



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**

MARIA DA CONCEIÇÃO CALVACANTI DE LIRA

**ANÁLISE AMBIENTAL E HUMANA DO ASSENTAMENTO
RURAL DE NATUBA EM VITÓRIA DE SANTO ANTÃO,
PERNAMBUCO**

Recife

2017

MARIA DA CONCEIÇÃO CALVACANTI DE LIRA

**ANÁLISE AMBIENTAL E HUMANA DO ASSENTAMENTO
RURAL DE NATUBA EM VITÓRIA DE SANTO ANTÃO,
PERNAMBUCO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Profª. Dra. Ivone Antônia de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Elvis Joacir De França

Recife

2017

Catalogação na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

L768a Lira, Maria da Conceição Cavalcanti de.
Análise ambiental e humana do assentamento rural de Natuba em
Vitória de Santo Antão, Pernambuco / Maria da Conceição Cavalcanti de
Lira. – 2017.
119 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientador: Ivone Antônia de Souza.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Recife, 2017.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Agricultura. 2. Ambiente. 3. Elementos químicos. 4. Saúde humana.
I. Souza, Ivone Antônia de (Orientador). II. Título.

615.3 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS2017-293)

**ANÁLISE AMBIENTAL E HUMANA DO ASSENTAMENTO RURAL
DE NATUBA EM VITÓRIA DE SANTO ANTÃO, PERNAMBUCO**

Maria da Conceição Cavalcanti de Lira

APROVADA EM: 24.08.2017

ORIENTADOR: Profa. Dra. Ivone Antônia de Souza

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Elvis Joacir De França

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Elba Lúcia Cavalcanti de Amorim – Departamento de Farmácia/UFPE

Profa. Dra. Jane Sheila Higilo – Departamento de Farmácia/UFPE

Prof. Dr. João Adauto de Souza Neto – Departamento de Geologia/UFPE

Prof. Dr. Elvis Joacir De França – Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste

Prof. Dr. Antônio Fernando Morais de Oliveira – Centro de Ciências Biológicas/UFPE

Profa. Dra. Ivone Antônia de Souza - Departamento de Farmácia/UFPE

Visto e permitida à impressão

Coordenador (a) do PPCF/UFPE

Dedico esta tese a Deus “Porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas”, aos meus filhos biológicos João Pedro Uchôa e Daniel Noronha por estarem sempre ao meu lado e aos filhos científicos: Mirella, Joana, Mariana Luiza, Amanda, Tâmara, Bartolomeu, Bruno, Diego, Maria Mariana, Viviane, Gabriela, Lilian pelo incentivo e por estarem presente nesses quatro anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir essa conquista. “Pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre! Amém”. Romanos 11:36.

À Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas.

Aos meus orientadores Profa. Ivone Antônia e Dr. Elvis França pela paciência e dedicação ao longo do curso.

Aos amigos professores da Universidade Federal de Pernambuco Marta Duarte, Manoela Figueiroa, Gláucia Lima, Paula Valença, Sueli Senna, Suzana Mangueira, Augusto Barreto.

Aos amigos do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (alunos e técnicos).

Agradeço a minha família, irmãos, sobrinhos e cunhados.

Agradeço as minhas amigas Dulce Gusmão e Ana Cláudia por todo apoio dispensado.

Agradeço a Associação de Agricultores de Natuba pela colaboração com a pesquisa.

Ao grupo de estudos bíblicos e ao Pr. Fred Souto por todas as orações.

À Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas.

“Para criar inimigos não é necessário declarar guerra, basta dizer o que pensa”.

Martin Luther King

RESUMO

Os assentamentos agrícolas desempenham um papel social de extrema importância. Contudo, as atividades agrícolas tradicionalmente praticadas podem contribuir para o desenvolvimento de doenças crônicas nos agricultores, assim como para os impactos ambientais provenientes do uso indiscriminado de fertilizantes químicos e pesticidas. Para analisar a saúde humana e ambiental, faz-se necessário conhecer o perfil individual e ambiental do trabalhador, a partir de estudos de diversas matrizes humana e ambiental. A pesquisa foi desenvolvida no Assentamento Natuba, localizado no Município de Vitória de Santo Antão, Estado de Pernambuco, com 102 agricultores. Após a avaliação clínica e epidemiológica baseada em informações sobre sinais, sintomas e diagnóstico de doenças crônicas, por meio de entrevistas e cálculo do IMC, foi selecionado um grupo de agricultores, cujos quadros clínicos indicavam grande impacto da atividade laboral nos respectivos organismos. Assim, prosseguiu-se com monitoração humana não invasiva, coletando-se amostras de cabelo para análises químicas por ICP-MS e GFAAS. Diante da possibilidade de contaminação ambiental dos agricultores devido ao tempo de dedicação ao campo, foram realizadas quantificações de elementos químicos em matrizes ambientais de interesse para o trabalhador rural do Assentamento Natuba, ou seja, a água potável, a atmosfera, a partir do emprego de bromélias epífitas para a biomonitoração ativa, e os solos utilizados para a agricultura. Para a água, foi avaliada também a presença de micro-organismos como coliformes totais e *E. coli*. Nas análises químicas das matrizes coletadas, as técnicas analíticas utilizadas foram EDXRF, FAAS, GFAAS, ICP-MS (Al, Br, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Si, Sr, Ti, V, Zn) para os solos, ICP-MS (Cd, Sb) para a água e EDXRF (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Sr, Zn) para a atmosfera. De modo geral, os agricultores apresentaram riscos associados às doenças cardiovasculares e relação positiva entre doenças crônicas e elementos químicos encontrados no cabelo. De acordo com os resultados obtidos, atividades antropogênicas e/ou naturais contribuíram para a presença de elementos químicos no cabelo dos agricultores. As correlações encontradas entre fatores de saúde humana, biomonitoração humana e atmosférica, controle de qualidade da água e análise de qualidade ambiental de solos foram bastante enriquecedoras para o conhecimento da distribuição de elementos químicos no Assentamento Natuba.

Palavras-chave: Agricultura. Saúde humana. Ambiente. Elementos químicos.

ABSTRACT

Agricultural settlements play a extremely important social role. Nevertheless, agricultural activities traditionally practiced can contribute to the development of chronic diseases in farmers, as well as the environmental impacts from the indiscriminate use of chemical fertilizers and pesticides. In order to analyze human and environmental health, it is necessary to know the individual and environmental profiles of the workers, based on studies of several human and environmental matrices. The research was developed in the Natuba Settlement, located in the Municipality of Vitória de Santo Antão, State of Pernambuco, for 102 farmers. After the clinical and epidemiological evaluation based on information on signs, symptoms and diagnosis of chronic diseases, through interviews and calculation of BMI, a group of farmers was selected, in which clinical indications indicated a great impact of the work activity in the respective organisms. Therefore, human non-invasive monitoring was performed thereby collecting hair samples were collected for chemical analysis by ICP-MS and GFAAS. Considering the possibility of environmental contamination of the farmers due to the dedication time to the field, quantification of chemical elements were carried out in environmental matrices of interest to the rural worker of the Natuba Settlement, i.e., the drinking water, the atmosphere, by means of the employment of epiphytic bromeliads for active biomonitoring, and agricultural soils. For water, the presence of microorganisms such as total coliforms and *E. coli* were also evaluated. For the chemical analysis of the collected matrices, the analytical techniques were EDXRF, FAAS, GFAAS, ICP-MS (Al, Br, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Si, Sr, Ti, V, Zn) for soils, ICP-MS (Cd, Sb) for the water and EDXRF (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Sr, Zn) to the atmosphere. In general, farmers presented risks associated to cardiovascular diseases and a positive relation between chronic diseases and chemical elements was found in hair. According to the obtained results, anthropogenic and / or natural activities have contributed to the presence of chemical elements in farmer hair. The correlations found between human health factors, human and atmospheric biomonitoring, water quality control and soil environmental quality analysis were quite outstanding for the knowledge of the distribution of the chemical elements in the Natuba settlement.

Keywords: Agriculture. Human health. Environment. Chemical elements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da Sub Bacia do Rio Natuba, com divisões nas porções altas, médias e baixas da bacia.	23
Figura 2 - Formação do cabelo a partir das células presentes na membrana basal até a haste permanente do cabelo.	29
Figura 3 - Complexidade das matrizes ambientais e as inter-relações com os trabalhadores do Assentamento Natuba	32
Figura 4 - Rosetas de <i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L. em estágio vegetativo e reprodutivo. ..	37
Figura 5 - Localização do Assentamento Natuba no Município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. Localização das residências dos agricultores, quadrantes e demais locais estudados.	44
Figura 6 - Distribuição dos agricultores quanto à inclusão e exclusão na pesquisa científica.	45
Figura 7 - Estrutura do instrumento de coleta aplicado para traçar o perfil epidemiológico dos agricultores de Natuba.	47
Figura 8 - Detalhe de amostras tratadas quimicamente com o auxílio de um banho de ultrassom.	50
Figura 9 - Locais de coleta de água potável utilizada pelos agricultores do Assentamento Natuba.	55
Figura 10 - Biomonitor <i>Tillandsia recurvata</i> na área de estudo.	58
Figura 11 - Equipamento EDXRF, modelo EDX-720 da Shimadzu.	59
Figura 12 - Canteiros para cultivo de hortaliças do Assentamento de Natuba.	60
Figura 13 - Locais de amostragem de solo no Assentamento Natuba.	61
Figura 14 - Equipamento VARIAN AAS 220 FS.	63

Figura 15 - Fator Saúde Humana para agricultores com doenças crônicas, envolvendo sinais e sintomas.....	72
Figura 16 - Matriz de gráficos de dispersão para os dados padronizados de concentrações de elementos químicos no cabelo e fator saúde humana. Elipses de predição em nível de 95% de confiança.....	74
Figura 17 - Concentração de Cd em águas para consumo humano. Est = estatal. Tor = torneira. V M P = valor máximo permitido.	77
Figura 18 - Fator de enriquecimento dos elementos químicos Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, Sr, Zn encontrados nos quadrantes do Assentamento Natuba estudados.....	79
Figura 19 - Agrupamentos das variáveis a partir da Análise por Componentes Principais 1 e 2.	82
Figura 20 - Perfil de distribuição das concentrações dos elementos químicos dos solos do Assentamento Natuba.....	83
Figura 21 - Concentrações padronizadas de Cd e Sb nos solos do Assentamento Natuba.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições operacionais do ICP-MS.....	52
Tabela 2 - Elementos químicos determinados por ICP MS.....	53
Tabela 3 - Parâmetros utilizados nas análises por GFAAS para a matriz capilar.....	53
Tabela 4 - Elementos químicos quantificados no cabelo e nas matrizes ambientais solo, água, atmosfera e e técnicas utilizadas.	54
Tabela 5 – Condições das análises de solo por FAAS.....	63
Tabela 6 - Perfil sociodemográfico dos trabalhadores do Assentamento Natuba.	67
Tabela 7 – Porcentagem de agricultores com atividades consideradas de riscos à saúde humana.	68
Tabela 8 - Perfil clínico dos agricultores do Assentamento Natuba, Pernambuco, no período de outubro a dezembro de 2014.	69
Tabela 9 - Variáveis para a avaliação cardiovascular de acordo com sexo na população de agricultores do Assentamento Natuba, Pernambuco.	70
Tabela 10 – Concentrações de As, Cd, Cr e Sb em cabelos dos agricultores com doenças crônicas. Dados relativos a idade, sexo e tempo de atividades também foram compilados.	73
Tabela 11 - Análise microbiológica da água utilizada para consumo dos agricultores do Assentamento Natuba.....	76
Tabela 12 – Concentrações dos elementos químicos determinados nos quadrantes do Assentamento Natuba.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- APHA - American Public Health Association
- ASC – Agente de Saúde Comunitário
- APC - Ágar Padrão de Contagem
- PCA – Análise de Componentes Principais
- BR – Brasil
- CA – Circunferência Abdominal
- CEASA – Companhia Estadual de Abastecimento
- COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CNS - Conselho Nacional de Saúde
- CP – Circunferência do Pescoço
- CRCN-NE - Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste
- DM – Diabetes Melitus
- DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
- E.Coli* - *Escherichia coli*
- EDXRF *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* / Fluorescência de raios-X por Dispersão de Energia
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- FAAS – *Flame absorption Spectrometry* / Espectrometria de Absorção Atômica de Chama
- GFAAS *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry* / Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite
- HAS - Hipertensão Arterial Sistêmica
- IAEA *International Atomic Energy Agency* / Agência Internacional de Energia Atômica
- IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística
- ICP-MS *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* / Espectrometria de Massa
- IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente
- IMC – Índice de Massa Corporal
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização

IPEM - Instituto de Pesos e Medidas

MAC - Metabolismo Ácido das Crassuláceas

MS - Ministério da Saúde

MST – Movimento dos Trabalhos Rurais Sem Terra

NIST - *National Institute of Standards and Technology*

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS – Organização Pan Americana de Saúde

