.

Tabela 4: Identificação das ETA's e pontos de amostragem da água bruta.

	ETA	LOCALIDADE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		VOLUME CAPTADO (L/s)	NÚMERO de LIGAÇÕES DE ÁGUA
			LAT.	LONG.		
1	MANDACARU 2	Distrito Maniçoba	9°24'37,1340" S	40°18'51,6060" W	2,90	153
2	MANIÇOBA 1	Distrito de Maniçoba	9°19'18,6708" S	40°17'21,5484" W	5,31	613
3	MANIÇOBA 2	Distrito de Maniçoba	9°17'08,4336" S	40°16'46,7796" W	1,51	97
4	NH 4	Proj. Curaçá - Itamotinga	9°10'15,1284" S	40°03'08,0784" W	1,17	87
5	NH 1	Proj. Curaçá - Itamotinga	9°08'55,3164" S	40°05'17,7468" W	8,33	196
6	JARDIM PRIMAVERA	Sede Juazeiro	9°27'03,7188" S	40°23'04,3044" W	2,12	914
7	CARNAÍBA	Carnaíba	9°34'44,4612" S	40°21'35,4204" W	12,11	1398
8	SEDE JUAZEIRO	Centro de Juazeiro	9°24'31,8000" S	40°30'47,8800" W	630,00	67.700

 POR GRAVIDADE

 POR BOMBEAMENTO

Fonte: SAAE-Juazeiro, 2020.

4.5 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, temperatura, condutividade elétrica, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato e clorofila *a* como indicador algal. Realizou-se a pesquisa de coliformes fecais (*E. coli*) como indicativo de contaminação microbiológica de origem humana e animal. A metodologia empregada foi realizada de acordo com o estabelecido pelo *Standard Methods Analysis Water and Wastewater* (APHA, 2012).

As determinações analíticas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf). Determinou-se o nitrogênio amoniacal, fósforo e clorofila *a* como indicador algal e como indicativo de poluição advinda da atividade agrícola.

Todas as coletas e análises foram realizadas em triplicata. A leitura do pH e da temperatura foram efetuadas *in loco* em potenciômetro Modelo MS TecnoPON mPA 210. A leitura da turbidez foi realizada em Turbidímetro de Modelo TB 1000, e a cor determinada em leitor portátil de modelo AquaColor Cor IP67.

Para determinação do Índice de Estado Trófico da água (IET), que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Para este cálculo, foi utilizado o método de Carlson (1977), adaptado por Lamparelli (2004) para rios, o qual utiliza fósforo total e clorofila *a* como medida do potencial de eutrofização, conforme equações (1) e (2):

$$IET(PT) = 10 * \left(6 - \frac{0,42 - 0,36 * \ln(PT)}{\ln(2)} \right) - 20 \quad (1)$$

$$IET(CL) = 10 * \left(6 - \frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right) - 20 \quad (2)$$

PT representa a concentração de fósforo total, em $\mu\text{g/L}$; *CL* é a concentração de clorofila *a*, em $\mu\text{g/L}$; *IET (PT)* é o índice de estado trófico para o fósforo total; *IET (CL)* é o índice de estado trófico para a clorofila *a*. O valor do IET é então obtido pela média aritmética do IET(PL) e IET(CL), a partir do qual, é possível classificar o corpo hídrico em 5 níveis de trofia, sendo: ultraoligotrófico ($\text{IET} \leq 47$), oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$), mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$), eutrófico ($59 < \text{IET} \leq 63$), supereutrófico ($63 < \text{IET} \leq 67$) e hipereutrófico ($\text{IET} > 67$) (CETESB, 2018).

4.6 ANÁLISE DE METAIS

A extração dos metais Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Ferro (Fe) Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), foi realizada por digestão ácida com ácido nítrico em chapa aquecedora, pela metodologia 3030E do *Standard Methods Analysis Water and Wastewater* (APHA, 2012). A determinação das concentrações de metais nas amostras de água foi realizada por espectrometria de absorção atômica (EAA) com atomização por chama de acetileno no comprimento de onda específica para cada elemento, conforme a Tabela 5, usando o aparelho de marca Perkin Elmer, modelo PinAAcle 900 H, descrita no *Standard Methods Analysis Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Tabela 5 - Limite de quantificação (LQ) e detecção (LD) dos metais

Metal	LD	LQ
Cu	0,015	0,049
Mn	0,010	0,033
Fe	0,085	0,282
Cr	0,061	0,203
Zn	0,005	0,017
Pb	0,030	0,100
Ni	0,049	0,162

Fonte: PAYE *et al.*, 2012

4.7 ANÁLISE DOS AGROTÓXICOS

Foram analisados oito agrotóxicos: Acetamiprido, Carbendazim, Carbofurano, Dimetoato, Imidacloprido, Metalaxil, Metomil e Tiametoxan,

dentre fungicidas, inseticidas, acaricida e regulador de crescimento. Foram escolhidos estes agrotóxicos com base no estudo de identificação dos compostos utilizados na região (SILVA *et al.*, 2019), conforme Tabela 6. A metodologia adotada foi a preconizada pela Agência Ambiental Americana (EPA 525.2) com modificações do procedimento pelo LabTox/ITEP (Recife-PE), adequando a técnica de LC-MS/MS (Cromatografia Líquida com detector de massas acoplado).

Tabela 6 - Principais agrotóxicos utilizados no plantio de áreas de cultura no Vale do São Francisco.

Princípio ativo	Grupo Químico	Classificação
Acetamiprido	Neonicotinóide	Inseticida
Carbendazim	Benzimidazol	Fungicida
Carbofurano	Metilcarbanato de Benzofuralina	Inseticida, cupinicida, acaricida e nematocida
Dimetoato	Organofosforado	Inseticida e acaricida
Imidacloprido	Piretroide	Inseticida
Metalaxil	Acilalaninato	Fungicida
Metomil	Organofosforado	Inseticida (carbamato) e acaricida
Tiametoxam	Neonicotinóide	Inseticida

Fonte: IBGE, 2020.

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico, com pureza em torno de 99%. Os solventes usados, diclorometanos, acetonitrilo e metanol de qualidade para HPLC, foram adquiridos a J.T. Backer (Center Valley, PA, EUA) e filtrado através de membranas de PTFE (0,45 µm). A água utilizada nas análises foi purificada com o sistema de purificação Milli-Q (Millipore® Bedford, MA, EUA). Os padrões usados dos compostos estudados foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA) e Dr. Ehrenstorfer (Augusburg, Alemanha). Soluções estoque (2.000 mg L⁻¹) dos pesticidas estudados foram preparadas a partir de padrões certificados (pureza>98%), com dissolução de quantidades exatas dos princípios ativos em acetonitrila. Essas soluções foram armazenadas em um freezer a aproximadamente – 20 ° C. A partir dessas soluções foi preparada uma solução intermediária mista com concentração de 100 µg L⁻¹. As soluções de trabalho, utilizadas para a construção das curvas

analíticas, foram preparadas por diluições sucessivas desta solução em água-metano 9:1 (v/v).

4.8 INSTRUMENTAÇÃO

A identificação e quantificação dos compostos estudados nas amostras de água foram realizadas por um cromatógrafo líquido ultraeficiente, marca Waters, modelo Acquity UPLC H - Class, acoplado a um espectrômetro de massas com ionização por eletrospray, modelo SQD2 (UPLC - ESI - MS). Após o desenvolvimento e validação do método analítico, as melhores condições cromatográficas definidas para a separação dos analitos foram aquelas que utilizaram a coluna Acquity UPLC® BEH C-18 (1,7 μm , 2,1 mm x 100 mm), volume de injeção de 10 μL , temperatura do forno de 45 ° C e fluxo de 0,4 mL min⁻¹. As fases móveis utilizadas foram: (A) formato de amônio 10 mM (pH 5) em água, e (B) formato de amônio 10 mM (pH 5) em metanol - com gradiente de eluição começando com 98% da fase A e 2% da fase B, com rampa linear de até 1% de A em 8,5 min, permanecendo nesta composição até 9,5 min; retornar a 98% de A em 9,51 min, permanecendo até 11 min. O MS foi operado no modo SIR (Selected Ion Recording) com ionização Eletrospray, no modo de íons positivos e negativos. A tensão capilar foi otimizada em 1,0 kV. O nitrogênio foi utilizado como gás de dessolvatação a 500 ° C, com fluxo de 1.000 L h⁻¹ e temperatura da fonte de 150 ° C.

4.9 MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO ASSISTIDA POR VÓRTICE

O procedimento de extração utilizado nestes testes consiste na adição de 3,5 g de NaCl a uma amostra de 10 mL de água, em tubo falcon de 15 mL, seguida de homogeneização em agitador vortex por 30 s. Posteriormente, 0,5 mL de diclorometano foi adicionado, seguido de vórtex rigoroso a 3000 rpm por 3 min. O extrato foi então retirado com o auxílio de uma microsseringa e transferido para um frasco. As etapas de adição de diclorometano e retirada do extrato foram repetidas mais duas vezes. O extrato final foi levado ao fluxo de nitrogênio até secar. A retomada do extrato foi realizada em 1 mL de água-metanol 9: 1 (v / v).

4.10 ANÁLISES

As amostras foram coletadas em frascos de vidro âmbar de 1L, armazenadas a 4°C, para evitar possível degradação dos compostos de interesse, e extraídas posteriormente.

Tabela 7 - Limite de quantificação (LQ) e detecção (LD) dos agrotóxicos

Composto	LD	LQ
	ug/l ⁻¹	ug/l ⁻¹
Ioxinil	0,01	0,02
Metomil	0,01	0,04
Paclobutrazol	0,01	0,05
Acetamiprido	0,01	0,04
Carbendazim	0,01	0,05
Carbofurano	0,01	0,04
Dimetoato	0,004	0,01
Imidacloprido	0,01	0,02
Tiametoxan	0,01	0,04
Metalaxil	0,02	0,06

4.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram analisados através de análise estatística descritiva, com o auxílio do software STATISTICA 5.0 (STATSOFT, 1995), calculando-se os seguintes parâmetros estatísticos: média e desvio padrão. Os dados também foram avaliados por Análise de Componentes Principais (ACP), a fim de verificar os pontos mais críticos e relacionar a concentração dos contaminantes principais. A ACP será utilizada para reduzir a dimensão dos dados, pelo fato de haver muitas variáveis inter-relacionadas, através da criação de conjuntos, os componentes principais.