PA – Pressão Arterial

PNCS – Programa Nacional de Conservação dos Solos

PNCHA - Programa Nacional de Controle de Hipertensão Arterial

PNMA – Programa Nacional de Meio Ambiente

PRONAF – Programa Nacional de Agricultura Familiar

RM - *Reference Material* / Material de Referência

SBC - Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia

SES - Secretaria Estadual de Saúde

SRM *Standard Reference Material* / Material de Referência Certificado

WHO – World Health Organization

TCLE – Termo e consentimento Livre e Esclarecido

USF – Unidade de Saúde da Família

UFPEDA - Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Antibióticos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	AGRICULTURA FAMILIAR.....	20
2.2	AGRICULTURA NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO.....	22
2.2.1	Sub Bacia Hidrográfica do Rio Natuba.....	22
2.2.2	Assentamento Natuba.....	24
2.3	SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL AGRÍCOLA.....	25
2.4	PERFIL EPIDEMIOLÓGICO APLICADO A AGRICULTORES.....	26
2.5	MONITORAÇÃO HUMANA.....	27
2.5.1	Biomonitoração humana a partir de matriz capilar.....	28
2.5.1.1	Cabelo como biomonitor.....	30
2.6	QUALIDADE AMBIENTAL.....	32
2.6.1	Água no ambiente agrícola.....	32
2.6.1.1	Contaminação da água.....	33
2.6.1.2.	Legislação e qualidade da água para consumo humano.....	34
2.6.2	Poluição atmosférica.....	35
2.6.2.1	Biomonitoração atmosférica.....	36
2.6.3	Solo.....	38
2.6.3.1	Legislação.....	39
2.6.3.2	Solos pernambucanos.....	40
2.6.3.3	Elementos químicos no solo.....	41
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	43
3.2	AVALIAÇÃO HUMANA - PERFIL EPIDEMIOLÓGICO.....	45
3.2.1	Critérios de seleção.....	45
3.2.2	Análise clínica.....	46
3.3	MONITORAÇÃO HUMANA.....	49
3.3.1	Amostragem e preparação de amostras.....	49
3.3.2	Tratamento químico da matriz cabelo humano.....	50
3.3.3	Análises químicas.....	51
3.3.3.1	Espectrometria de Massa Indutivamente Acoplada por Massa	51

3.3.3.2	Espectrometria de Absorção Atômica por Forno de Grafite.....	53
3.4	SAÚDE AMBIENTAL.....	54
3.4.1	Água potável.....	55
3.4.1.1	Amostragem.....	55
3.4.1.2	Pesquisa de Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	56
3.4.1.3	Contagem de bactérias heterotróficas.....	57
3.4.1.4	Análise química.....	57
3.4.2	Atmosfera.....	57
3.4.2.1	Amostragem e preparação de amostras.....	57
3.4.2.2	EDXRF.....	58
3.4.3	Solos.....	60
3.4.3.1	Amostragem e preparação de amostras.....	60
3.4.3.2	Fluorescência de Raios – X Por Dispersão de Energia (EDXRF).....	61
3.4.3.3	Tratamento químico para análises químicas.....	62
3.4.3.4	Espectrometria de Absorção Atômica de Chama (FAAS).....	62
3.5	QUALIDADE DO PROCEDIMENTO ANALÍTICO.....	63
3.5.1	Incerteza analítica.....	63
3.5.2	Número E_n.....	64
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	64
3.6.1	Estatística descritiva.....	64
3.6.2	Matriz de correlação.....	65
3.6.3	Análise por Componentes Principais.....	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1	AVALIAÇÃO DA SAÚDE DOS AGRICULTORES.....	66
4.1.1	Perfil sociodemográfico dos agricultores.....	66
4.1.2	Riscos à saúde do trabalhador.....	67
4.1.3	Análise clínica.....	68
4.1.4	Fator Saúde Humana para agricultores com doenças crônicas.....	71
4.2	MONITORAÇÃO HUMANA COM BASE NOS ELEMENTOS.....	72
4.3	QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	76
4.4	QUALIDADE ATMOSFÉRICA.....	78
4.5	SOLO.....	80
5	CONCLUSÕES.....	86

REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICE 1 – Instrumento de coleta.....	105
APÊNDICE 2 – Artigo científico.....	107
ANEXO 1 – Folha de aprovação do Comitê de Ética.....	115
ANEXO 2 – Certificados de calibração dos equipamentos.....	117

1 INTRODUÇÃO

Assentamentos agrícolas desempenham grande papel social devido à diversificação de produtos fornecidos, à inclusão social propiciada pelas oportunidades de trabalhos não especializados e à manutenção do trabalhador no campo. Mesmo com grandes dificuldades, a agricultura em nível familiar é mantida por gerações, sendo bastante característica no Assentamento Natuba, Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

O nível da agricultura desenvolvida em assentamentos dessa categoria pode ser prejudicial para o trabalhador rural, uma vez que o modelo tradicional normalmente adotado pelos agricultores emprega fertilizantes químicos e pesticidas. Se inserido numa paisagem de um centro urbano como é o caso do Assentamento Natuba, outros problemas ambientais acabam por afetar substancialmente a saúde humana como a presença de lixões, aterros e esgoto doméstico e industrial, poluição atmosférica e da água e contaminação do solo.

Apesar dos insumos agrícolas (fertilizantes químicos e pesticidas) beneficiarem a agricultura, sua ampla utilização tem efeitos tóxicos à saúde humana devido às exposições ocupacionais e ambientais. O contato em longo prazo com os pesticidas pode gerar consequências prejudiciais à vida humana e perturbar a função dos diferentes órgãos do corpo, incluindo o sistema nervoso, endócrino, imunológico, reprodutivo, renal, cardiovascular e respiratório, ocorrendo à incidência de doenças crônicas em humanos como o câncer, Parkinson, Alzheimer, esclerose múltipla e diabetes (ABDOLLAHI et al., 2004; DE SOUZA., 2011; MOSTAFALOU; ABDOLLAHY 2012).

A aplicação de agroquímicos também causa degradação das propriedades químicas dos solos, principalmente, se mal empregado, favorecendo o acúmulo de elementos químicos e/ou compostos tóxicos em níveis críticos nos compartimento ecológicos. Como consequência, a disponibilidade de alguns elementos químicos como Mn, Pb e Zn, por exemplo, é aumentada nos compartimentos ambientais Atmosfera, Solo e Água. A monitoração de poluição atmosférica, o gerenciamento dos recursos hídricos e o manejo do solo tornam-se as melhores alternativas para controle da poluição por substâncias químicas na agricultura e agravos na saúde dos trabalhadores rurais (SILVA et al., 2011).

A contaminação na água é outra via de impacto ambiental, tendo em vista que a degradação da qualidade de águas subterrâneas superficiais tem sido identificada como a principal preocupação no que diz respeito ao impacto da agricultura no ambiente devido ao seu potencial poluidor. Mananciais hídricos utilizados para abastecimento de cidades, quando próximos a solos agrícolas com influência de agroquímicos, comprometem a qualidade das águas captadas (SOARES et al., 2017).

No meio rural, o acesso à água tratada pelo sistema convencional público é precário dada a distância entre as comunidades rurais e os centros urbanos. Ainda, a população rural acredita na boa qualidade das águas de córregos, rios e poços. No entanto, na maioria das vezes, essas águas são fontes potenciais de contaminação, pois a poluição pode ter atingido os mananciais, trazendo riscos à vida das pessoas (SOARES et al., 2017). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento, são transmitidas pela água contaminada com micro-organismos patogênicos. No Brasil, a deficiência nos serviços de saneamento básico e a falta de qualidade da água trazem vários problemas para a população, registrando-se 29 mortes a cada dia e no mundo uma criança a cada 15 segundos devido às doenças hídricas (BRITO et al., 2007).

A atmosfera é um componente essencial para a garantia de qualidade ambiental segundo a Organização Pan Americana de Saúde - OPAS (2017). O avanço tecnológico do mundo moderno acarretou um aumento na quantidade e na variedade de poluentes eliminados na atmosfera, sendo a poluição do ar um dos maiores problemas de saúde pública, afetando a saúde dos seres humanos, animais e das plantas (DAPPER et al., 2016). Desde então, a sociedade tem discutido mecanismos para reduzir poluentes atmosféricos em diferentes concentrações e sua relação com a morbimortalidade cardiorrespiratória (TADIELLO et al., 2014). Procura-se também aplicar ferramentas menos custosas de monitoração atmosférica em comparação com instrumentos mecânicos de monitoração de qualidade do ar. Para isso, a biomonitoração vem sendo utilizada com vantagens de redução de custo, possibilidade de monitoração de grandes áreas e facilidade nas análises (WOLTERBEEK, 2002).

A interação entre água, atmosfera e o substrato rochoso também pode ocasionar um aumento da disponibilidade de substâncias indesejadas. Esse tipo de contaminação do solo pode aumentar a concentração de poluentes nas águas superficiais e subterrâneas e transferi-los na cadeia alimentar, atingindo animais e, consequentemente, humanos (KHAN et al., 2010). A contaminação do solo por substâncias químicas é

caracterizada por mudanças indesejáveis nas suas propriedades físicas, químicas e, até, biológicas, decorrentes de seus efeitos, podendo reduzir a capacidade da terra para cultivo e inviabilizar a habitação. A saúde humana está interligada com a qualidade do solo e, principalmente, ao grau de poluição, que pode dissipar os poluentes depositados no terreno, aumentando a concentração na atmosfera e capacidade de absorção pela via respiratória (KHAN et al., 2010; VELEA et al., 2009).

Os metais Cr, Cd, Mn e Ni, por exemplo, podem ser prejudiciais e sua acumulação dentro dos organismos vivos, de acordo com o tempo, pode gerar danos à saúde do homem, como a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica – DPOC (KHAN et al., 2010; SUN et al., 2010). Os fertilizantes fosfatados são uma fonte direta de contaminação de Cd na agricultura que, por ser um elemento químico de meia-vida biológica longa com lenta excreção, seus efeitos tóxicos no homem causam distúrbios renais, estando possivelmente associados à hipertensão (NORDBERG et al., 2002; TURKDOGAN, 2003). Do mesmo modo, o Cr pode causar contaminação na artéria tireoidiana, sobre a produção de glóbulos vermelhos, policitemia e problemas na artéria coronária.

Altas doses de Mn e Cu podem causar patologias mentais, tais como a doença de Alzheimer e o manganismo (DIETER et al., 2005). Níquel pode provocar desde ataque cardíaco fatal, erupções cutâneas, fadiga, dores de cabeça, problemas cardíacos, tonturas e doença respiratória (MUHAMMAD et al., 2011). Zinco, mesmo sendo essencial para as funções fisiológicas normais do corpo, sua toxicidade pode gerar uma anemia sideroblástica. Por outro lado, sua deficiência pode causar anorexia, diarréia, dermatite e depressão, disfunção imunológica e má cicatrização de feridas (MUHAMMAD et al., 2011).

O objetivo geral do estudo foi analisar o perfil epidemiológico da população do Assentamento Natuba, localizado no município de Vitória de Santo Antão, Estado de Pernambuco, Brasil.

A pesquisa teve como objetivos específicos:

- Conhecer o perfil epidemiológico dos agricultores do Assentamento Natuba.
- Monitorar a presença de elementos químicos em amostras de cabelo de agricultores.

- Analisar a concentração de elementos químicos e atributos microbiológicos nas águas de poço, de caixa d'água, da unidade de saúde e do sistema público (estatal), que abastece a população do assentamento.
- Utilizar a bromélia *Tillandsia recurvata* como biomonitor para identificar locais com alta deposição atmosférica na área do estudo.
- Estudar as concentrações dos elementos químicos nos solos agrícolas, buscando os impactos da agricultura e sua relação com a saúde humana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA FAMILIAR

Diante da necessidade de implantação de políticas de desenvolvimento específicas para o maior segmento da agricultura brasileira e mais fragilizado, em termos de capacidade técnica e de inserção nos mercados agropecuários, o Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF), criado em 1996, legitima a nova categoria social dos agricultores familiares, atendendo uma reivindicação antiga dos trabalhadores rurais (HELPFAND et al., 2015). Em 24 de julho de 2006, o governo promulgou a Lei 11.326, conhecida como Lei da Agricultura Familiar.

A definição de agricultor familiar abrange todo trabalhador que pratica atividades no meio rural e atende, simultaneamente, aos seguintes requisitos: a) não detenha área maior que 4 módulos fiscais; b) utilize predominantemente mão de obra familiar nas atividades econômicas de seu estabelecimento; c) tenha renda familiar predominantemente originada das atividades econômicas vinculadas ao estabelecimento; d) gerir seu estabelecimento com sua família (BRASIL, 2006; GARCIA, 2011).

Neste mesmo ano, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizou o Censo Agropecuário, coletando os primeiros dados estatísticos específicos sobre a agricultura familiar brasileira, sendo disponibilizados em 2009 no documento intitulado “Censo Agropecuário Agricultura Familiar”. Esse documento traz as características de agricultura familiar das regiões brasileiras, com informações relativas aos estabelecimentos agropecuários, processos produtivos e ocupação da mão de obra e valores da produção (HELPFAND et al., 2015).

A agricultura familiar geralmente apresenta uma gestão feita pelos proprietários, sendo os agricultores ligados entre si por laços de parentesco. Sendo o trabalho fundamentalmente familiar, o capital pertence à família, o patrimônio e os ativos são objeto de transferência intergeracional no interior da família e os membros da família vivem na unidade produtiva. No entanto, estas características não se aplicam a todos os casos como ocorre nos Assentamentos Agrícolas (MIA, 2009).

A característica social destaca-se mais do que a econômica, pois a produção é pequena e seus recursos tecnológicos são mínimos, tendo destaque na absorção de empregos locais e na produção de alimentos, especialmente voltada para o

autoconsumo, colaborando ainda na renda familiar e redução do êxodo rural (HELPFAND et. al, 2012).

O crescimento populacional nos últimos cinquenta anos impulsionou o aumento do consumo interno, exercendo pressão no aumento da produção agrícola, que foi alcançado, em grande parte, por meio da incorporação de novas áreas ao processo produtivo. Novas tecnologias de produção agropecuária avançam, contudo, paralelamente ocorre um aumento preocupante pelo uso abusivo de fertilizantes químicos e pesticidas. Esses insumos deterioram a fertilidade natural na área agrícola, ocasionando desequilíbrios, ambientais e baixa produtividade, fator constante e predominante devido à expansão das fronteiras agrícolas em consequência do crescimento demográfico (JACKSON et al., 2012).

Transformações nas estratégias de segurança alimentar estão levando os agricultores a um processo de ruptura da essência de agricultor, pois os assentamentos de reforma agrária acompanham um modelo capitalista na agricultura, negando as práticas da agricultura familiar (CARDINALE et al., 2012). Além dessa debilidade, ainda há um sério agravante referente ao tratamento químico feito nas hortas, levando para ao redor da casa o mesmo sistema produtivo das culturas, utilizando agrotóxicos nas hortas que abastecem a própria família (CARDINALE et al., 2012).

Os novos agroecossistemas necessitam de mudanças socioeconômicas, visando a segurança alimentar e incorporando tecnologias mais sustentáveis, que são estratégias determinantes para o crise agrícola-ambiental e miséria rural (MARQUES FRAGA, 2016). Estudos holísticos envolvendo saúde humana e ambiental podem ajudar na mudança dos perfis dos agricultores familiares, principalmente quando estão organizados socialmente como ocorre no caso dos assentamentos agrícolas.

2.2 AGRICULTURA NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Em Pernambuco, a Zona da Mata ocupa mais de 10% de extensão territorial total do Estado, com seu clima quente e úmido, sendo naturalmente pertencente ao Bioma Mata Atlântica, que favorece a agricultura. A sua principal atividade econômica é o cultivo de cana de açúcar (CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, 2016).

Com a expansão da monocultura da cana-de-açúcar para o interior, quase toda a região foi ocupada por canaviais, pertencentes a grandes latifúndios. Em meados do

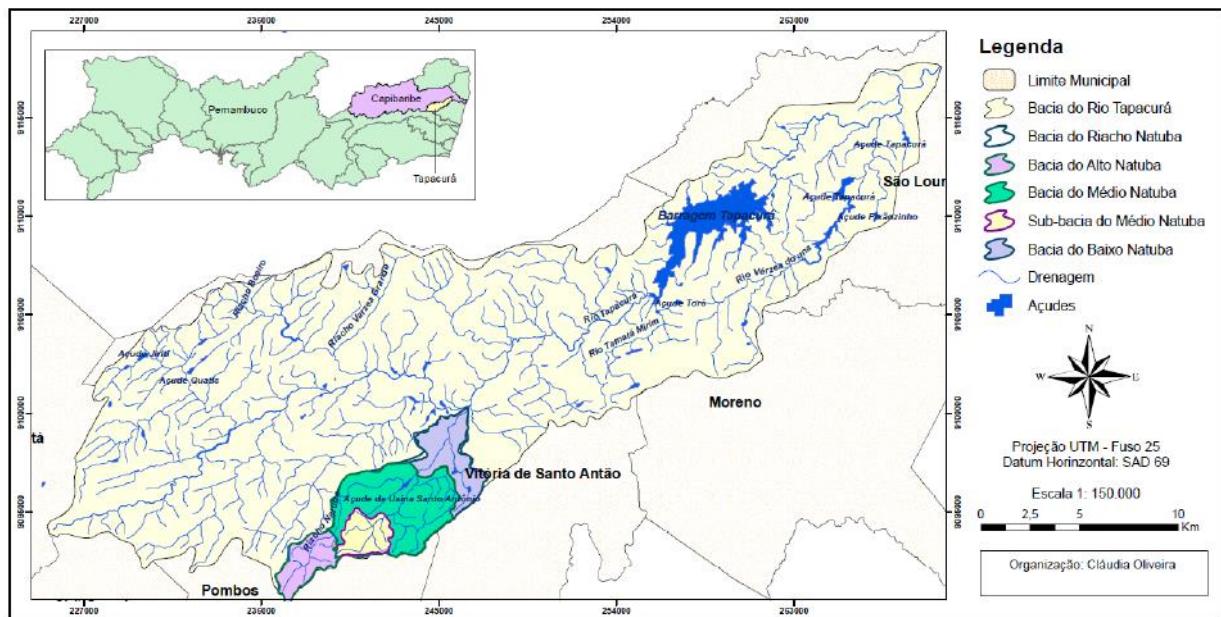
século XX iniciaram-se os arrendamentos de pequenos assentamentos por trabalhadores de cana-de-açúcar e, na década de 90, com a crise do sistema canavieiro, ocorreram mudanças gradativas da atividade produtiva para o plantio das hortaliças folhosas (MENEZES, 2010).

As primeiras ocupações de assentado ocorreram no final da década de 1980, apoiados pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra (MST), ocorrendo em cidades do interior do Estado como iniciativa para sensibilização da reforma agrária das áreas ocupadas (CAZELLA et al., 2009). Na atualidade, podem ser observados esforços mínimos de políticas públicas voltadas para melhoria e qualidade de vida no campo para a população rural dos assentados e apoio a infraestrutura.

2.2.1 Sub Bacia Hidrográfica do Rio Natuba

A Sub Bacia Hidrográfica do Rio Natuba é o principal afluente da margem direita do Rio Tapacurá (Figura 1). As áreas dessa sub bacia abrangem os municípios de Vitória de Santo Antão e Pombos, localizados na Zona da Mata Centro de Pernambuco (SOUZA et al., 2008). A sub bacia é dividida em três partes: o Alto Natuba, que possui uma área de 5,95 km², o Médio Natuba, correspondendo a uma área de 23,74 km², e o Baixo Natuba, que possui área de 9,05 km² (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Sub Bacia do Rio Natuba, com divisões nas porções altas, médias e baixas da bacia.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2014).

O clima dominante na área da bacia do Rio Natuba é o tropical chuvoso ou úmido, com temperatura média anual de 23,8°C, variando entre a mínima de 19,3°C e a máxima de 30,9°C (SILVA, 2006). A sub bacia do Rio Natuba contempla uma área de drenagem de aproximadamente 39 km² (3.874,08 ha), que correspondem a 8,23% da área da bacia. O seu curso principal, com extensão de 17,5 km, possui um afluente na sua margem esquerda com comprimento de aproximadamente 1,6 km e 24 afluentes na margem direita, que totalizam 39,6 km de cursos d'água (SILVA, 2007). Ainda, de acordo com Silva (2007), a nascente do curso principal localiza-se no interior do fragmento da Mata do Ronda na região do Alto Natuba.

A geologia predominante consiste em rochas metaplutônicas (mesoproterozóica) compostas por leucogranitóides contendo biotita e muscovita, Complexo Belém de São Francisco (mesoproterozóico), formadas por biotita ortognaisses tonalíticos/granodioríticos, leucocrático de cor cinza, geralmente migmatizados e migmatitos com mesossoma quartzo diorítico/tonalítico a anfibólio e/ou biotita, Suíte Magmática (neoproterozóico) compostos por monzonitos e granodioritos com enclaves máficos/filiação alcalinametaluminosa e Suites Magmáticas (neoproterozóico) formados

por quartzodioritos com variações para monzodioritos, monzogranitos e biotitagranodioritos (BRAGA, 2012).

O Rio Natuba possui cotas altimétricas entre 160 a 570 metros (SOUZA et al., 2009). Os principais tipos de solos ocorrentes na sub-bacia do rio Natuba são o Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho e o Gleissolo (BRAGA, 2012).

2.2.2 Assentamento Natuba

A região de Natuba está localizada na zona rural do Município de Vitória de Santo Antão a aproximadamente 45 km de Recife, Estado de Pernambuco, Brasil, sendo a principal fonte de abastecimento de hortaliças dos armazéns da Companhia Estadual de Abastecimento – CEASA-Recife (SILVA, 2006).

No Assentamento Natuba, antigos trabalhadores dos engenhos conseguiram legalmente a posse da terra em que vinham trabalhando há décadas como cortadores de cana. O estabelecimento foi realizado em sistema de cooperativas para produção agrícola (BRANDÃO, 2013). A forma de ocupação da terra caracteriza-se por minifúndios, repartidos equitativamente entre as famílias de agricultores (BRAGA, 2012).

A comunidade de Natuba apresenta uma estrutura político-comunitária surpreendentemente bem organizada para os padrões regionais, com uma Associação dos Pequenos Agricultores de Natuba. Por essa via de organização social, obtiveram várias conquistas, como a posse da terra em que trabalham, eletrificação rural, implementos agrícolas e sementes (NETO et al., 2012).

A produção agrícola do assentamento é dependente da água proveniente da bacia hidrográfica do Rio Natuba. Essas áreas estão situadas, em sua maior extensão, nas várzeas, muito próximas das margens dos principais cursos d'água e reservatórios. Suas águas suprem os sistemas de irrigação, tendo como agravante a aplicação intensiva de agroquímicos, que acarreta a contaminação do solo e intoxicação de agricultores e consumidores (BRANDÃO, 2013).

Na grande maioria dos casos, a aplicação desses fertilizantes químicos não é acompanhada com base em critérios técnicos que levem em consideração os tipos de cultivo e o tipo de solo. Dentre os produtos químicos utilizados para complementação

da fertilização, a ureia e o sulfato de amônio são os mais frequentes. Fertilização à base de nitrogênio, fósforo e potássio também é utilizada (CAETANO et al., 2013).

No processo de lixiviação da camada superior do solo, provocada pela ação das chuvas ou da intensa irrigação nas áreas de cultivo, uma parcela dos fertilizantes é arrastada para os cursos d'água, que pode ser utilizada para consumo humano pela população da parte baixa do assentamento (SOUZA et al., 2008). Porém, é comum a construção de poços rasos (cacimbas) para abastecimento das casas e atender a pequenos usos domésticos.

O único recurso hídrico da região é o Rio Natuba, cujas margens foram instaladas bombas de sucção para alimentar o sistema de irrigação por aspersão manual por meio de mangueiras distribuídas pelas hortas. Algumas práticas agrícolas, como o represamento do rio em alguns pontos para a lavagem das verduras e o bombeamento da água para as hortas, propiciam criadouros artificiais para os moluscos transmissores da esquistossomose (RODRIGUES, 2006).

2.3SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL AGRÍCOLA

No Brasil, são mais de dezesseis milhões de trabalhadores na agricultura, em que 74% destes trabalhadores encontram-se na agricultura familiar. Essa categoria agrícola detém apenas 24% da área ocupada pelo total de estabelecimentos agropecuários (IBGE, 2017). Com relação aos latifúndios, as transformações ocorridas no ambiente de trabalho dos agricultores familiares não se restringem apenas aos impactos socioambientais nas áreas de produção e na saúde dos trabalhadores rurais, que se configuram como amplos e graves. Também se estendem e aos consumidores e à população em geral pelo uso de insumos como os agroquímicos, que contaminam água, solo, ar, animais e alimentos; pelo plantio de variedades transgênicas de grãos e de outros produtos; pelo desflorestamento de áreas que deveriam estar protegidas, acarretando erosão, assoreamento, enchentes, deslizamentos e secas locais e regionais, entre outras consequências (SANTANA et al., 2012). Obviamente, a velocidade das ações de transformação agrícola também são mais favoráveis para a agricultura familiar.

Nos últimos dez anos, o consumo de agrotóxicos no país cresceu 190%. Neste mesmo período, o coeficiente de incidência de intoxicações ocupacionais por agrotóxicos passou de 1,27/1000 para 2,88/1000, resultando em aumento de 127%

(CARNEIRO et al., 2002). Esta atividade foi apontada como a de maior risco pelo Centers For Disease Control and Prevention (2011) entre os diferentes setores da economia (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016).