4.12 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA FRENTE A LEGISLAÇÃO

Os resultados alcançados para foram avaliados segundo a Resolução Conama 357/2005 para classe 2 e com a Portaria de Potabilidade GM/MS 888/2021, em seus artigos 42 e 44, em que trás a necessidade de analisar a água bruta em cada ponto de captação além de elaborar o plano de

amostragem. Salienta-se que a Portaria GM/MS 888/2021, trouxe abordagem para os parâmetros físico-químicos que não eram contemplados na portaria anterior.

Considerando que quatro dos oito agrotóxicos analisados não estão preconizados nas legislações nacionais e que quando não há informações na legislação nacional buscam-se valores limitantes em legislações internacionais. Para tanto utilizou-se a Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, da União Europeia, relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano em que determina os limites para agrotóxicos. Além disso, o uso de agrotóxico deve ser realizado de forma racional e responsável, pautada dentro das recomendações dos órgãos regulamentadores, visando à proteção do meio ambiente, diminuindo a contaminação e poluição dos recursos naturais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO E VAZÃO DO RIO SÃO FRANCISCO

Os resultados para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta dos pontos de amostragem estudados encontram-se na Tabela 9, com o valor mínimo e máximo obtidos durante o período de monitoramento.

De acordo com a Portaria GM/MS N^o 888, em seu artigo 42 “os responsáveis por SAA e SAC devem analisar pelo menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação com vistas a uma gestão preventiva de risco”, no inciso 1^o deste mesmo artigo “devem realizar análise dos parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos.” Cabe ressaltar que no presente estudo foram realizadas duas coletas no ano de 2019 e duas coletas no ano de 2020, totalizando o dobro de análises exigidas para cada ano, segundo a legislação citada.

A vazão do rio São Francisco durante o período de amostragem, obtida através de solicitação à Chesf, encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados da vazão média mensal do rio São Francisco durante o período de amostragem.

	2019		2020	
	SETEMBRO	NOVEMBRO	JANEIRO	JULHO
VAZÃO MÉDIA MENSAL (m³/s)	1142	1305	1184	1927

Chesf, 2021.

Tabela 9 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento.

Pontos de amostragem	Parâmetros (mín e máx)							
	pH	CE (uS/cm 25°C)	Cor (uH)	Turbidez (uT)	T (°C)	Nitrogênio amoniacal (mgN-NH ₃ /L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo (mg/L)
Sd	4,15 - 7,28	56,26 - 76,46	9,05 - 23,60	1,06 - 1,76	21,7 - 27,1	1,33 - 2,40	0,28 - 0,69	1,21 - 8,16
Car	4,08 - 7,34	60,76 - 447,8	10,05 - 22,90	1,00 - 2,92	22,3 - 27,3	0,80 - 4,27	0,46 - 2,87	1,01 - 10,57
JP	4,08 - 7,59	60,07 - 369,20	7,50 - 61,30	1,36 - 2,20	22,4 - 27,5	1,87 - 2,40	0,46 - 5,74	1,90 - 12,40
MD2	4,07 - 7,59	56,02 - 73,80	14,40 - 28,30	1,11 - 3,04	22,6 - 27,2	1,60 - 3,20	0,20 - 0,60	0,87 - 3,58
M1	4,08 - 7,10	55,97 - 73,50	10,00 - 21,80	1,10 - 2,28	22,6 - 27,1	1,87 - 2,40	0,44 - 0,70	1,22 - 3,28
M2	4,12 - 7,17	25,07 - 73,30	7,50 - 20,70	1,08 - 2,28	22,1 - 27,0	1,07 - 2,67	0,49 - 1,18	1,39 - 9,04
NH1	4,14 - 7,43	53,20 - 60,30	9,20 - 21,50	0,91 - 2,32	22,3 - 27,1	1,33 - 1,87	0,16 - 0,56	0,03 - 3,05
NH4	4,14 - 7,32	59,90 - 186,20	11,60 - 25,20	0,88 - 1,90	22,0 - 27,3	1,60 - 3,73	0,26 - 12,14	1,21 - 3,10

Os resultados obtidos do pH, onde os valores mínimos variaram entre 4,08 a 4,15 e os valores máximos variaram entre 7,10 a 7,59, no período estudado. Os valores mínimos apresentaram-se abaixo do estabelecido na Resolução Conama 357/2015, resultando em um pH ácido e os valores máximos estão dentro do padrão de qualidade. O pH é corrigido durante o tratamento convencional da água para abastecimento humano.

Em 2020, Brito *et al.*, observaram no seu estudo em água do lago de Bolonha em Belém-PA uma oscilação dos dados dos valores de pH, em que o menor valor foi de 6,23 e o maior de 6,70. Nesse aspecto, o pH das amostras encontrou-se próximo a neutralidade e o aumento dessa variável pode estar relacionado com o aumento da temperatura, pois a mesma influencia na mudança de pH das águas naturais.

Nos resultados da condutividade elétrica observa-se valores de mínimo de 25,07 uS/cm e de máxima de 447,8 uS/cm. É importante destacar que a Resolução Conama 357/2015 não estabelece valores para condutividade elétrica, mas devido a sua grande importância nos estudos da qualidade da água essa variável vem sendo analisada porque os íons oriundos de sais e demais substâncias polares dissolvidas são essenciais para a vida aquática (BRITO *et al.*, 2020).

Para o parâmetro cor verifica-se que todos os pontos de amostragem obtiveram os valores dentro do permitido segundo a Resolução Conama 357/2005 em que a cor deve ser até 75 uH. A maioria dos valores máximos para cor foram encontrados no mês de Setembro/19, ficando entre 14,4 – 23,6 (uH). Os pontos MD2 e NH1 obtiveram a cor máxima no mês de Novembro/19.

Valores altos para o parâmetro cor foram encontrados no estudo de Oliveira *et al.* (2015), em água consumida por quilombolas no mesmo município do presente trabalho, foram detectados valores muito acima do permitido na legislação, que oscilou entre 39 a 289 uH. O trecho do Rio São Francisco onde foi coletado as amostras, normalmente apresenta um acréscimo desses valores no período entre Novembro e Março, devido ao aumento da vazão do rio, conforme a Tabela 8 dos dados da vazão média no período estudado. Assim, o aumento da vazão intensifica a velocidade do escoamento fluvial, a capacidade

de transporte do rio e a lavagem das margens, incrementando o material particulado e dissolvido transportado (MEDEIROS *et al.*, 2007).

Além disso, o valor de cor pode ser atribuído à presença de metais como (Fe, Mn), húmus (matéria orgânica oriunda da degradação de matéria de origem vegetal), “além do que águas com elevada cor implicam em um mais delicado cuidado operacional no tratamento” (SPERLING, 2017).

Conforme a Tabela 9, os resultados para turbidez não apresentaram oscilação, sendo que todos os valores mínimos foram encontrados no mês de Setembro/19, apresentando-se dentro do permitido segundo a Resolução Conama 357/2005 que estabelece que a turbidez seja de até 100 uT para águas doce de classe 2. A turbidez está diretamente ligada à concentração de partículas suspensas presentes na água (DURIGON *et al.*, 2015) demonstrando que nos locais estudados não ocorre incidência de processos erosivos que carregam o material particulado para o curso d'água.

Segundo Albanez e Matos (2007) a turbidez pode sofrer variações e oscilações devido a ocorrências de materiais suspensos, como partículas de solo e resíduos orgânicos, por exemplo, a matéria orgânica que, geralmente entram no corpo hídrico em razão da ocorrência de processos erosivos no solo com material orgânico e inorgânico. Em águas naturais a turbidez se relaciona com fenômenos de absorção e dispersão da radiação solar sobre as partículas dissolvidas em suspensão na água (SODRÉ, 2007).

A temperatura apresentou valor de mínima e máxima oscilando entre 21,7°C e 27,5°C. Todos os resultados dos valores máximos foram obtidos no mês de Janeiro/20, que corresponde o período chuvoso na região. Os valores mínimos foram encontrados em quase sua totalidade no mês de Julho/20, somente a localidade Sd e NH4 que apresentaram os valores mínimos no mês de Setembro/19. Temperatura é um fator determinante no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos, exercendo enorme influência na atividade biológica e no crescimento de organismos aquáticos (HERMES *et al.*, 2004).

Brito *et al.* (2020) em seu trabalho obtiveram os valores de temperatura de 24,30°C para mínima, 32,00 °C para o máximo e média de 30,74±1,46 °C com coeficiente de variação de 0,05, em que 50% das amostras apresentaram valores menor que média observada nos pontos de amostragem do lago de

Bolonha em Belém-PA. Elevações de temperatura aumentam a taxa das reações e diminuem a solubilidade dos gases. Além disso, aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005).

O nitrogênio amoniacal apresentou valores oscilando entre 0,80 a 4,27 mg/L N, ultrapassando o limite permitido na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (até 0,70 mg/L N) em todos os pontos de coleta. Devido o nitrogênio apresentar grande mobilidade no solo, sofre grandes transferências para mananciais hídricos, seja por escoamento superficial seja por percolação (CERETTA *et al.*, 2010; GIROTTI *et al.*, 2013).

Para os poços de abastecimento da microbacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito-SC observou-se teores de nitrogênio amoniacal variando de 0,35 mg/L N a 15,17 mg/L N. Dessa maneira, três pontos de amostragem apresentaram em algum momento do estudo, poluição por compostos nitrogenados nas águas de consumo humano (CADONÁ *et al.*, 2018).

O nitrato oscilou entre 0,16 a 12,14 mg/L, ficando acima do permitido somente no ponto de amostragem NH4, no mês de Janeiro/20, essa concentração elevada por ter sido ocasionada por aporte de nutrientes das terras agrícolas cultivadas no entorno para dentro do canal de irrigação, já que este mês corresponde ao período chuvoso. Nos demais pontos e meses, manteve-se dentro do permitido segundo a Resolução Conama 357/2005 que estabelece o limite de até 10,0 mg/L para água doce classe 2.

Esse mesmo comportamento foi observado no estudo de Dantas *et al.* (2018) na análise da água de poços tubulares do interior do Rio Grande do Norte, onde obteve valores elevados em relação ao nitrato, oscilando entre 10,37 a 14,97 mg/L. Esse fator é um grande problema, já que o consumo de nitratos por um longo tempo causa uma série de disfunções para a saúde das pessoas, além disso, indicam que pode ter havido contaminação recente da água dos poços.

Os resultados de fósforo apresentaram-se acima do estabelecido segundo a Resolução Conama 357/2005 em todos os pontos de amostragem, com valores oscilando entre 0,03 a 12,40 mg/L. Somente no ponto NH1 obteve-se um valor dentro do permitido no mês de Novembro/19. Todos os valores

máximos dos locais em estudo foram encontrados no mês de Janeiro/20. Pode-se atribuir essa contaminação ao manejo do solo que fica próximo aos pontos de coletas, localizados em áreas agrícolas, mesmo não estando sobre influência direta da aplicação, podem estar contribuindo indiretamente como possível fonte de fósforo na água.

Da mesma forma ocorreu nos poços de abastecimento do estudo de Cadoná *et al.*, (2018), onde obteve-se os valores de 0,07 mg/L a 1,42 mg/L para os teores de fósforo, em que todos os locais de amostragem apresentaram-se contaminados, pois ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação.

A clorofila *a* não foi detectada e apenas a concentração de fósforo total foi utilizada no cálculo do índice de estado trófico (IET). Em todos os pontos, as amostras classificaram-se como ultraoligotrófico, (IET < 47). O maior valor (IET 23) ocorreu em Maniçoba 2 em Janeiro/20 e o menor valor (IET 17) ocorreu em NH1 em Setembro/19. No Rio São Francisco, o ponto Sd, o IET variou entre 17 e 22 com 20 de média. Isso significa que desde a Sede, ponto que representa o leito do rio, a água possui baixas concentrações de nutrientes. Postula-se, então, que não houve contaminação da água pelas atividades agrícolas ao entorno dos canais de irrigação para este indicador.

A média da concentração de *E. coli* variou entre 83 (no ponto M2) e 2.380 UFC/100mL (no ponto NH4) considerando todos os pontos de amostragem, segundo a Resolução Conama 357/2005 não deve ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano. O valor máximo ocorreu em Setembro/19 no ponto NH4 (6.925 UFC/100 mL), seguido do valor de 4.833 UFC/100 mL em Car. Em Novembro/19 e Julho/20 nenhum ponto apresentou *E.coli*. O mês de Setembro/19 foi o que mais pontos apresentaram *E.coli* (Sede, Mandacaru2, Maniçoba 1 e 2 e NH4). Em Janeiro/20 apenas os pontos Car, JP e NH1 apresentaram *E.coli*. Nota-se que no ponto que representa o leito do rio São Francisco (Sd) a *E. coli* esteve ausente em todo o período estudado demonstrando um alto poder de depuração do rio, diluindo assim o resultado deste parâmetro.

5.2 METAIS PESADOS

Os limites estabelecidos para água bruta na Resolução Conama 357/2005, referente aos parâmetros zinco, cobre, manganês, ferro, níquel, chumbo e cromo estão apresentados na Tabela 10, já para água tratada usa-se a PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021,

Tabela 10 - Valores padrões dos parâmetros metais pesados segundo a Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 e a Portaria GM/MS nº 888 para água bruta.

Parâmetros	Resolução Conama 357/2005 (mg/L)	Portaria GM/MS nº 888 (mg/L)
Zinco	0,18	5,00
Cobre	0,009	2,00
Manganês	0,10	0,10
Ferro	0,30	0,30
Níquel	0,025	0,07
Chumbo	0,01	0,01
Cromo	0,05	0,05

Na Tabela 11 encontram-se as concentrações dos metais com o valor mínimo e máximo obtidos durante o período de monitoramento. Comparando-se com a Resolução Conama 357/2005 e com a Portaria GM/MS nº 888 observa-se que os metais chumbo e cromo não foram encontrados resultados nos locais em estudo durante o período de monitoramento. O manganês e o níquel estiveram acima do permitido em quase todos os locais. O ferro esteve dentro do permitido somente no ponto Car. Houve divergência quando comparou-se os valores de zinco e cobre, segundo a Resolução Conama 357/2005 estes metais estiveram acima do permitido em quase todos os pontos de amostragem, já segundo a Portaria GM/MS nº 888 estiveram dentro do permitido em todos os locais estudados no período de monitoramento. Esta divergência deve-se a diferença que cada legislação estabelece para as concentrações dos metais que a água bruta deve possuir para fins de potabilidade.

Tabela 11 - Resultados dos metais pesados das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento.

Pontos de amostragem	Parâmetros (mín e máx)						
	Zinco (mg/L)	Cobre (mg/L)	Manganês (mg/L)	Ferro (mg/L)	Níquel (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Cromo (mg/L)
Sd	<LD - 1,64	<LD - 1,06	<LD - 0,20	<LD - 1,02	<LD - 0,40	<LD - <LD	<LD - <LD
Car	0,3 - 1,42	<LD - 1,16	<LD - 0,06	<LD - 0,24	<LD - 0,48	<LD - <LD	<LD - <LD
JP	<LD - 0,16	<LD - 0,66	<LD - 0,04	<LD - 2,80	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD
MD2	<LD - 0,14	<LD - 0,88	<LD - 0,30	<LD - 3,46	<LD <LD	<LD - <LD	<LD - <LD
M1	<LD - 0,18	<LD - 0,40	<LD - 0,22	<LD - 2,42	<LD - 0,26	<LD - <LD	<LD - <LD
M2	<LD - 0,20	<LD - 0,14	<LD - 0,28	<LD - 4,46	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD
NH1	0,18 - 0,90	<LD - 0,48	<LD - 0,06	<LD - 2,78	<LD - 0,50	<LD - <LD	<LD - <LD
NH4	<LD - 0,32	<LD - 0,76	<LD - 0,20	<LD - 5,66	<LD - 0,50	<LD - <LD	<LD - <LD

Os valores de zinco oscilaram entre <LD a 1,64 mg/L, os valores máximos, segundo a Resolução Conama 357/2005, foram encontrados no mês de Janeiro/2020, já de acordo com a Portaria GM/S^o 888 este metal não excedeu o limite estabelecido no período estudado. No estudo de Rossiter *et al.*, (2016), este metal não ficou acima do limite da Resolução Conama 357/2005 em nenhum dos pontos de captação de água dos eixos do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, contudo, os dois maiores valores foram encontrados no reservatório do Itaparica-PE. Já nas águas de uma represa em Minas Gerais, o estudo de Oliveira *et al.*, (2015) encontrou o zinco atendendo ao limite somente em um ponto de amostragem.

Para o cobre, os valores oscilaram entre <LD – 1,16 mg/L, os resultados máximos foram encontrados no mês de Julho/2020, pode-se estar associado ao aumento da vazão do rio neste mês, onde apresentou 1927 m³/s, conforme a Tabela 8, representando o período chuvoso na região, impactando na maior concentração deste metal neste período. Nota-se que nos meses Setembro/19, Novembro/19 e Janeiro/2020 somente o ponto M1 apresentou resultado quantificado, nos demais pontos de amostragem não foram encontrados resultados para o cobre. No estudo de Menezes *et al.* (2013) em amostras de água coletadas em Remanso e Sobradinho-BA verificou-se que no mês de Maio houve uma elevação na concentração deste metal. Este fato pode ser atribuído à ocorrência de maior pluviosidade na região e, provavelmente, em função das características do solo do entorno serem muito arenosos, ocasionando o carreamento intenso de partículas para o sistema aquático. Além disso, nesse período há um exacerbado uso de agroquímicos a base de Cu. Os fungicidas à base de cobre são amplamente utilizados na região de forma inadequada e em altas doses, representando um risco potencial de contaminação ambiental.

O manganês a concentração variou de <LD – 0,30 mg/L e foi observado que nos pontos Sd, MD2, M1, M2 e NH4 suas concentrações estão acima de ambas as legislações, isso pode ser atribuído às influências geológicas e antropogênicas na concentração deste metal no sistema aquático,

visto que a utilização de agroquímicos, principalmente fungicidas, pode ter contribuído para entrada desse elemento no lençol freático.

Resultados semelhantes foram verificados por Raposo Jr *et al.* (2008), na análise de poços semi-artesianos em Culturama-MS, onde o manganês apresentou concentrações acima do valor máximo para consumo humano, além disso, os autores relacionaram a presença atividade agrícola como provável fonte dos metais na região.

No estudo de Menezes *et al.* (2013) na água do lago de Sobradinho-BA, o teor médio de Mn excedeu o limite na primeira coleta nos municípios de Casa Nova, Sento Sé e Remanso-BA, entretanto na segunda coleta, a concentração média de todos os municípios excedeu os limites estabelecidos segundo ambas as legislações.

Em relação ao ferro, sua concentração variou de <LD a 5,66 mg/L e dentre os pontos estudados somente em Car o valor esteve dentro do permitido por ambas as legislações que é de até 0,30 mg/L. Isso pode ser atribuído ao carreamento de partículas do solo contendo esses metais aderidos em sua superfície ou contaminação por atividades não domésticas. Nota-se que no ponto de amostragem Sd e Car o ferro esteve ausente nos meses de Setembro/19, Novembro/19 e Janeiro/2020, apresentando resultado somente em Julho/2020. O ponto Sd representa a zona central do município em estudo e o ponto Car é o mais próximo da zona urbana, isto indica que a presença do ferro pode não estar relacionado aos lançamentos de efluentes domésticos diretos no rio São Francisco, e sim, a uma poluição difusa por outras fontes de contaminação.