Os trabalhadores rurais nas atividades agrícolas também são expostos às variações climáticas e geográficas e agentes tóxicos como poeira orgânica contendo micro-organismos, micotoxinas, alérgenos e gases de decomposição. O profissional da agricultura é exposto à poeira inorgânica, uma vez que, em teoria, a terra ressuspensa contém porções das principais classes de minerais da crosta terrestre. A maioria dos solos utilizados na agricultura contém grande proporção de sílica cristalina (quartzo) e silicatos minerais, com quantidades variáveis de outras classes de minerais, dependendo da geologia local. Além dos minerais que ocorrem naturalmente, os solos contêm poeira de minerais dos aditivos químicos utilizados na agricultura e no tratamento de animais (KHAN et. al., 2013). Também os efeitos da exposição à sílica e silicatos decorrentes da agricultura são tópicos que necessitam ser melhores estudados (SCHENKER et al., 1998). Os achados clínicos da doença intersticial pulmonar devida à sílica ou silicatos a partir da agricultura são semelhantes a outras doenças pulmonares restritivas resultantes da exposição a outras fontes (DAPPER et. al., 2016).

2.4PERFIL EPIDEMIOLÓGICO APLICADO A AGRICULTORES

As transformações demográficas, socioeconômicas, culturais e ambientais vêm alterando o perfil epidemiológico da população no Brasil. As doenças infecciosas passam a ter mais controle e, consequentemente, diminui-se o índice de mortalidade. No entanto, crescem os índices de doenças cardiovasculares, neoplasias e de causas externas, além do crescimento de doenças crônicas não-transmissíveis. O padrão nutricional da população alterou-se de desnutrição para sobre peso e obesidade, devido ao aumento do consumo de gordura saturada e açúcar, redução no consumo de frutas, cereais, verduras e legumes, além do desequilíbrio entre a energia consumida e atividade física (MARIATH et al., 2007).

A avaliação do estado nutricional de uma pessoa pode ser feita por meio do Índice de Massa Corporal (IMC), considerando-se o peso em quilogramas dividido pela altura em metros ao quadrado. A OMS estabelece a classificação de baixo peso para $IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$, eutrófico para IMC entre $18,5$ e $24,9 \text{ kg/m}^2$, sobre peso para IMC

entre 25 e 29,9 kg/m² e obesidade para IMC \geq 30 kg/m². Considerada como uma epidemia global, a obesidade atinge tanto os países desenvolvidos quanto aqueles em desenvolvimento (STOLTE et al., 2009). O indivíduo obeso além de ser vulnerável a várias doenças crônicas não transmissíveis, como por exemplo, as doenças cardiovasculares (acidente vascular cerebral, hipertensão arterial, infarto) e o diabetes mellitus, enfrentam preconceitos, dificuldades em relacionamentos, vestuário, transporte, locomoção, inclusive no trabalho (MARIATH et al., 2007).

Para o agricultor familiar, o perfil epidemiológico pode ser fundamental para a minimização dos efeitos de doenças crônicas sobre a atividade laboral. De certo modo, não há indicadores conclusivos não invasivos com relação aos impactos de elementos químicos nos trabalhadores, necessitando-se da aplicação de ferramentas de biomonitoração humana.

2.5 MONITORAÇÃO HUMANA

Atualmente, a determinação de elementos químicos em tecidos biológicos tem sido ampliada, devido à presença dessas substâncias em concentrações abaixo ou superiores aos limites nos organismos vivos e ao aperfeiçoamento de técnicas analíticas que conseguem detectá-los em baixa concentração. As análises realizadas em fluidos humanos como sangue e urina são consideradas padrão ouro para determinação de exposição a elementos químicos nos organismos humanos e também para elementos recém-incorporados ou em transição (PRIYA; GEETHA, 2011).

Unhas e cabelos vêm sendo utilizadas para verificar as correlações entre as concentrações de elementos químicos encontrados nas amostras com o estado nutricional, patológico e como indicador de contaminação humana e ambiental. (KATSIKINI et al., 2010). As análises das unhas e cabelos apresentam vantagens devido à coleta não ser invasiva, com facilidades na amostragem, armazenamento e transporte, devido a sua estabilidade (PRIYA; GEETHA, 2011). Unhas e cabelos também são indicadores biológicos de elementos químicos acumulados por longos períodos de exposição do ser humano (ANTUNES et al., 2009). Diferentemente de amostras de sangue e urina, que são indicadores de concentrações de elementos recém-ingeridos, existe a resistência do pesquisado na coleta, a dificuldade de manutenção da estabilidade da amostra durante acondicionamento e transporte.

Cheng et al. (2014) e Kucera et al. (2014) relatam que, ao serem utilizados como biomonitor de elementos químicos, as unhas podem estar passivos de contaminação oriundas do solo e esmalte de unha. Os resultados ainda sofrem influência da idade e gênero, além da dificuldade de eliminar contaminação exógena por falta de protocolos de lavagem da amostra. Os extensos procedimentos de lavagem para minimizar contaminação exógena das amostras de unhas, leva ao risco de eliminar elementos químicos ligados a matriz da unha.

No entanto, os cabelos conseguem armazenar determinados elementos químicos por longo período, tornando-se um “dosímetro biológico” da exposição do indivíduo. Com as novas tecnologias, o cabelo passou a ser uma importante fonte de dados, sendo, atualmente, uma ferramenta bastante empregada como identificador de contaminação humana por elementos químicos, ressaltando-se os metais, indicador de avaliação nutricional, controle de “dopings”, elucidação de possíveis intoxicações crônicas e monitorização de fármacos (BACIU et al., 2015). Além de indolor, as chances de alterações em resultados são remotas (KEMPSON; LOMBI, 2011).

2.5.1 Biomonitoração humana a partir de matriz capilar

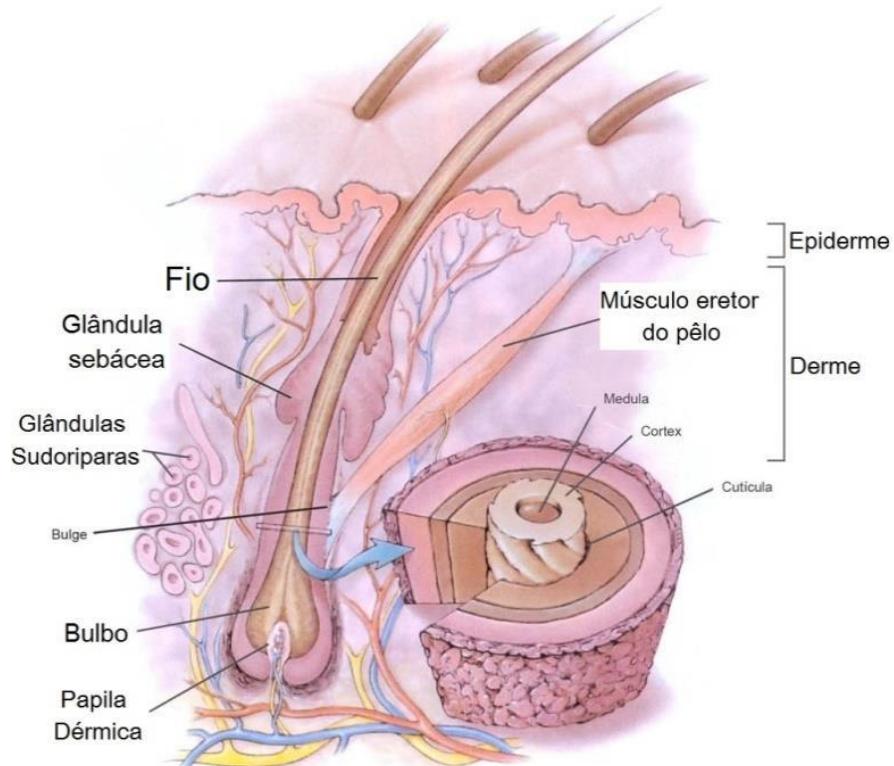
Os primeiros elementos químicos analisados em amostras de cabelos foram tálio, arsênio, chumbo e mercúrio. Em 1858, foram detectados níveis de arsênio em cadáveres exumados, sepultados há 11 anos (LIMA; SILVA, 2007).

À medida que as tecnologias analíticas foram desenvolvidas, permitiu-se a determinação também de substâncias orgânicas. Em 1979, foi determinada por radioimunoensaio, a concentração de heroína presente no cabelo de consumidores deste opiódeo. Em 1980, foi realizada a primeira detecção cromatográfica de opióides e observada a correlação entre a concentração desta substância ao longo da fibra capilar e o tempo de ingestão da substância (LIMA; SILVA, 2007).

O cabelo é uma fibra composta por células queratinizadas aglomeradas, constituídas por três unidades: a cutícula, camada mais externa sujeita a agressões; o córtex, que é considerado a principal estrutura capilar, e a medula, que pode estar ausente. O cabelo tem origem nos folículos pilosos que ficam situados 3 a 5 mm abaixo da superfície da pele (Figura 2). A fibra expelida pela pele é designada de haste, sendo a porção interna, de raiz. A raiz irrompe a partir de uma expansão arredondada do

folículo, o bulbo piloso, que tem sua base em uma concavidade chamada papila dérmica. Ao redor, situa-se um sistema capilar sanguíneo que fornece o material metabólico necessário para o crescimento do cabelo (WOLOWIEC, 2013).

Figura 2 - Formação do cabelo a partir das células presentes na membrana basal até a haste permanente do cabelo.



Fonte: Pragst et al. (2006), Pozebon et al. (1999).

Como composição, o cabelo possui em condições normais aproximadamente 15% de água, 3% de lipídios e 1% de melanina (KEMPSON; LOMBI, 2011). O ciclo de crescimento de cada fio de cabelo obedece três fases sucessivas: anágena (metabolismo ativo da raiz), catágena (o fio solta-se e sobe para o couro cabeludo) e repouso (haste do cabelo cai e um novo fio nasce no mesmo local) (PRAGST; BALIKOVA, 2006).

Associado a cada fibra capilar, há uma glândula sebácea responsável pela produção do sebo lubrificante do couro cabeludo e glândulas sudoríparas, cujo fluído secretado umidifica a estrutura capilar. Acredita-se ainda que essas glândulas contribuam para a impregnação de elementos químicos, fármacos e drogas na estrutura capilar (PRAGST; BALIKOVA, 2006). A absorção dos elementos químicos, apesar de

não elucidado totalmente, parece acontecer em uma média de 30 dias e deve estar relacionada com a quantidade de concentração circulante nos fluídos corpóreos como sangue, líquido extracelular e linfa (POZEBON et al., 1999).

2.5.1.1 Cabelo como biomonitor

Para o uso do cabelo como biomonitor na saúde humana ou ambiental, é necessário entender que alguns fatores podem interferir no resultado final. O uso de cosméticos, por exemplo, pode alterar a porosidade do fio. Com isso, pode resultar em uma superestimação da quantidade de metais retidos pelo indivíduo. Além disso, a cor do cabelo também pode influenciar na identificação de metais, já que a melanina tem afinidade pela maioria dos compostos químicos (BACIU et al., 2015).

O cabelo possui capacidade de retenção e armazenamento de várias substâncias químicas por um período de tempo relativamente longo, permitindo uma investigação retrospectiva de abuso crônico de drogas e contaminação de elementos químicos, que possibilita identificar uma exposição de curto ou longo prazo, além de ser uma matriz bastante estável, fácil de recolher, transportar e armazenar (KEMPSON; LOMBI, 2011). Esta matriz é obrigatória em muitas áreas da investigação toxicológica como, por exemplo, em casos de exposição ocupacional a elementos químicos (PRAGST; BALIKOVA, 2006).

Apesar das vantagens da análise de cabelos serem muitas, existem algumas limitações nesta metodologia quanto à interpretação dos resultados. No entanto, existe a incerteza na identificação da fonte de exposição, continuando a haver dificuldades em distinguir se a fonte de contaminação é exógena ou endógena (ANTUNES et al., 2009).

A avaliação de exposições a elementos químicos requer a existência de um grupo de controle ou de informação sobre os níveis de contaminantes passíveis de serem encontrados no cabelo do escalpe de indivíduos não expostos, isto é, de valores de referência. Estes valores são particularmente úteis, à medida que, mesmo quando existe um grupo controle, fontes de variabilidade externas acima descritas podem dificultar a interpretação dos resultados. Alguns estudos reportam valores de referência de metais em cabelos para regiões e países em particular (CHITTLEBOROUGH, 1980; CAROLI et al., 1994; RODUSHKIN; AXELSSON, 2000; ATSDR, 2001; CARNEIRO et al., 2002).

Contudo, os valores de referência existentes são escassos e restritos ao local das determinações. Por outro lado, não se recomenda a transposição e utilização destes valores de referência para comparação com concentrações acumuladas em cabelos de indivíduos expostos noutros países ou noutras regiões. As diversas variáveis ambientais e intrínsecas aos indivíduos condicionam a acumulação das mais diversas substâncias químicas (nomeadamente metais) nos cabelos do escalpe (AMARAL, 2008; CARVALHO et al., 2009), inviabilizando uma proposta de valor de referência mundial.