No estudo de Peres (2012), a concentração de ferro esteve alta nos pontos de descarte das concessionárias de saneamento e na área de influência urbana de Juazeiro-BA. A alta concentração de ferro desde o primeiro ponto de coleta indicou que a água já estava chegando com alto teor deste elemento na região, sofrendo ainda acréscimo dos despejos das cidades.

O ferro, embora não apresente toxicidade, traz consigo inúmeras problemas por conferir o sabor da água, causando manchas na roupas e louças sanitárias, também podendo causar turbidez na água (DANTAS *et al.*, 2018).

Para o níquel, a concentração variou de <LD a 0,50 mg/L e nos pontos Sd, Car, M1, NH1 e NH4 encontram-se acima do permitido por ambas as legislações. Os valores encontrados para este metal foram somente no mês de Setembro/19, observa-se que neste mês a vazão média do rio São Francisco foi de 1142 m³/s, representando o período seco, nos demais meses não foi quantificado este elemento, visto que, nos meses subsequentes, foi verificado o aumento da vazão do rio. Nos pontos JP, MD2 e M2 não foram encontrados resultados durante o período de estudo.

Diferente da água do lago de Sobradinho-BA, onde Menezes *et al.*, (2013) a concentração média de Ni não ultrapassou os limites máximos permitidos nos municípios em estudo nas duas épocas do estudo, exceto para o município de Sento Sé, na primeira época, e Remanso na segunda época. Nos municípios de Sento Sé e Remanso nas duas épocas pelo menos um ponto amostral apresentou valor acima do permitido, podendo ser indicativo de existência de uma fonte poluidora potencial, dado este elemento ser oriundo dos fertilizantes fosfatados.

Para o chumbo e o cromo, as suas concentrações foram abaixo do LD. Trata-se de metais tóxicos que poderão ocasionar problemas na saúde da população. A ingestão em altas doses de metais pesados pode causar graves problemas de saúde, incluindo parada cardíaca fatal, erupções cutâneas, fadiga, dores de cabeça, problemas cardíacos, tonturas e doenças respiratórias (MUHAMMAD *et al.*,2011)

As concentrações de Cd, Cr, Ni e Pb estiveram abaixo do limite de quantificação dos métodos utilizados no trabalho de Oliveira *et al.*, (2015).

5.3 AGROTÓXICOS

Sobre os agrotóxicos a legislação brasileira Resolução Conama 357/2005 não faz menção a estes compostos, na Portaria GM/MS nº 888, encontram-se os compostos Carbendazim, Carbofurano, Dimetoato e o Tiametoxan.

Os limites estabelecidos na Diretiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, da União Europeia e na Portaria GM/MS nº 888, referente aos parâmetros agrotóxicos dos compostos: metomil, acetamiprido,

carbendazim, carbofurano, dimetoato, imidacloprido, tiametoxan e metalaxil estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores padrões dos parâmetros agrotóxicos segundo a Diretiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998, da União Europeia e Portaria GM/MS nº 888.

Parâmetros	Diretiva 98/83/CE (ug/L)	Portaria GM/MS nº 888(ug/L)
Metomil	0,10	-
Acetamiprido	0,10	-
Carbendazim	0,10	120
Carbofurano	0,10	7
Dimetoato	0,10	1,2
Imidacloprido	0,10	-
Tiametoxan	0,10	36
Metalaxil	0,10	-

Na Tabela 13 encontram-se as concentrações dos agrotóxicos identificados e quantificados nos pontos amostrados.

Dentre os agrotóxicos analisados, foi observado que os compostos acetamiprido, carbendazim, dimetoato e metalaxil apresentaram concentrações <LD. Já para o metomil foi detectada a concentração de 2,00 ug/l no ponto NH4 no mês de Setembro/19, isso deve-se a este ponto estar presente próximo a área irrigada, onde o composto pode ser usado como inseticida no controle de pragas agrícolas.

Considerando-se as características do clima e do solo da região do Submédio do São Francisco e por se tratar de área irrigada, os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas não podem ser desprezados. Somam-se a este fator de risco as características físicas dos solos da região que propiciam a lixiviação dos produtos para camadas mais profundas, favorecendo a contaminação da água (FERRACINI *et al.*, 2001).

Em relação ao carbofurano, este foi detectado nos pontos de amostragem Car e JP no mês de Janeiro/20, com concentrações de 36 e 142 ug/l, respectivamente, a Portaria GM/MS Nº 888 limita o uso dessa substância em até 7 ug/l. Nos demais meses e localidades os resultados foram <LD, podendo ter ocorrido contaminação das amostras ou algum erro análise laboratorial, necessitando assim, mais estudos para constatar realmente a

presença ou não deste composto, já que o carbofurano apresenta baixa solubilidade em água e fácil degradação no meio ambiente (MOREIRA, 2004). Além disso, a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) proibiu o uso do carbofurano desde 2017 e concluiu que o uso regular desse ingrediente deixa resíduos na água, representando risco agudo à população brasileira por seus efeitos neurotóxicos.

Em um estudo do monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil, resíduos de carbofurano foram encontrados nas águas do Canal São Gonçalo e do Rio Piratini, além disso, dos agrotóxicos estudados, este composto foi um dos que se apresentou mais persistente, sendo atribuído ao uso deste inseticida na cultura do arroz (GRUTZMACHER *et al.*, 2008).

Tabela 13 - Resultados dos agrotóxicos das amostras de água bruta nos canais de irrigação no município de Juazeiro-BA, para fins de abastecimento.

PONTOS	METOMIL	ACETAMIPRIDO	CARBENDAZIM	CARBOFURANO	DIMETOATO	IMIDACLOPRIDO	TIAMETOXAN	METALAX
	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l	MÍN - MÁX ug/l
Sd	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD
Car	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 36	<LD - <LD	<LD - 2	<LD - <LD	<LD - <LD
JP	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 142	<LD - <LD	<LD - 6	<LD - 5	<LD - <LD
MD2	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 1	<LD - <LD	<LD - <LD
M1	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 8	<LD - 2	<LD - <LD
M2	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 3	<LD - <LD	<LD - <LD
NH1	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD
NH4	<LD - 2,00	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - <LD	<LD - 133	<LD - <LD	<LD - <LD

O imidacloprido obteve concentração oscilando de <LD a 133 ug/l, este valor máximo foi detectado no ponto NH4 no mês de Janeiro/20. Os valores encontrados para este composto estão muito acima do limite estabelecido na Diretiva 98/83/CE da União Europeia, podendo ser um indicativo de contaminação oriundo do uso do imidacloprido como inseticida no cultivo de cana-de-açúcar, já que este ponto de amostragem fica próximo à área de cultivo desta cultura.

O tiametoxan apresentou valores altos somente nos pontos JP, no mês de Janeiro/20 e no ponto M1, no mês de Setembro/19, nos demais meses e pontos de amostragem os resultados foram <LD. Pode ser atribuído a sua alta solubilidade em água, sendo que é usado como inseticida na cultura da cana-de-açúcar para o controle de pragas, em área próxima ao ponto de amostragem.

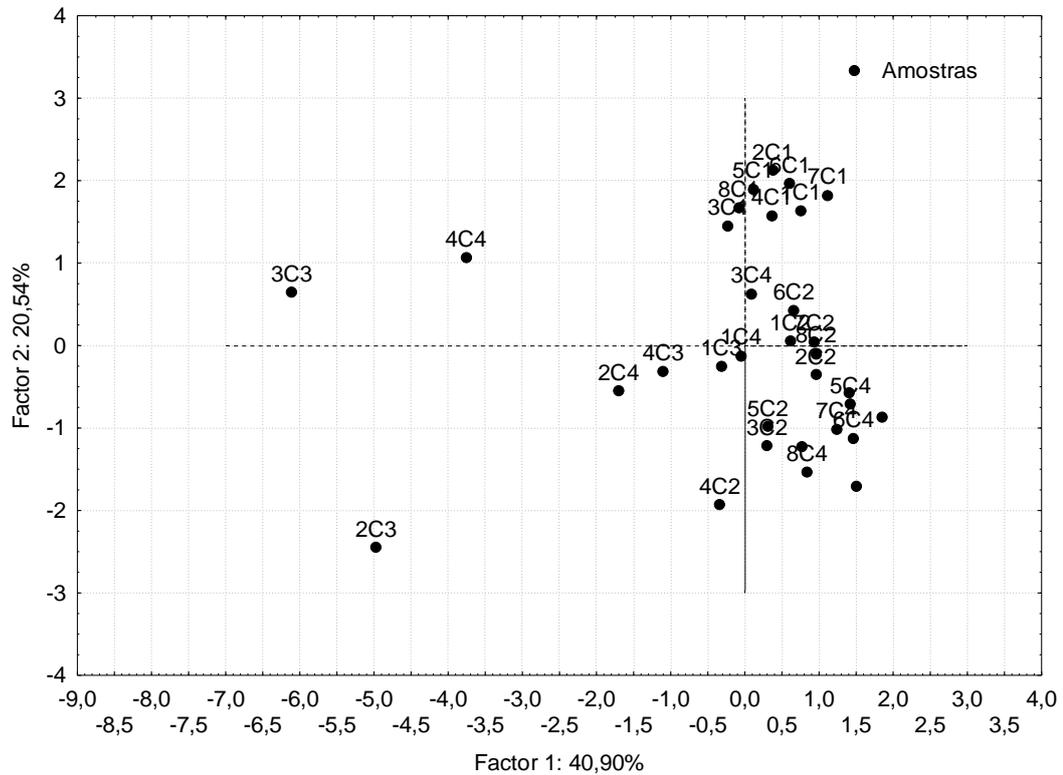
No estudo de Oliveira *et al.*, (2015) nas águas da Represa Dr. João Penido-MG, os resultados para os agrotóxicos que constam na legislação ficaram abaixo dos limites de quantificação. Isso mostra que, apesar das áreas de cultivo na bacia hidrográfica e das pequenas hortas das comunidades locais, a represa não apresentou sinais de contaminação por agrotóxicos no período analisado.

Nas cidades de Petrolina-PE e Juazeiro-BA Ferracini *et. al.*, (2001) encontraram 39 produtos agrícolas nas áreas de cultivo de manga e uva, que são predominantes da região, em que os compostos mais usados são inseticidas, fungicidas e herbicidas.

5.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS - ACP

Na Figura 14, encontram-se os resultados das análises dos componentes principais usado para avaliar a diferença de sazonalidade e os indicadores que mais influenciaram a qualidade da água no período estudado. A matriz total dos dados representados possui 96 amostras (32 amostras x 4 coletas) e 8 variáveis. As variáveis empregadas na ACP foram: pH, condutividade elétrica, cor, turbidez, temperatura, nitrogênio amoniacal, nitrato e fósforo e suas concentrações encontram-se apresentadas na Tabela 14. Observou-se que a primeira e a segunda componentes principais explicaram, respectivamente, 40,90% e 20,54% da variância total dos dados, concentrando em apenas duas dimensões cerca de 61,44% das informações antes diluídas em 8 dimensões (número de variáveis analisadas).

Figura 14 - Análise de componentes principais CP1 vs CP2



Na análise do gráfico dos escores da Figura 17 (PC1 vs PC2), observa-se uma certa semelhança entre as amostras da campanha 1 (Set/19) e algumas amostras da campanha 2 (Nov/19), isto corresponde à equivalência dos resultados encontrados em relação a temperatura, já a campanha 3 (Jan/21) e campanha 4 (Jul/21) dispersou para alguns pontos (2C3, 3C3 e 4C4). A amostra 3C3 refere-se ao ponto JP no mês de Janeiro/2020 é a que está mais afastada das demais, seguida das amostras 2C3 (ponto Car no mês de Janeiro/2020) e a amostra 4C4 (ponto MD2 no mês de Julho/2020).

Na PC1 as variáveis que mais destacaram-se negativamente conforme a Tabela 14, foi a condutividade elétrica e o fósforo, sendo representados pelas amostras 2C3 e 3C3 com valores respectivamente de 447,80 e 369,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 25°C para condutividade elétrica e, 0,26 e 0,29 mg/L para fósforo, registrando teor acima do valor máximo permitido (0,10 mg/L) para fósforo, considerado um indicador que os canais de irrigação estão recebendo descarga de efluentes domésticos. Evidencia-se que a presença do fósforo na água esteja associado a diferentes fontes, o detergente empregado em larga escala doméstica e os dejetos fecais lançados na água pelo esgoto sanitário em quantidade excessiva configuram como

uma das principais fontes de poluição (SILVA; NUNES; NASCIMENTO, 2021). O ponto 4C4, nesta campanha, apresentou cor, temperatura e nitrogênio amoniacal com valores altos. Já o agrupamento da campanha PC2, as variáveis que mais influenciaram foram: turbidez e pH, onde a amostra 4C2 apresentou para a turbidez o resultado de 3,04 uT, sendo o valor mais alto durante todo o período estudado, mas ainda permanecendo dentro do permitido pela legislação de potabilidade de água. Os pontos citados são os mais próximos da sede do município e representam o início do período chuvoso, conforme a Figura 16, onde o ponto 4C4 está dentro de uma área agrícola, podendo haver uma contaminação por lançamento de esgoto, o responsável da alta do nitrogênio amoniacal.

Tabela 14 - Peso fatorial das amostras nas campanhas analisadas.

	PC 1	PC 2	PC 3
pH	0,157231	-0,649601	-0,086727
condutividade	-0,472584	-0,150733	0,183596
cor	-0,355963	0,243387	-0,273933
turbidez	-0,172254	-0,672352	-0,163521
temperatura	-0,341520	0,132272	-0,575440
nitrogênio amoniacal	-0,348553	-0,077794	0,618563
nitrato	-0,384295	0,085321	0,296483
fósforo	-0,457989	-0,114789	-0,235241

A Figura 15 apresenta o gráfico dos escores e loadings da caracterização para a primeira e terceira componentes (CP1 vs CP3), observou-se que a primeira e a terceira componentes principais explicaram, respectivamente, 40,90% e 13,07% da variância total dos dados, concentrando em apenas duas dimensões cerca de 53,97% das informações antes diluídas em 8 dimensões (número de variáveis analisadas). Verifica-se que as amostras 2C3, 3C3 e 8C3 apresentaram temperaturas semelhantes com valores oscilando entre 27,30° a 27,50°C. As amostras 2C3, 8C3 e 8C1 apresentaram semelhança no nitrogênio amoniacal com resultado de 0,50 mgN-NH₃/L, sendo que o ponto 2C3 é o mais próximo da zona urbana e os pontos 8C3 e 8C1 são os mais afastados. O Nitrogênio amoniacal é um indicativo de contaminação por meio de lançamento de esgoto, sendo um indicativo de poluição pontual e difusa nos locais estudados.

Figura 15 - Análise de componentes principais CP1 vs CP3

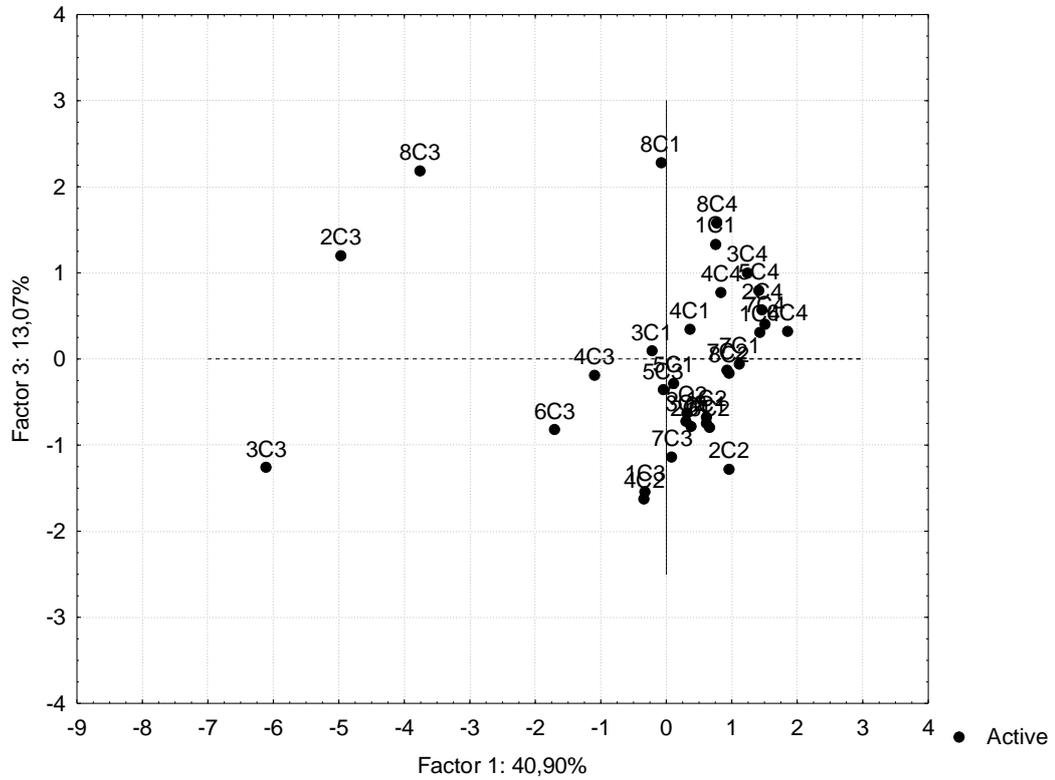
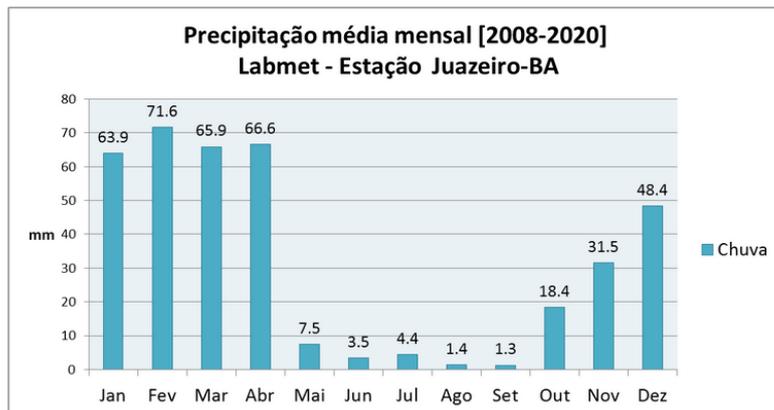


Figura 16 - Gráfico de precipitação média mensal em Juazeiro (BA) nos anos 2008-2020 com a média histórica.



Fonte: LABMET/UNIVASF, 2020.

6. CONCLUSÕES

Analisando-se de uma forma geral, segundo a ACP, os parâmetros físico-químicos merecem atenção para a turbidez e pH no período seco, como também a condutividade elétrica, fósforo, cor, temperatura e nitrogênio amoniacal no período chuvoso. Comparando com a Resolução Conama 357/2015 as variáveis que ficaram acima do permitido durante o período estudado foram o nitrogênio amoniacal, nitrato e o fósforo, observa-se que são indicadores de contaminação, desta forma o tratamento da água exige um monitoramento e um tratamento intensivo diante desta particularidade.

O metal pesado cobre ultrapassou o limite estabelecido em todos os pontos de amostragem, os metais zinco, manganês, ferro e níquel obtiveram resultados acima do permitido em quase todos os locais estudados, somente os metais chumbo e cromo que não foram encontrados resultados nos locais em estudo, mantendo-se dentro do permitido pela legislação em todo o período de monitoramento.