Assim, cada país, ou até mesmo, região, deve obter os seus valores de referência para, assim, poder determinar valores a partir dos quais se pode considerar que os indivíduos estão expostos. A subestimação de alguns valores de metais é outra fonte de incerteza. Essa subestimação deve-se aos problemas inerentes aos diferentes métodos de lavagem das amostras de cabelo. Como descrito anteriormente, existem metodologias com diferentes níveis de abrasividade, levando à perda de elementos metálicos de origem endógena (SENOFONTE et al., 2000; ATSDR, 2001; SABER-TEHRANI; TADAYON, 2010).

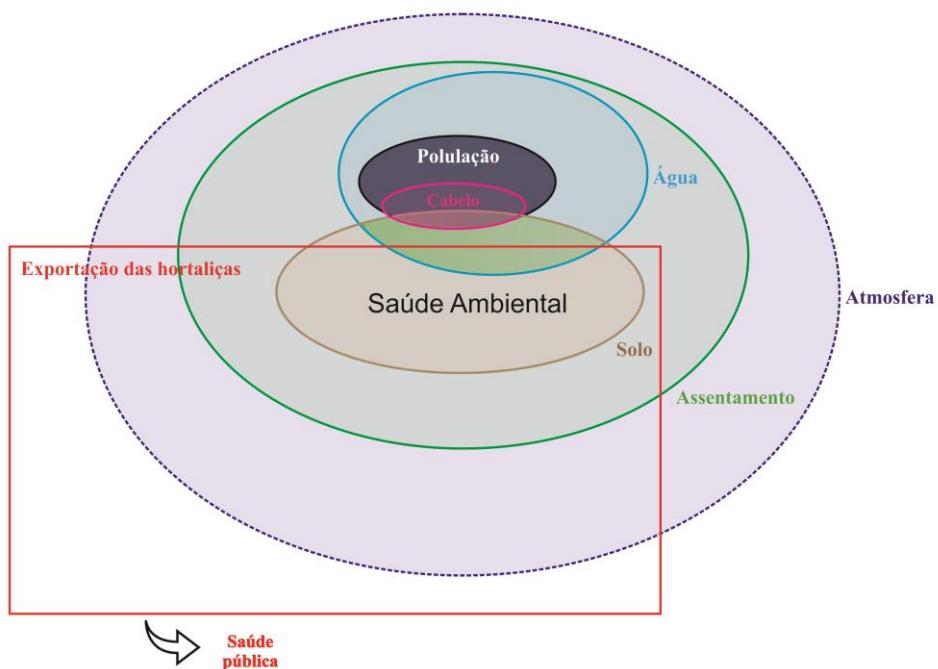
A análise laboratorial das amostras ainda apresenta grande variabilidade entre resultados. Esta variabilidade interlaboratorial restringe a possibilidade de comparação de resultados entre estudos. Outro grande entrave na interpretação dos resultados da análise de metais em cabelos consiste na variabilidade relativamente às condições dos doadores (KRUSE-JARRES, 2000; ATSDR, 2001; SEIDEL et al., 2001). A alimentação, a utilização de drogas e/ou hábitos tabágicos, o género, a idade, a cor e a utilização de produtos de cosmética no cabelo e profissão são algumas das variáveis que influenciam significativamente as concentrações de metais no cabelo (NOWAK, 1998; KRUSE-JARRES, 2000; WENNING, 2000; FRISCH; SCHWARTZ, 2002). As condições ambientais também podem favorecer a acumulação de elementos químicos nos cabelos.

Estudos ambientais podem auxiliar na identificação das fontes de elementos químicos para a matriz capilar, além de possibilitar uma avaliação mais completa dessas fontes e sua contribuição para a saúde do trabalhador rural.

2.6QUALIDADE AMBIENTAL

A saúde humana está interligada à saúde ambiental, principalmente em assentamentos agrícolas como é o caso do Assentamento Natuba. Os níveis de interações são ilustrados na Figura 3, em que o papel do agricultor para a exportação de hortaliças acaba tendo grande relação com sua saúde e a presença de substâncias tóxicas no ambiente.

Figura 3 - Complexidade das matrizes ambientais e as inter-relações com os trabalhadores do Assentamento Natuba



Fonte: A autora.

2.6.1 Água no ambiente agrícola

A água é um elemento essencial à sobrevivência de todos os seres vivos e o seu fornecimento em quantidade e qualidade é fundamental para a perfeita manutenção da vida humana. Em termos quantitativos, o volume total de água existente na Terra é

constante e apenas 2,5% deste é água doce. No entanto, somente 0,3% constitui a porção superficial de água presente em rios e lagos, as quais estão passíveis de exploração e uso pelo homem (AVANZI et al., 2009).

As projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que, se a tendência continuar, em 2050, mais de 45% da população mundial estará vivendo em países que não poderão garantir a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa. Adicionalmente a quantidade, a qualidade da água ofertada também constitui problema atual. Além de ser um veículo direto e indireto de propagação de uma série de doenças (WHO, 2014), o consumo de água contaminada pode acarretar diversos danos à saúde.

Análises microbiológicas e químicas da água são essenciais para o manejo dos recursos hídricos, a fim de diminuir a contaminação, aumentar a oferta dos recursos hídricos e melhorar a qualidade de vida da população. A diminuição da quantidade e da qualidade da água potável a níveis que comprometam até mesmo a sobrevivência humana é um problema cada vez mais próximo. No ambiente urbano, a contaminação está relacionada com o rápido e desordenado crescimento da população mundial (OLIVEIRA, 2014).

2.6.1.1 Contaminação da água

As atividades agrícolas proporcionam poluentes, que são resultantes do deflúvio superficial e constituídos de sedimentos, nutrientes, agrotóxicos e dejetos de animais. Dessa forma, os riscos de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica no meio rural são altos, principalmente em função da possibilidade de contaminação bacteriana de águas, que, muitas vezes, são captadas em poços rasos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagens (HERRERO et al., 2013).

A população rural, na sua maioria, não é abastecida por empresas de saneamento. A água advém de sistemas alternativos de abastecimento, normalmente, sem receber tratamento físico e/ou químico. Desse modo, é necessário uma monitoração periódica, sendo as crianças e os idosos mais propensos à aquisição de doenças devido ao comprometimento imunológico (PNUD, 2006).

Em áreas de assentamento rural, o acesso à água é problemático, principalmente no estado inicial de implantação, no qual muitos assentados não dispõem facilmente deste recurso em seus respectivos lotes, havendo a necessidade de buscá-la no subsolo,

ou seja, no lençol freático, por meio da abertura de poços ou cacimbas. Porém, na época da seca, quando há redução da disponibilidade e maior demanda hídrica, a água pode não ser suficiente, impossibilitando-os de desenvolverem atividades agropecuárias, além de dificultar o atendimento às necessidades básicas diárias das famílias (TERRA et al., 2009).

2.6.1.2 Legislação e qualidade da água para consumo humano

A qualidade da água destinada ao consumo humano está legislada na Portaria nº 2914 de 2011 (Brasil, 2011), emitida pelo Ministério da Saúde (MS), que aborda especificamente o tema, definindo parâmetros e valores de aceitação que uma água ofertada ao consumo humano deve apresentar. A aplicação desta legislação é obrigatória para as empresas de saneamento, que devem realizar análises periódicas da qualidade da água ofertada nos mais diversos pontos dos sistemas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 estabelece as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas. No ambiente rural, quando não é atendida por estas empresas, a responsabilidade da monitoração dos sistemas alternativos de abastecimento fica para os próprios usuários ou para os Agentes Comunitários de Saúde (ASC), funcionários das prefeituras municipais que, na sua maioria, são leigos quanto à orientação sobre a importância da análise da água destinada ao consumo humano.

A monitoração da qualidade da água destinada ao consumo humano da população rural torna-se, portanto, imprescindível, principalmente para a água que abastece vilas e comunidades rurais com maior concentração de pessoas. Isso previne o aparecimento de várias doenças no homem, auxilia o diagnóstico das principais formas de contaminação e indica um conjunto de práticas de manejo dos recursos naturais que possibilitem o controle da poluição e um aumento da qualidade de vida dos usuários dessa água (GONÇALVES, 2005).

A água com qualidade atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pelos órgãos responsáveis. Toda a água a ser usada num suprimento público ou privado deve ser potável e não deve ser quimicamente pura, pois a água carente de matéria dissolvida e em suspensão não tem paladar, sendo desfavorável à saúde humana. Desta forma,

manter a água potável e constantemente disponível ao homem é uma das obrigações dos órgãos governamentais fiscalizadores (SILVA, 2006). Quando contaminada apresenta presença de micro-organismos patogênicos capazes de causar doenças e até mesmo epidemias ou elementos químicos prejudiciais à saúde dos seres humanos.

Para ter boa qualidade, a água não pode conter agentes biológicos patogênicos, substâncias tóxicas, substâncias orgânicas e minerais em excesso. Há casos graves na literatura devido à presença de elementos químicos tóxicos em água para o consumo humano e, na maior parte das vezes, estão relacionados com a interação entre diversos compartimentos do ecossistema (BABA; GÜNDÜZ, 2017).

2.6.2 Poluição atmosférica

As atividades industriais e o aumento de veículos no mundo são fatores que influenciam fortemente a poluição atmosférica. Os poluentes também são liberados para atmosfera por fenômenos naturais, como em erupções vulcânicas e tempestades de ventos. Normalmente, o termo poluição é determinado àqueles fenômenos associados à atividade humana, denominado poluição antropogênica (DAPPER, 2016; TADIELLO et al., 2014).

De acordo com a Resolução nº 3 de 1990 do CONAMA, um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e/ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (SIAM, 2014).

Os poluentes ambientais atmosféricos em formas de partículas sólidas e líquidas são caracterizados por poeira, fumaça, areia, pólen, neblina e cinzas. Já os poluentes em formas de gases são o monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COV) (MANAHAN, 2001). Os poluentes podem ser divididos em primários, que são adicionados diretamente a atmosfera como resultado de um determinado processo (poeira, fumaça, e uma variedade de produtos químicos tóxicos, como chumbo, mercúrio, cloreto de vinila e de monóxido de carbono), e secundários, formados na atmosfera, como resultado de

reações de poluentes primários entre si, ou com gases e vapores da atmosfera (MANAHAN, 2001).

Diferentes estudos têm identificado correlações estatisticamente significantes entre os poluentes atmosféricos e o aumento na mortalidade e nas internações de crianças e idosos, por causas respiratórias e cardíacas (IGNOTTI et al., 2010). A poluição atmosférica é capaz de provocar efeitos na saúde das pessoas, mesmo quando os poluentes se encontram abaixo dos níveis determinados pela legislação (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2014). Pessoas que já sofrem de problemas respiratórios também se tornam mais suscetíveis a sofrer com a elevação nos níveis de poluentes atmosféricos.

Efeitos na saúde humana pela poluição do ar geram impactos negativos no que se refere à perspectiva econômica e social, diminuindo a produtividade agrícola, aumento de custos dos sistemas de saúde, maior vulnerabilidade das populações carentes pode ser vista como exemplos de problemas causados pela contaminação do ar (IEMA, 2017).

2.6.2.1 Biomonitoração atmosférica

A monitoração da qualidade da atmosfera pode ser realizada pela coleta de material particulado em suspensão, precipitação e deposição atmosférica total ou pelo uso de biomonitoradores adequados (DAPPER et al., 2016). A biomonitoração pode ser definida como o uso de organismos para obter informações quantitativas relevantes sobre determinadas características da biosfera, acumuladas no tecido do organismo monitorado (denominados organismos bioacumuladores) (WOLTERBEEK, 2002).

A utilização de biomonitoradores é apropriada para a observação contínua de uma determinada área, cujos organismos captam as mudanças nas concentrações dos elementos químicos presentes na atmosfera, sendo eficiente para a monitoração de áreas extensas e por períodos longos. Esse método tem sido o mais empregado em estudos de monitoração da poluição do ar, em todo o mundo (DAPPER, SPOHR, ZANINI, 2016).

Projetos de biomonitoração podem ser passivos, quando os organismos se desenvolvem de forma natural no ambiente em estudo, ou ativos, quando são propositalmente introduzidos, controladamente. Apesar de alguns estudos utilizarem animais, pesquisas utilizando plantas são muito mais frequentes, principalmente pela facilidade de cultivo e por motivos éticos associados ao sacrifício de animais. O

emprego de vegetais possui menor custo, permitindo, assim, a seleção de um maior número de sítios de amostragem (CARRERAS et al., 2009).

Plantas epífitas do gênero *Tillandsia* (Bromeliaceae) têm sido bastante utilizadas como organismos bioindicadores de qualidade ambiental, para captar mudanças nas concentrações de elementos químicos na atmosfera (VIANNA, 2011). Este gênero é formado por espécies que apresentam crescimento lento e com grande habilidade para obtenção de água e elementos químicos da atmosfera. Suas características morfológicas e fisiológicas permitem sua fixação em diferentes substratos de áreas urbanas (tais como fios elétricos, muros, telhados e árvores), permitindo sua ocorrência em praticamente toda uma área, pois além de assimilar água e nutrientes da atmosfera, acumulam poluentes (MERLO et al., 2011).