Dentre os agrotóxicos analisados, foi observado que os compostos: acetamiprido, carbendazim, dimetoato e metalaxil apresentaram concentrações <LD. O agrotóxico imidacloprido apresentou resultados muito acima do limite estabelecido na legislação. O metomil na localidade NH4, carbofurano nas localidades Car e JP e o tiametoxan na localidade JP e M1 apresentaram resultados acima do permitido, necessita-se de mais estudos para identificar a possível fonte de contaminação.

Os metais pesados e agrotóxicos, na forma em que encontram-se na água, não são compatíveis com a maioria dos tratamentos convencionais das estações de tratamento de água, necessitando de um tratamento específico a ser escolhido ou a adaptação do tratamento convencional, por isso a necessidade de uma fiscalização e legislação mais específica.

Diante disso, conclui-se que é necessário um monitoramento, fiscalização e legislação mais intensa e representativa, uma vez que o município de Juazeiro-BA utiliza como fonte de captação de água para consumo humano, em algumas localidades no interior, estes canais de irrigação que são localizados entre áreas de cultivos agrícolas. Além de analisar a possibilidade de alterar estes pontos de captação de água, pois constatou-se, através dos indicadores de poluição, que estas águas contém contaminantes, devendo receber atenção ao seu tratamento para fins de potabilidade para consumo humano.

7. REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (Brasil). **Atlas Brasil**. Abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília, 72p. 2010.

ALBANEZ, J. R e MATOS, A. T. (2007) “Aquicultura”. In: MACEDO, J. A. B. Águas & Águas. Belo Horizonte – MG: CRQ – MG.

ALMEIDA, W. R. F. de; SOUZA, F. M. de. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Id on Line Rev.Mult. Psic.**, 2019, vol.13, n.43, p. 353-378. ISSN: 1981-1179.

AL-OTHTMAN, Z.; ALI, R.; AL-OTHTMAN, A.M.; ALI, J.; HABILA, M.A Assessment of toxic metals in wheat crops grown on selected soils of Khyber Pukhtoon Khaw,Pakistan, irrigated by diferente water sources. **Arabian Journal of Chemistry**, p.1-8, 2012.

ALVES, S. R.; OLIVEIRA SILVA, J. J. Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos. In: Peres F, Moreira J C, organizadores. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p.137-56, 2003.

APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, **Water Environment Federation**. Washington, DC.

ARAI, T.; OHJI, M.; HIRATA, T. Trace metal deposition in teleostfishotolith as anenvironmentalindicator. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 179, p. 255-263, 2007.

ARMAS, E. D. de; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F. dos; CAMARGO, P. B. de; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1119-1127, set./out. 2007.

BARD, A. J.; ZOSKI, C. G., **Voltammetric Retrospective**, Anal. Chem, 72, 364 A, 2002.

BEDOR, C.N.G.; RAMOS, L.O.; PEREIRA,P.J.; RÊGO, M.A.V.; PAVÃO, A.C.; AUGUSTO, L.G.S. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.12, n.1, p.39-49, 2009.

BELO, M. S. da S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. G. de C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado de Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p.78-88, jan./jun. 2012.

BRASIL, **Resolução CONAMA n°357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U. de 30 julho 1986.

BRASIL. **Decreto nº 4.074**, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências [documento *on-line*]. Diário Oficial da União; 8 jan 2002.

BRASIL. **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. In: Legislação federal de agrotóxicos e afins. Brasília (DF): Ministério da Agricultura e do Abastecimento; 1998. p. 7-13.

BRASIL. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Publicado no D.O.U. de 04 maio 2021.

BRITO, F. S. L.; PIMENTEL, B. A.; VILHENA, J. C.; ROSÁRIO, K. K. L.; MORAIS, M. S.; CRUZ, R. H. R.; CORRÊA, V. L. S. Comportamento das variáveis físico-químicas da água do lago Bolonha-Belém-PA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1738-1757, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-120>.

BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton as na indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lake and Reservoir Management**, v. 16, p. 253–264, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2011.00484.x>

CABRERA, L.; COSTA, F. P.; PRIMEL, E. G. Estimativa de risco decontaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Quim. Nova**, v. 31, n. 8, p. 1982-1986, 2008.

CADONÁ, E.A., LOURENZI, C.R., DE SOUZA, E.L., CARVALHO RAMPINELLI, E., SANTOS, M.L. DOS, SETE, P.B. & SOARES, C.R.F.S. Contaminação por nitrogênio e fósforo de águas destinadas ao consumo humano em região com intensa atividade suinícola. **Geociencias**, 37(4): 883–891. 2018. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i4.12274>.

CALMANO, W. Metals in sediments: Remobilization and environment hazards. In: MUNAWAR, M ; DAVE, G., eds. **Development and Progress in Sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges, Techiques & Strategies**, p.1- 13, 1996.

CAVALCANTE, Rosane Barbosa Lopes. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Rev. Ambient.**

Água, Taubaté , v. 9, n. 3, p. 550-558, set. 2014 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980993X201400030001&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 fev. 2021. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1301>.

CARLSON, R. E. A trophicstate index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 2, n. 2, p. 361-369, 1977.

CERETTA, C.A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L.C.; LOURENZI, C.R.; TIECHER, T.L.; CONTI, L.; TRENTIN G.; MIOTTO, A.E. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 593-602, 2010.

CETESB - **COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**. Índices de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2006.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas interiores: Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017**. São Paulo: CETESB, 2018. 303p.

CHAWLA, P. et al. Organophosphorus pesticides residues in food and their colorimetric detection. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 10, p. 292–307, dez. 2018.

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **Bacia do Rio São Francisco. Vazões médias diárias do rio São Francisco período 2019 e 2020**. Março, 2021.

CLARKSON, T. W. The toxicology Of mercury. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**, v. 34, n. 4, p. 369-403, 1997.

DANTAS, GERBESON CARLOS BATISTA; FARIAS, HENRIQUETA MONALISA; OLIVEIRA, CAMILA RAFAELA SANTOS DE; SILVEIRA, ARTHURO MUNAY DANTAS DA; BARROS, SÂMEA VALENSCA ALVES. Physico-chemical quality of waters of tubular wells located in the interior of the State of Rio Grande do Norte. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 91-96, 23 fev. 2018. *Lepidus Tecnologia*. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v32i1.29098>.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014.

DOSSIÊ Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1: Agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Saúde Coletiva**, 2012a.

DOSSIÊ Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 2: agrotóxicos, saúde, ambiente e sustentabilidade. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Saúde Coletiva**, 2012b.

Durigon, M.; Oliveira, M. A.; Wolff, D. B.; Vestena C., A. P.; Ferreira da Silva, J.. A URBANIZAÇÃO COMPROMETE A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VACACAÍ E VACACAÍ-MIRIM EM SANTA MARIA, RS Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil. **Ciência e Natura**, vol. 37, núm. 3, Septiembre-Diciembre, 2015, pp. 64-73.

FALANDYSZ, J., et al. "Toxic elements and biometals in Cantharellus mushroom from Poland and China". **Environ Sci Pollut Res**, 24 (12): 11472-11482. 2017.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A.. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de petrolina (PE) e Juazeiro (BA). Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 1-16, 2001.

FERNANDES NETO., M. de L; SARCINELLI, P. de N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição o processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 1, p.69-78, mar. 2009.

FERNANDES, R. B. A.; LUZ, W. V.; FONTES, M. P. F.; FONTES, L. E. F. **Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.11, n.1, p.81–93, 2007.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Agrotóxicos e Saúde. Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. **Série Fiocruz - Documentos Institucionais**. Ministério da Saúde. 2018.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. Presença de agrotóxicos em água potável no Brasil: Parecer técnico do GT de Agrotóxicos da Fiocruz para a Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, para o parâmetro "agrotóxicos" **Ministério da Saúde**. Rio de Janeiro, 12 de abril de 2020.

GHADERPOORI, Mansour et al. Heavy metals analysis and quality assessment in drinking water – Khorramabad city, Iran. **Data In Brief**, Elsevier BV, v. 16, p.685-692, 2018.

GIROTTI, E.; CERETTA, C.A.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; TRENTIN, G.; BASSO, C.J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. Nutrient transfer by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 95, p. 115-131, 2013.

GOMES, M. A. F; BARIZON, R. R. M. Panorama da contaminação Ambiental por Agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: Cenário 1992/2011, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 36p.

GRUTZMACHER, Douglas D. et al . Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 12, n. 6, p. 632-637, Dec. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662008000600010&

Ing=en&nrm=iso>. access on 28 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000600010>.

GUEDES, J. A.; LIMA, R. F. S.; SOUZA; L. C. Metais pesados em água do rio Jundiá - Macaíba/RN. **Revista de Geologia**. v. 18. n.2. p.131-142. 2005.

HERMES, L. C., FAY, E. F., BUSCHINELLI, C. C. A., SILVA, A. S., SILVA, E. F. F. **Participação Comunitária em Monitoramento da Qualidade da Água**. Circular Técnica nº8. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

HIRATA, R; ZOBBI, J.; OLIVEIRA, F. Águas subterrâneas: reserva estratégica ou emergencial. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Orgs.). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Rio de Janeiro: ABC, 2011. v. 1. p. 144-164, 2011.

HOODA, P. S. [Org.] **Trace elements in soils**. 1. ed. Wiley. 618p. 2010.

HU, H.; KIM, N.K. Drinking-water Pollution And Human health. In: CHIVIAN, E. *et al.* (Ed.). **Critical condition: human Health and the environment**. 2. Ed. EUA: MIT Press, p. 31-45. 1994.

IKEM, A.; EGIEBOR, N. O.; NYAVO R, K. Trace elements in water, fishandsedimentfromTuskegee Lake, Southeastern USA. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 149, p. 51–75, 2003.