Dentre as espécies de bromélias atmosféricas do gênero *Tillandsia*, *T. recurvata* (Figura 4) possui imensa capacidade de multiplicação, por possuir numerosas sementes e alta capacidade de 35 germinação, o que facilita a colonização de novas áreas e de novas espécies hospedeiras (substratos). Cada semente possui uma pluma que se desenvolve externamente como uma fibra permitindo que, quando liberadas, as sementes sejam dispersas pelo vento ou por outros agentes, atingindo superfícies diversas (PIAZZETTA, 2015).

Figura 4 - Rosetas de *Tillandsia recurvata* (L.) L. em estágio vegetativo e reprodutivo.



Fonte: PIAZZETA (2015).

As características permitem que a espécie retenha a poluição e metais presentes na água e nutrientes da atmosfera; consequentemente óxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e outros poluentes presentes no ar também acabam sendo absorvidos durante o metabolismo da planta (PIAZZETA, 2015). São empregados com relativa facilidade na biomonitoração de grandes centros urbanos (FRANÇA, 2011).

2.6.3 Solo

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006) classifica o solo como “uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas”.

É possível afirmar que os solos, quando examinados a partir da superfície, consistem de seções aproximadamente paralelas, organizadas em camadas ou horizontes que se distinguem do material de origem inicial (substrato rochoso), como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, que ocorrem ao longo do tempo e sob a influência dos fatores, clima, organismos e relevo (BOECH et al., 2013). Os horizontes do solo carregam alterações pedológicas e possuem contraste com o substrato rochoso, o que revela uma diferenciação com relação aos materiais pré-existentes em função de processos pedogenéticos (KHAN et al., 2010).

O solo e o subsolo são considerados recursos ambientais de acordo Lei n. 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente (artigo 3º, inciso V). Assim como a água, o solo é essencial para o desenvolvimento da vida, em todas as suas formas, e para a preservação e manutenção dos ecossistemas e demais recursos ambientais. Existem dois sentidos principais para o solo: o de recurso natural e o de espaço social, sendo que ambos os aspectos sofrem intervenções antrópicas muito intensas. Por isso, é relevante reconhecer as características gerais da legislação ambiental sobre o tema.

2.6.3.1 Legislação e controle e estabelecimento de valores

De acordo com a Constituição Federal, a proteção do ambiente e o combate à poluição, em qualquer das suas formas, é de competência comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios (artigo 23, inciso VI). É estabelecido no inciso VI do artigo 24, na carta constitucional, que a União, os Estados e o Distrito Federal possuem competência para legislarem sobre a defesa do solo, a proteção do Meio Ambiente e o controle da Poluição. Cabe ao Poder Público, o controle da produção, comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias, que comportem risco para a qualidade de vida e para o Meio Ambiente de acordo com o artigo 225 da Constituição. Tal disposição é aplicável, também, à poluição do solo.

A existência de várias resoluções do CONAMA com relação à proteção da biodiversidade das águas e da atmosfera demonstra que o país caminhou quanto à preservação dos recursos naturais e ambientais. Algumas resoluções apresentam a proteção do solo do ponto de vista da proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, fato que pode ser observado na resolução CONAMA 420/2009. A própria Resolução dispõe sobre “critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas”. Vale ressaltar que os valores normativos são referentes à fração extraída dos elementos químicos.

De acordo com Machado et al (2013), “a Lei 6.225/1975 facultou ao Ministério da Agricultura a discriminação de regiões onde a exploração econômica estaria vinculada à prévia execução de planos de proteção ao solo e de combate à erosão (art. 1º, caput, Lei 6.225/1975)”. Ainda, de acordo com os autores, o Programa Nacional de Bacias Hidrográficas e Conservação de Solos na Agricultura é o que vigora atualmente e visa diretamente à preservação e ao uso sustentável dos recursos hídricos e do solo (AVANZI et al., 2009). Em 1975, também vigorou o Decreto 76.470/1975, que criou o Programa Nacional de Conservação dos Solos – PNCS. Este, por sua vez, tem por objetivo “promover, em todo o território nacional, a adoção das práticas de conservação do solo, assim entendidos a manutenção e o melhoramento da sua capacidade produtiva”.

O solo permanece como recurso secundário ou subsidiário, mesmo considerando os seus impactos reais e potenciais. Merece tratamento jurídico apenas como recurso natural que se presta a alguma atividade econômica principal, como a agricultura, sem o estabelecimento específico de normas, de padrões de emissão e locacionais das diferentes atividades econômicas (EMBRAPA, 2006).

Para se pensar em desenvolvimento sustentável é preciso que haja regulamentação específica com relação à qualidade do solo, tanto para as políticas de desenvolvimento urbano como para as políticas agrárias e em suas interfaces com as demais políticas setoriais. Apesar dos avanços que foram alcançados, a regulamentação do solo ainda é uma atividade que demanda urgência diante dos impactos provenientes da gestão inadequada do solo, em área urbana ou rural. Ainda que, no ordenamento jurídico, estejam previstos instrumentos para a proteção do solo, a ausência de normas específicas limita a atuação dos próprios órgãos ambientais encarregados do licenciamento ambiental (MACHADO et al., 2013).

2.6.3.2 Solos pernambucanos

A região Nordeste do Brasil, em razão da diversidade de climas, formações vegetais, tipos de rochas e conformações do relevo, apresenta uma grande diversidade de ambientes e, consequentemente, de solos. Esses solos apresentam feições morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas marcantes, o que lhes permitem ser subdivididos em classes relativamente homogêneas (EMBRAPA, 2016).

Observam-se, no Nordeste, tipos climáticos que variam do quente e úmido ao quente e seco (semi-árido), passando por uma faixa de transição semi-úmida. Ocorrem, em grande parte dessa região, solos de média a alta fertilidade natural, em geral pouco profundo em decorrência de seu baixo grau de intemperismo (OLIVEIRA, 2014).

De acordo com a publicação EMBRAPA, sobre os solos do Nordeste (2014) os principais solos da região Nordeste do Brasil são: latossolos, (29,5%), neossolos (24%), argissolos (16,7%), luvissolos (8,7%), planossolos (7,3%), plintossolos (6,3%), cambissolos (3,4%), outros (3,2%) e água e dunas (0,9%). Em Pernambuco, predominam os latossolos, neossolos, argissolos, luvissolos e planossolos.

A susceptibilidade natural dos solos à erosão é uma função da interação entre as condições de clima, ondulação do terreno e tipo de solo. Da análise da interação destes

fatores e a partir de estimativas experimentais de perdas de solo, foi possível estabelecer cinco classes de suscetibilidade à erosão das terras do país. Assim, as classes muito baixa e baixa, englobam tanto os solos de baixadas, hidromórficos ou não, como os deles de planalto, muito porosos, profundos e bem drenados, todos localizados em relevo plano (EMBRAPA, 2016). Em condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, destacam-se solos comumente arenosos ou com elevada mudança de textura em profundidade, bem como aqueles rasos, localizados, em geral, em relevos dissecados, configurando classes de suscetibilidade à erosão média, alta ou muito alta (OLIVEIRA, 2014).

No Nordeste do Brasil, 33% das terras apresentam susceptibilidade muito baixa e baixa, 34% média e 33% têm classes de susceptibilidade alta e muito alta. Solos como os Neossolos Quartzarênicos, Litólicos e Regolíticos são os com maior potencial à erosão devido à presença de conteúdos significativos de areia, associados, em alguns casos, a relevos dissecados (EMBRAPA, 2016).

Embora as chuvas no semiárido nordestino sejam de baixa duração e frequência, sua elevada intensidade em alguns locais favorece o escoamento superficial, desagregação e transporte dos solos, mesmo em relevos mais aplinados. Solos como os Luvissolos, em geral com maiores conteúdos de argila e em relevos bastante dissecados, representam as terras com elevada suscetibilidade à erosão (MACHADO, 2013). As áreas expressivas de Latossolos, representando cerca de 30% da região, são aquelas representativas das terras com baixa suscetibilidade à erosão. Já a ocorrência de horizontes superficiais arenosos, bem como o aumento do teor de argila em profundidade, torna os Argissolos e Planossolos medianamente susceptíveis à erosão nas condições climáticas próprias da região (OLIVEIRA, 2014).

É evidente que a susceptibilidade dos solos pernambucanos está intimamente ligada à presença e distribuição de elementos químicos na matriz geológica. Em áreas sob influência de rios como é o caso do Assentamento Natuba, processos erosivos podem acelerar processos de contaminação do solo devido à contaminação dos sedimentos em suspensão e eventual distribuição da água de irrigação.

2.6.3.3 Elementos químicos no solo

O solo é um componente muito específico da biosfera, pois além de ser um estoque geoquímico de elementos químicos, controla também o transporte destas substâncias para a atmosfera, a hidrosfera e a biota. A presença de alguns destes elementos que são tóxicos no ambiente possibilita a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia alimentar, proporcionando distúrbios nos processos metabólicos dos seres vivos (EMBRAPA, 2016). A bioacumulação e a biomagnificação encarregam-se de transformar concentrações normais em concentrações tóxicas para diferentes espécies da biota e para o próprio homem. Deste modo, a poluição do solo por metais tem sido reconhecida como um importante problema ambiental, podendo resultar em riscos ainda desconhecidos para a saúde de gerações futuras (MARENGONI; MOTA, 2013). Ao contrário dos contaminantes orgânicos, a maioria dos metais não sofre degradação microbiana ou química, e, por isso, as concentrações no solo persistem por um longo período após a sua entrada (GUO et al., 2007). O conhecimento das formas iônicas do metal presentes na solução (especiação química) e sua reação com a superfície coloidal do solo são bons indicativos da mobilidade e toxicidade do elemento químico.

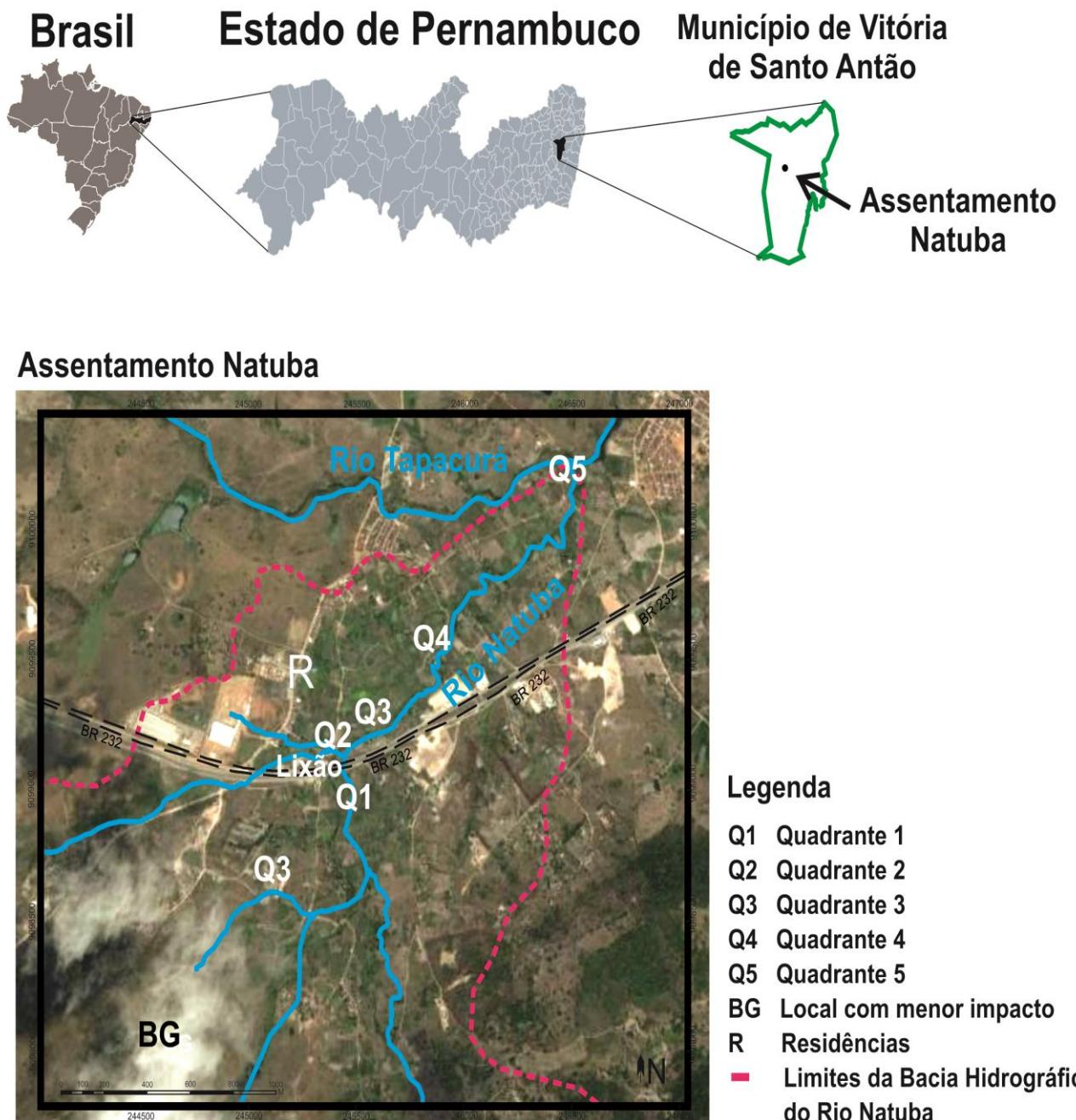
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em Natuba, localizada no município de Vitória de Santo Antão (Figura 5) que originalmente era coberta pela Floresta Tropical Úmida Atlântica, típica da Zona da Mata de Pernambuco. O assentamento está localizado na Zona da Mata de Pernambuco com coordenadas geográficas de 08°07'05"S de latitude e 35°17'29"W de longitude, distando 45 km de Recife. O clima da região é tropical com chuvas antecipadas de outono, apresentando precipitação média anual de 1.000 mm que se concentra no período de março a julho (outono-inverno) com temperatura média anual de 23,8°C variando entre a mínima de 19,3°C e a máxima de 30,9 °C (BRANDÃO, 2013).

A Bacia Hidrográfica do Rio Natuba é caracterizada por área de drenagem de aproximadamente 39 km² (3.874,08 ha), que correspondem a 8,23 % da área da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá. O seu curso principal tem extensão de 17,5 km. Possui um afluente na sua margem esquerda com comprimento de aproximadamente 1,6 km e 24 afluentes na margem direita, que totalizam 39,6 km de cursos d'água (SOUZA et al., 2008).

Figura 5 - Localização do Assentamento Natuba no Município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. Localização das residências dos agricultores, quadrantes e demais locais estudados.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2014).

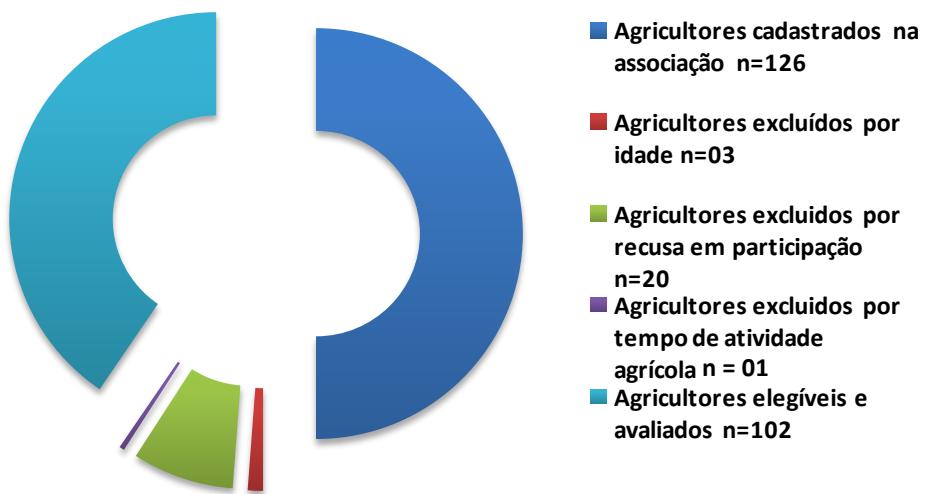
3.2 AVALIAÇÃO HUMANA - PERFIL EPIDEMIOLÓGICO

O estudo foi realizado de forma descritiva exploratória com abordagem quantitativa dos dados dos agricultores cadastrados na Associação de Agricultores de Natuba por intermédio do Presidente Sr. João Xavier.

3.2.1 Critérios de seleção

A casuística da pesquisa compreendeu 102 agricultores selecionados após considerados critérios como: ambos os sexos; maiores de 18 anos; tempo de atividade agrícola superior a 5 anos; concordância em participar da pesquisa por meio de assinatura no Termo e Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Na Figura 6 está apresentada a distribuição dos agricultores quanto à inclusão e exclusão na pesquisa científica.

Figura 6 - Distribuição dos agricultores quanto à inclusão e exclusão na pesquisa científica.



Fonte: A autora.

Com isso, o presente estudo sobre o perfil epidemiológico dos assentados de Natuba foi constituído por três etapas:

- Etapa 1: Consistiu na construção do instrumento de coleta de dados (Apêndice 1), fundamentado em trabalhos que relacionam dados sociodemográficos, avaliação da saúde humana e avaliação do risco à saúde humana.
- Etapa 2: os agricultores foram questionados previamente, quanto a sua possível participação no estudo e informados sobre os objetivos e as questões éticas da pesquisa, sendo firmado, em caso de concordância, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Assim, foram realizadas a avaliação da saúde e a entrevista.
- Etapa 3: um grupo de agricultores com doenças crônicas foi estudado quanto à presença de elementos químicos em cabelo. Para avaliar as possíveis interações com a saúde ambiental do Assentamento Natuba, foram realizadas as análises químicas de água, atmosfera e solo.

A pesquisa foi conduzida dentro dos padrões exigidos pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde - CNS Nº466/12, que trata da ética em pesquisa com seres humanos, e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Otávio de Freitas da Secretaria Estadual de Saúde/SES por meio do CAAE: 37093114.8.0000.5200, nº do parecer: 821.552 (Anexo 1).

3.2.2 Análise clínica

Os dados foram coletados por meio de instrumento de coleta em março de 2015, contendo informações sociodemográficas, saúde humana e de risco à saúde do trabalhador (Figura 7). Para o detalhamento da análise clínica, foram realizados exames físicos, a mensuração de pressão arterial (PA) e medidas antropométricas, tais como, peso, estatura, circunferência abdominal e do pescoço.

Figura 7 - Estrutura do instrumento de coleta aplicado para traçar o perfil epidemiológico dos agricultores de Natuba.



Fontes: A autora.

Os agricultores foram reunidos na associação antes do início das atividades para mensuração de peso e estatura. As aferições foram realizadas com o sujeito descalço, sem objetos nas mãos, bolsos ou adornos na cabeça, utilizando-se uma balança de marca Balmak®, com capacidade de até 150 kg e precisão de 100 g calibrada e aferida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial de Pernambuco (Anexo 2). A estatura foi aferida utilizando-se um estadiômetro acoplado à balança, com precisão de 1 mm e exatidão de 0,5 cm.

O índice de massa corporal (IMC) foi calculado a partir das medidas de peso e altura, de acordo com a Equação 1:

$$IMC = \frac{\text{peso (Kg)}}{\text{altura}^2 (\text{cm})} \quad (1)$$

Os pontos de corte de IMC adotados foram os preconizados por OMS (2015), sendo: baixo peso ($IMC < 18,5$); eutrofia ($IMC 18,5 - 24,99$); sobrepeso ($IMC 25 - 29,99$) e obesidade ($IMC \geq 30,00$).

A circunferência abdominal (CA) foi obtida na menor curvatura localizada entre as costelas e a crista ilíaca com fita métrica flexível e inelástica de marca Sanny® sem comprimir os tecidos. Quando não foi possível identificar a menor curvatura, obteve-se a medida considerando-se 2 cm acima da cicatriz umbilical. Os pontos de corte adotados para CA foram preconizados por Lean et al. (2006), de acordo com o grau de risco para doenças cardiovasculares:

- risco aumentado para mulheres (CA > 80 cm) e para homens (CA > 94 cm) e
- risco muito aumentado para mulheres (CA > 88 cm) e para homens (CA > 102 cm).

A circunferência do pescoço (CP) foi medida com fita métrica flexível de marca Sanny®, na base do pescoço, na altura da cartilagem cricotireoidea. Em homens com proeminência, a CP foi aferida abaixo da proeminência (BEN-NOUN; LAOR, 2003). Quanto à classificação da circunferência do pescoço, utilizaram-se dos valores <37 cm e >37 cm para homens, <34 cm e >34 cm para mulheres, conforme estudo de Bem-Noun; Laor, (2003).

Para aferição da pressão arterial (PA) foi utilizado um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio de marca P. A. MED com número de série 212304, calibrado pelo Instituto de Pesos e Medidas (IPEM) (Anexo 2). A medição foi realizada no braço esquerdo seguindo às propostas pelo Programa Nacional de Controle de Hipertensão Arterial (PNCHA). Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC), a linha demarcatória que define a Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) considera valores de PA sistólica ≥ 140 mm Hg e/ou de PA diastólica ≥ 90 mmHg (SBC, 2017).

Para análise dos dados epidemiológicos, foi utilizado o programa de computador EPI Info, versão 8.1 (CDC, 2017), sendo a análise estatística descritiva expressa em percentual de acordo com a frequência de cada informação coletada.

Após a avaliação dos dados epidemiológicos, saúde humana e risco ambiental selecionaram-se agricultores ($n = 11$) portadores de doenças crônicas, tais como: DPOC ($n = 3$), câncer ($n = 2$), diabetes ($n = 4$) e doença neurológica ($n = 2$), sendo coletado cabelo para monitoração dos elementos químicos. Com os dados epidemiológicos (x_i) para Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica – DPOC, Doença Neurológica, Diabetes, Doença Cardiovascular, Câncer, Doenças Respiratórias, Manchas na Pele, Enjoo, Vômito, Distúrbio do sono, Dor epigástrica e Perda de peso, foi criado um fator de saúde humana (Equação 2) para os agricultores estudados, facilitando a correlação com os dados da concentração de elementos químicos em cabelo.

$$fsh = \bar{X} \begin{cases} \text{Se doente, } x_i = 1 \\ \text{Caso contrário, } x_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

3.3 MONITORAÇÃO HUMANA

A análise dos elementos químicos em cabelo tem como objetivo de diagnosticar deficiências de nutrientes ou níveis excessivos de elementos tóxicos devido à exposição ambiental. Deste modo, as concentrações de elementos químicos no cabelo foram correlacionadas com as concentrações de elementos do organismo.

3.3.1 Amostragem e preparação de amostras

As amostras de cabelo foram coletadas em 11 agricultores do assentamento de Natuba em abril de 2015, na região occipital, pois este local é menos suscetível à contaminação externa também nos indivíduos calvos. Foram coletados segmentos entre 0-10 mm de distância do couro cabeludo, utilizando-se de tesoura de titânio e luvas. Após a coleta, o cabelo foi acondicionado em pequenos sacos plásticos, limpos e secos (MOHAMMED et al., 2007).

As amostras de cabelo coletadas foram transportadas para o Laboratório de Preparação de Amostras Biológicas no CRCN-NE. Para a análise, as porções de cabelo recolhidas foram cortadas em fragmentos menores com tesoura de titânio e colocadas em tubos falcon de 100 mL para serem lavados, a fim de remover contaminação exógena, como poeiras e materiais particulados presentes no ambiente.

A lavagem dos cabelos foi realizada com auxílio de acetona em centrífuga modelo QUIMIS® com rotação de 1500 rpm por três vezes, seguida da lavagem com água purificada (Milli-Q; resistividade maior que 18,2 MΩ.cm à 25 °C). Posteriormente à lavagem, as amostras de cabelo foram secas em estufa de circulação forçada à 40 °C. Porções-teste de 0,1 g foram pesadas em balança analítica modelo Denver 4000 e tratadas quimicamente para análise em Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) e em Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite (GFAAS). Foram utilizadas porções-teste dos materiais de referência IAEA 085 “Human Hair” e IAEA 086 “Human Hair (Methyl Mercury)” para a garantia da qualidade procedimento analítico. Branco analítico, contendo somente os reagentes, também foi analisado com as amostras.

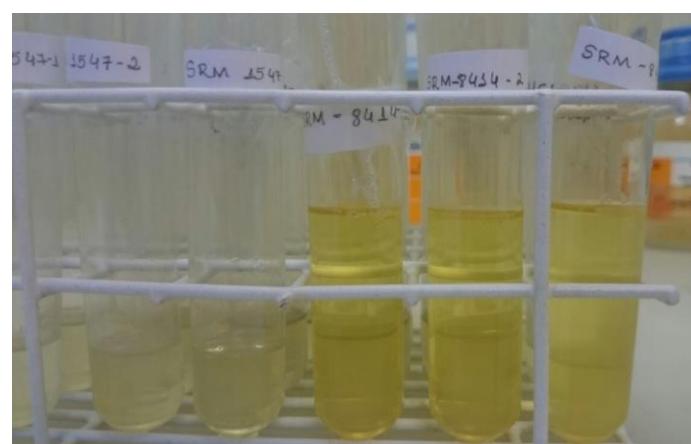
3.3.2 Tratamento químico da matriz cabelo humano

Para realização das análises químicas, amostras de cabelo sofreram tratamento químico com o auxílio de um banho de ultrassom (Figura 8). Foi adicionado peróxido de hidrogênio – H_2O_2 para ajudar na decomposição da matéria orgânica, impedindo a quelação de elementos químicos de interesse.