INSTITUTO TRATA BRASIL. RANKING DO SANEAMENTO. (2019). GO Associados. São Paulo. 2019.

http://www.tratabrasil.org.br/imagens/estudos/itb/ranking-2019/Realt%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2019_v11_NOVO_1.pdf

JAYAWARDENA, U. A., P. ANGUNAWELA, D. D. WICKRAMASINGHE, W. D. RATNASOORIYA, and P. V. Udagama. Heavy metal-induced toxicity in the Indian green frog: Biochemical and histopathological alterations. *Environ Toxicol Chem*, 36: 2855-67. 2017.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4.ed. Boca Raton: CRC, 534 p. 2011.

KAY, K. **ToxicologyofPesticides: RecentAdvances**. Environmental Research, v. 6, p. 202-243, 1973.

LABMET. Laboratório de Metereologia. UNIVASF Disponível em: <http://labmet.univasf.edu.br/joomla/index.php/dados-climaticos/graficos/estacao-juazeiro-ba/precipitacao>, Acesso em: Jul.2021.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LANE, T. W., and F. M. MOREL. A biological function for cadmium in marine diatoms', *Proc Natl Acad Sci U S A*, 97: 4627-31. 2000.

LARSON, K. A.; WEINCEK, J. M., Mercury removal from aqueous streams utilizing micro emulsion liquid membranes. **Environmental Progress**, v. 11, n. 2, p. 456-464, 1994.

LEE, Y. H.; HULTBERG, H.; ANDERSSON, I. Catalytic effect of various metal ions on the methylation of mercury in the presence of humic substances. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 25, p. 391-400, 1985.

LIMA, A.M.; SANTOS, F.F. Análise das propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do rio claro, próximo à cidade de Jataí–GO. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.14,n.2,p. 239-255, 2012.

LOURENÇATO, L. F. **Potencial de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo, PR**. Curitiba: UFPR. 48p. Dissertação Mestrado. 2010.

LUZ, C. N. **Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Ipitanga**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME FILHO, O. **Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo**. *Quim. Nova*, v.30. n.5. p.1171-1178. 2007.

MARTINS, M. F. M.; GONÇALVES, G. J.; LIMA, V. T. A; SILVA, P. T. S; AMORIM, M. C. C. **Qualidade da água do rio São Francisco em canais de irrigação utilizados para abastecimento público**. In: III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais..Belo Horizonte(MG) Online, 2020. Disponível em: <<http://www.even3.com.br/anais/IIISBHSF>>. Acesso em: 03, Fev. de 2021.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**; tradução de Cláudia F. Falluh; Balduino Ferreira. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF:NEAD, 568 p.2010.

MEDEIROS, M. N. C; MEDEIROS, M. C; SILVA, ARAÚJO, M. B. Intoxicação aguda por agrotóxicos anticolinesterásicos na cidade do Recife, Pernambuco, 2007-2010. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 3, p.509-518, set. 2014.

MEDEIROS, P. R. O.; KNOPPERS, B. A.; SANTOS-JÚNIOR, R. C.; SOUZA, W. F. L. Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do rio São Francisco (Se/Al). **Geochimica Brasiliensis**, 21(2)212 - 231, 2007.

MENDES, A.M.S.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; LIMA, J.A.G.; MEDEIROS, A.D.L. **Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro**. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 14:791-796, 2010.

MENEZES, C. T. **Método para priorização de ações de vigilância da presença de agrotóxicos em águas superficiais: um estudo em Minas Gerais**. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MENEZES, F. J. de S.; SILVA NETA, C. R. da; SILVA, A. P. da; SILVA, P. T. de S. e; MENDES, A. M. S. Avaliação da concentração dos metais pesados na água do Lago de Sobradinho-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 27., 2013, Goiânia. Saneamento, ambiente e sociedade: entre a gestão, a política e a tecnologia. Rio de Janeiro: **ABES**, 2013.

MESSROUK, H., et al. "Physico-chemical characterization of industrial effluents from the town of Ouargla (South East Algeria)". **Energy Procedia**, 50: 255-262. 2014.

MOHAMMADI, A. A.; ZAREI, A.; MAJIDI, S.; GHADERPOURY, A.; HASHEMPOUR, Y.; SAGHI, M. H.; ALINEJAD, A.; YOUSEFI, M.; HOSSEINGHOLIZADEH, Nasrin; GHADERPOORI, Mansour. Carcinogenic and non-carcinogenic health risk assessment of heavy metals in drinking water of Khorramabad, Iran. **Methodsx**, [s.l.], v. 6, p. 1642-1651, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mex.2019.07.017>.

MOSTAFALOU S, ABDOLLAHI M. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. **Toxicol Appl Pharmacol**. 268:157–177. 2013.

MUHAMMAD, S.; SHAH, M. T.; SARDAR KHAN, S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. **MicroChem. J.** n.98. p.334–343. 2011.

NASCIMENTO, S. A. M; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, Bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n.4, p.543-550, 2005.

MOREIRA, M.R.S.; MUCCI, J.L.N.; ABAKERLI, R.B. Monitoramento dos resíduos de carbofurano em área de produção de arroz irrigado – Taubaté, São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.71, n.2, p.221-226, abr./jun., 2004.

NOALE, R. Avaliação do risco ambiental em sedimento dos lagos do riacho Cambé em Londrina pela distribuição de metais. **Centro de Ciências Exatas** – Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina-PR, 2007.

NÚÑEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PALMIERI, F.; MESQUITA, A. A. **Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do Solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados**. Edafologia, v.13. n.2. p.73-85. 2006.

OLIVEIRA, LUIZ FERNANDO CAPPAL DE; BUCCI, MAGALY HEIDENREICH; DELGADO, FRANCISCO EDUARDO DA FONSECA; SANTOS, CLAUDIOMIR DA SILVA. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 804-824, 28 out. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1534>.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. Avaliação da toxicidade. In: SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRAFILHO, E. C. (Org.). **Princípios de Toxicologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência. cap. 8. 2013.

OLIVEIRA, ROBERTO DE., OLIVEIRA, F. G. DA S., SANTOS, M. A. B. DOS, SILVA, T. DE A. MOURA, G. J. B.. Avaliação da Potabilidade da Água Consumida por Quilombolas em Juazeiro, BA, Brasil. **Opará: Etnicidades, Movimentos Sociais e Educação**, Juazeiro-Ba, v. 3, n. 4, p. 45-58, 20 dez. 2015.

PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Tchê-Química**, v. 3, n. 6, p. 37-44, 2006.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; MELO, S. B. **Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos-traço em solos**. R. Bras. Ci. Solo. v.36. 2012. p.1031-1041.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. In: PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Org.). **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Fiocruz. p. 21-41. 2003.

PERES, JANAINA DE MORAES. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO NOS MUNICÍPIOS DE PETROLINA-PE E JUAZEIRO-BA**. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2012.

PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. Acidente rural ampliado: o caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde. **Ciência & Saúde & Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 105-114, jan./mar. 2012.

PMSB - **Plano Municipal de Saneamento Básico de Juazeiro-BA**. 2011.

PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX.

QUEIROZ, M. T. A. Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, aplicando a análise por ativação Neutrônica Instrumental. **Dissertação** – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2006.

RANGEL, L. M.; SILVA, L. H. S.; ROSA, P.; ROLAND, F.; HUSZCAR, V. L. M. REBELO, R. M. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**. Brasília, DF: Ibama, 2010.

RAPOSO JR, J. L.; SOUZA, J. L. C.; RE-POPPI, N. Evaluation of Metal Ions and Nitrate Levels in Ground Water From Private Wells in Culturama (Mato Grosso do Sul State, Brazil) by Flame AAS. **Atomic Spectroscopy**. Norwalk, v. 29, p. 137-144, 2008.

RIBEIRO, E. V.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; HORN, A. H.; TRINDADE, W. M., METAIS PESADOS E QUALIDADE DA AGUA DO RIO SÃO FRANCISCO NO SEGMENTO ENTRE TRÊS MARIAS E PIRAPORA - MG: índice de contaminação. **Geonomos**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 49-63, 31 jul. 2012. GEONOMOS. <http://dx.doi.org/10.18285/geonomos.v20i1.27>.

ROCHA, D. S.; CUNHA, B. C. A.; GERALDES, M. C.; PEREIRA, S. D.; ALMEIDA, A. C. M. Metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba, RJ: implicações sobre fontes e dinâmica da distribuição pelas correntes de maré. **Geochimica Brasiliensis**. v.24. n.2. p.63-70. 2010.

RODRIGUES, M. L. K.; FORMOSO, M. L. L. Heavy metals in recent sediments and bottom-fish under the influence of tanneries in south Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 176, p. 307-327, 2006.

ROSSITER, K W. L.; MARQUES, E. T.; SILVA, A.M.R.B.; MORAIS, M. M. Avaliação da concentração de metais na água nos eixos de captação do Projeto de Integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional. I **Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico. Juazeiro-BA, v. 1, n. 1, p. 1-8, Jun. 2016.

ROVIRA, J., et al. "Human expos ureto trace elements through the skin by direct contact with clothing: risk assessment". **Environ Res**, 140: 308-316. 2015.

RUSYNIAK, D. E., A. ARROYO, J. ACCIANI, B. FROBERG, L. KAO, and B. FURBEE. Heavy metal poisoning: management of intoxication and antidotes, **EXS**, 100: 365-96. 2010.

SABIK, H.; JEANOT, R.; ROUNDEAU, B. Multiresidue methods using solid-phase extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 885, p. 217-236, 2000.

SALEH, Hossein Najafi; PANAHANDI, Maryam; YOUSEFI, Mahmood; ASGHARI, Farzaneh Baghal; CONTI, Gea Oliveri; TALAEI, Elham; MOHAMMADI, Ali Akbar. Carcinogenic and Non-carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in Groundwater Wells in Neyshabur Plain, Iran. **Biological Trace Element Research**, [S.L.], v. 190, n. 1, p. 251-261, 17 set. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-018-1516-6>.

SALEH, Hossein Najafi; PANAHANDI, Maryam; YOUSEFI, Mahmood; ASGHARI, Farzaneh Baghal; CONTI, Gea Oliveri; TALAEI, Elham; MOHAMMADI, Ali Akbar. Carcinogenic and Non-carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in Groundwater Wells in Neyshabur Plain, Iran. **Biological Trace Element Research**,

[S.L.], v. 190, n. 1, p. 251-261, 17 set. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-018-1516-6>.

SALES, L. E. O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M. **Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. n.34. p. 667-674. 2010.

SANTOLIN, C.V.A. Quantificação e Avaliação da Contaminação por Metais e Arsênio em Sedimentos da Bacia do Rio Doce – MG. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2015.

SANTOS, A.; ALONSO, E.; CALLEJÓN, M.; JIMÉNEZ, J. C. Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in ground water of the guadiam arriver basin. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 134, p. 275-286, 2002.

SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; SANTOS, M. A. S. Poluentes orgânicos e inorgânicos. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Org.) **Qualidade dos Sedimentos**: Porto Alegre: ABRH. 397 p. 2013.

SEYLER, P. T.; BOAVENTURA, G. R. **Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin Hydrological Processes**, v. 17, p. 1345–1361, 2003.

SILVA, L. J. da; LOPES, L. G. ; AMARAL, L. A. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p.615-622, set. 2016.

SILVA, P. T. de S., MEDEIROS, L. R. de A., CUNHA, T. J. F., DUARTE, N. C., SALVIANO, A. M.. Risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos em cultivos de cebola no Entorno do Lago de Sobradinho, estado da Bahia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Petrolina-PE, v. 137, n. 1, p. 1-27, out. 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202879/1/Risco-de-Contaminacao-das-Aguas-2019.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

SILVA, Selma Maria de Arruda; NUNES, Adriana Cristina da Silva; NASCIMENTO, Elisabete Lourdes do. QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL COM ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICAS: bacia do Igarapé Dois de Abril, ji-Paraná-RO. **Contribuciones A Las Ciencias Sociales**, [S.L.], p. 109-123, 2 jun. 2021. Servicios Academicos Intercontinentales S.L.. <http://dx.doi.org/10.51896/ccs/dyqy9248>.

SINGH, S.J. & DEVI, H.P. A study of water-borne morbidities of Thangavillage, Manipur. **Journal of Human Ecology**, v. 19, n. 2, p. 103-105. 2006.

SIQUEIRA, S. L. de; KRUSE, M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 42, n. 3, p. 584-590, set. 2008.

SODRÉ, S. S. V. Hidroquímica dos Lagos Bolonha e Água Preta, Mananciais de Belém - Pará. 114f. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém, 2007.

SOUZA, A. M. *et al.* Seasonal study of concentration of heavy metals in waters from lower São Francisco River basin, Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, v. 76, n. 4, p.967-974, 6 maio 2016.

SOUZA, A.; FONTENELE, S. B.; OLIVEIRA, A. P. G.; LASTORIA, G.; DIAS, C. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Rio Negro, MS. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**. v. 35 n. 2 . p. 176-189. 2013.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 8, n. 1, abr. 2014. ISSN 1982-5528. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

SPERLING, V. M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

SUHOUSOFF, A. V.; HIRATA, R.; FERRARI, L. C. K. M. Water quality and risk assessment of dug wells: a case study for a poor community in the city of São Paulo, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 68, p. 899-910, 2013.

TANNER, C. C., et al. "Constructed wetl and sand denitrifying bio reactors for on-site and decentralized waste water treatment: comparison of five alternative configurations". **Ecological Engineering**, 42: 112-123. 2012.

TEIXEIRA, J.R.B, FERRAZ, C.E.O, COUTO FILHO, J.C.F, et al. Intoxicações por agrotóxicos de uso agrícola em estados do Nordeste brasileiro, 1999-2009. **Epidemiol. Serv. Saúde**. 2014.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do sudeste do Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, v.22, p.2391-2399, 2006.

VERAS, Ana Carla Martins. **Análise da contaminação por metais pesados na água e em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce**. 2020. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2020.

VINODHINI, R.; NARAYANAN, M. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). **Intitute Journal Environment Science Technology**, v. 5, n. 2, p. 179-182, 2008.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 452 p. 2005.

WAN, D., SONG, L., YANG, J., et al. Increasing heavy metals in the background atmosphere of central North China since the 1980s: evidence from a 200-year lake sediment record. **Atmospheric Environment**, 138, 183 –190. 2016.

YABE, M. J. S.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Revista Química Nova**, v.21, n.5, p.551-556. 1998.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos: Rima Editora, 2008. p. 293-320.

ANEXO I

ANEXO VII

Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

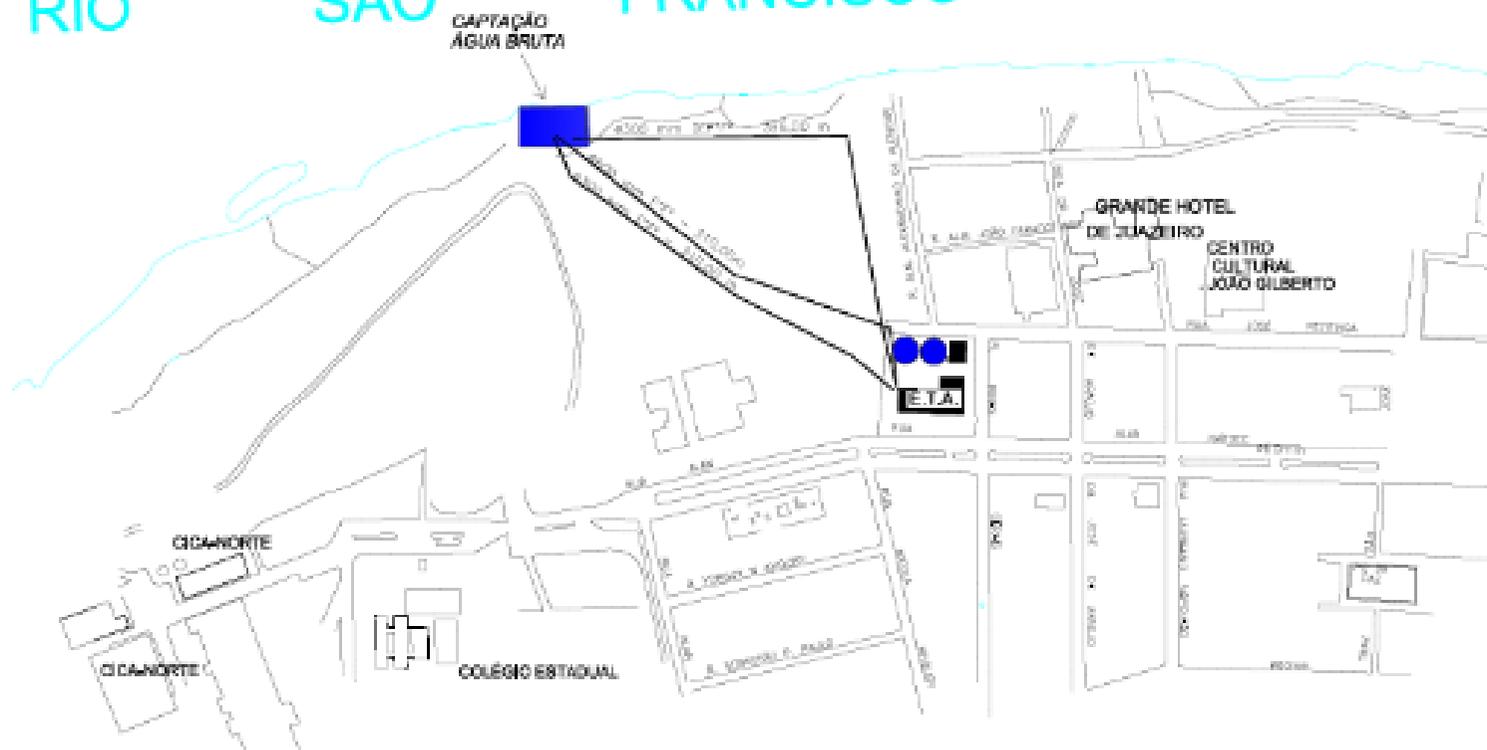
Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
INORGÂNICAS			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
ORGÂNICAS			
Acrilamida	79-06-1	ug/L	0,5
Benzeno	71-43-2	ug/L	5
Benzo(a)pireno	50-32-8	ug/L	0,7
Cloreto de Vinila	75-01-4	ug/L	2
1,2 Dicloroetano	107-06-2	ug/L	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	ug/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	ug/L	50
Diclorometano	75-09-2	ug/L	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	ug/L	8
Estireno	100-42-5	ug/L	20
Pentaclorofenol	87-86-5	ug/L	9
Tetracloreto de Carbono	56-23-5	ug/L	4
Tetracloroetano	127-18-4	ug/L	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1)	ug/L	20
	1,3,5-TCB (108-70-3)		
	1,2,3-TCB (87-61-6)		
Tricloroetano	79-01-6	ug/L	20

AGROTÓXICOS

2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D) 93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30
Alaclor	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbessulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Atrazina	1912-24-9	µg/L	2
Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35-2 (benomil)	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-13-2 (clorpirifós-oxon)	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDD (72-54-8) p,p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Diuron	330-54-1	µg/L	90
Endossulfan (α β e sais) (3)	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Lindano (gama HCH) ⁽⁴⁾	58-89-9	µg/L	2
Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Metolaclo	51218-45-2	µg/L	10
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Parationa Metilica	298-00-0	µg/L	9
Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
Profenofós	41198-08-7	µg/L	60
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20

ANEXO II

RIO SÃO FRANCISCO



OBSERVAÇÃO:

saae
JUAZEIRO - BA

JOAQUIM FERREIRA MEDEIROS NETO
DIRETOR DO SAAE

TÍTULO
CAMINHAMENTO DA ADUTORIA DE ÁGUA BRUTA

LOCALIDADE: CAPTAÇÃO

MUNICÍPIO: JUAZEIRO - BA

CÓDIGO:

DATA: 05/05/15

XXXXXX

ESCALA: 1:5000

TOPOGRAFIA:

EQUIPE TÉCNICA

SAAE

REVISÃO:

FOLHA:

...