Em todas as etapas de tratamento das amostras, foram utilizados ácidos ultrapuros e água padrão Milli-Q. Os reagentes foram de nível metrológico elevado e o ácido nítrico usado para o tratamento químico foi destilado para reduzir o risco de contaminação com elementos químicos. As soluções foram preparadas com auxílio de uma micropipeta automática calibrada (desvio de 0,2%), com ponteiras descartáveis, e manuseadas em capela de fluxo laminar. As pesagens foram feitas em balança analítica com precisão de 0,00001 g.

Os materiais utilizados, como vidrarias e frascos de plásticos para armazenar as soluções, foram descontaminados por imersão em solução detergente de Extran alcalino a 5% por 8 horas. Posteriormente, os frascos foram enxaguados com água abundante, e imersos em solução de ácido nítrico 10% por 12 horas; enxaguados novamente e secos em capela de fluxo laminar.

Figura 8 - Detalhe de amostras tratadas quimicamente com o auxílio de um banho de ultrassom.



Fonte: A autora.

O tratamento químico foi adaptado a partir do LCA - Universidade de Aveiro (2014) para amostras de tecidos animais. O banho de ultrassom foi utilizado para otimizar o processo de decomposição das amostras, que consistiu em:

- Adição de 2 ml de HNO_3 p.a. ultra puro (~65%) destilado para cada 100 mg de amostra;
- Repouso durante 24 horas em capela de fluxo laminar;
- Movimentação da solução para evitar a adesão das partículas às paredes do tubo;
- Aquecimento no banho de ultrassom até 80°C. Após estabilização da temperatura, as amostras permaneceram durante 1 hora no banho de ultrassom;
- Repouso em capela de fluxo laminar até atingir o equilíbrio térmico à temperatura ambiente;
- Adição de 0,2 ml de peróxido de hidrogênio para cada 100 mg de amostra;
- Aquecimento no banho de ultrassom até 80°C. Após estabilização da temperatura, permanência das amostras durante 1 hora no banho de ultrassom;
- Adição de 0,2 ml de peróxido de hidrogênio para cada 100 mg de amostra e em seguida leva-se ao banho de ultrassom por 1 hora;
- Adição de água ultrapura (Milli-Q) até o volume de 30 ml de solução.

3.3.3 Análises químicas

Todas as amostras, materiais de referência e brancos analíticos foram direcionados para as análises químicas por ICP-MS e GFAAS.

3.3.3.1 Espectrometria de Massa Indutivamente Acoplada por Massa

A análise química foram realizadas por meio do equipamento NexION 300D da PerkinElmer, instalado no Serviço de Análises Ambientais (SEAMB) do Centro

Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE). Este equipamento possui uma interface tripla de cones que proporciona a focalização do feixe de íons, três quadrupolos e três modos de operação: padrão, colisão, em que a energia cinética dos íons incidentes é reduzida, possibilitando a diferenciação das espécies químicas; e modo de reação, no qual o quadrupolo é rastreado a fim de que apenas os íons de interesse sejam processados pelo detector. Estas particularidades propiciam uma maior estabilidade, sensibilidade e flexibilidade das análises realizadas.

Para realização da análise foi empregada uma solução de $1 \mu\text{g L}^{-1}$ de berílio, cério, ferro, índio, lítio, magnésio, chumbo e urânio para configuração do equipamento, referente aos seguintes parâmetros: potência, fluxo do gás de nebulização, do gás auxiliar e do gás refringente, temperatura de resfriamento e de aquecimento, potencial de viés do quadrupolo, voltagem do multiplicador, fluxo do gás hélio e o tempo de retenção (Tabela 1). Juntamente a esse procedimento, o aparelho verifica a razão CeO/Ce, que deve atingir um valor até 2,5% para garantia da operacionalidade do sistema de quantificação.

Tabela 1 - Condições operacionais do ICP-MS

Parâmetros	Valores
<i>Nebulizer gas flow</i>	$1,095 \text{ L min}^{-1}$
<i>Auxiliary gas flow</i>	$1,20 \text{ L min}^{-1}$
<i>Plasma gas flow</i>	$18,00 \text{ L min}^{-1}$
<i>ICP RF Power</i>	1470 W
<i>Analog stage voltage</i>	-1642 V
<i>Pulse stage voltage</i>	848 V
<i>Sweeps/Reading</i>	60
<i>Readings/replicates</i>	1
<i>Replicates</i>	3
<i>Detector</i>	<i>Analogic</i>
<i>Scanning mode</i>	<i>Peak hopping</i>

Fonte: A autora.

As soluções das amostras foram analisadas para a quantificação de Cd e Sb, assim como as soluções dos materiais de referência certificados, as soluções padrão multielementares e o branco analítico, todos acondicionados em tubos de polietileno. As análises foram realizadas em triplicata com alíquota de $20 \mu\text{L}$. O equipamento foi

calibrado empregando-se soluções-padrão (Merck) multielementares de concentrações conhecidas para cada elemento químico a ser analisado (Tabela 2).

Tabela 2 - Elementos químicos determinados por ICP MS.

Analito	Isótopo	Abundância (%)	Possíveis interferências
Cd	Cd-111	12,86	-
	Cd-113	12,34	In-113
Sb	Sb-121	57,25	-

Fonte: Perkin Elmer Sciex (2015).

3.3.3.2 Espectrometria de Absorção Atômica por Forno de Grafite

As concentrações dos elementos químicos foram determinadas por meio do espectrômetro Varian AAS 240 ZEEMAN com forno de grafite GTA 110. Antes da realização das análises, foram realizadas curvas de calibração com a utilização de soluções-padrão (Merck) de concentrações conhecidas para cada elemento químico a ser analisado. O sistema foi otimizado com relação ao ganho das lâmpadas de cátodo oco e à condição do tubo de grafite, assim como para a utilização de modificadores de matriz. As análises aconteceram nas condições apresentadas na Tabela 3. Todas as medições foram baseadas em valores de absorbância integrada. O gás de arraste e proteção utilizado foi argônio analítico 5.0.

Tabela 3 - Parâmetros utilizados nas análises por GFAAS para a matriz capilar.

Analito	Comprimento de onda (nm)	Modificador de matriz	Amostra (μL)	Temperatura de atomização e leitura (°C)
As	193,7	Ácido ascórbico; solução de Pd	18	2600
Cr	279,5	Ácido ascórbico; solução de Pd	8	2300

Fonte: A autora.

3.4 SAÚDE AMBIENTAL

Os estudos de impactos ambientais são altamente complexos, pois envolvem matrizes diferenciadas como é o caso de água, atmosfera e solo. Para a análise da saúde humana e ambiental dos assentados de Natuba, foi necessário inter-relacionar esses comportamentos com aspectos da monitoração humana. Vale ressaltar também que a qualidade ambiental reflete a segurança alimentar dos produtos agrícolas comercializados pelo Assentamento, o que claramente é um fator problemático para a saúde pública. Por isso, esforços analíticos foram direcionados para a caracterização das matrizes ambientais conforme a Tabela 4. Dependendo das características das técnicas analíticas, foram empregadas Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia – EDXRF, a Espectrometria de Absorção Atômica com Chama – FAAS, Espectrometria de Absorção Atômica por Forno de Grafite – GFAAS e Espectrometria de Massas com Plasma Acoplado Indutivamente – ICP-MS. Para a matriz água, também foram realizadas análises microbiológicas.

Tabela 4 - Elementos químicos quantificados no cabelo e nas matrizes ambientais solo, água, atmosfera e e técnicas utilizadas.

Matriz	Analito*	Técnicas analíticas
Cabelo	As, Cd , Cr, Sb	ICP-MS, GFAAS.
Água	Cd, Sb Coliformes totais / <i>Escherichia coli</i>	ICP-MS Substrato Cromogênico / Fluorescência
Atmosfera	Ca, Fe, K, Mg, Mn, Sr, Zn	EDXRF
Solo	Br, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb, Si, Sr, Ti, Zn	EDXRF, FAAS, ICP-MS.

*Elementos químicos em negrito foram analisados em ao menos duas matrizes

Fonte: A autora.

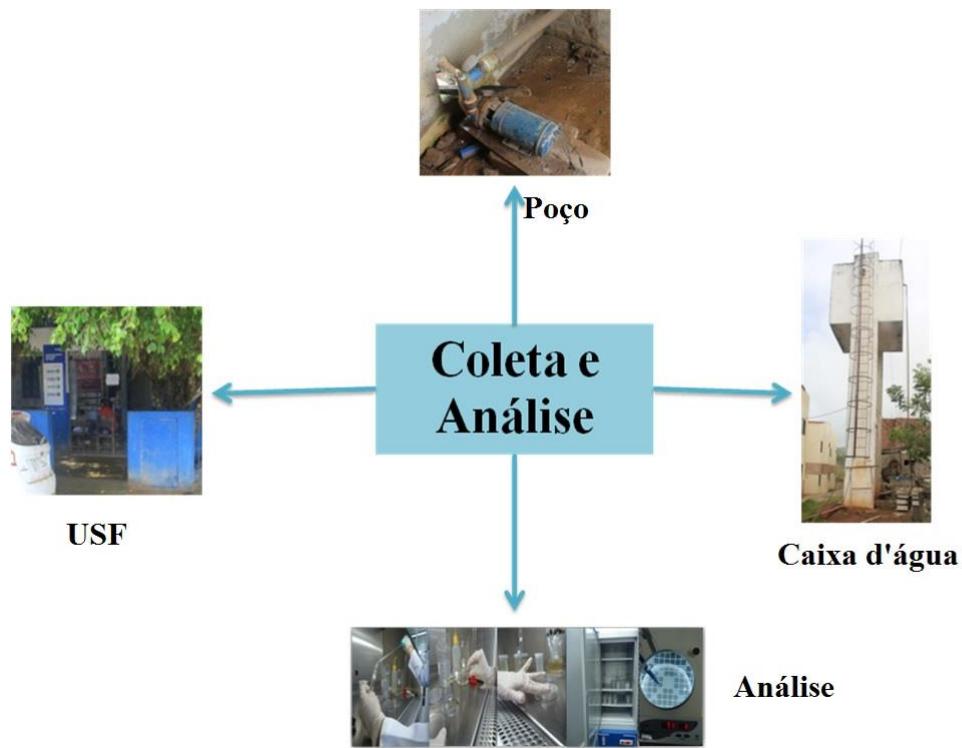
3.4.1 Água potável

A água perde sua qualidade quando impactada por contaminantes e poluentes, como agentes patogênicos, substâncias tóxicas como agrotóxicos, não devendo ser utilizada para consumo humano, irrigação e outros fins.

3.4.1.1 Amostragem

As amostras de água foram coletadas em triplicata no mês de outubro de 2015 em quatro pontos estratégicos, Unidade de Saúde da Família - UFS (torneira do consultório dentário), poço que abastece parte da região do assentamento, caixa alta que recebe água bombeada do poço e uma residência abastecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) (Figura 8).

Figura 9 - Locais de coleta de água potável utilizada pelos agricultores do Assentamento Natuba.



Fonte: A autora.

Os procedimentos de coleta, conservação, transporte e análise das amostras de água foram realizados segundo as recomendações contidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012). Em recipiente estéril, foram coletados 100 mL de água para análises microbiológicas em abril de 2015, acondicionados em caixas isotérmicas e transportados imediatamente ao Laboratório de Coleção de Microrganismo da Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Antibióticos/UFPEDA. Em recipiente estéril, também foram coletados 500 mL de água para análises químicas, acondicionados em caixas isotérmicas e transportados imediatamente ao Serviço de Monitoração Ambiental do Centro Regional de Ciências Nucleares. As amostras, ao chegarem Serviço de Monitoração Ambiental, foram acidificadas com ácido nítrico até pH igual a 2,0 (aproximadamente 2 mL de ácido nítrico por litro de amostra).

3.4.1.2 Pesquisa de Coliformes totais e *Escherichia coli*

Como bioindicadores de contaminação microbiológica, foram pesquisados os microrganismos do grupo dos Coliformes totais e *Escherichia coli* (BRASIL, 2011). Para determinar a integridade da água, foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas nas amostras coletadas. As análises foram realizadas de acordo com metodologia da APHA (2012).

A investigação da presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foi efetuada pelo método do Substrato Cromogênico de acordo com metodologia descrita em APHA (2012). Após o período de incubação, foi realizada a leitura comparando-se a coloração produzida em cada recipiente. O resultado positivo para coliformes totais apresenta intensidade da coloração amarela. A ausência de pigmentação amarela indica resultado negativo para esse grupo de bactérias. A presença ou a ausência de *E. coli* foi verificada pela exposição à luz ultravioleta (366 nm, 6 W). O resultado foi considerado positivo pela evidência de fluorescência.

3.4.1.3 Contagem de bactérias heterotróficas

Para a contagem de bactérias heterotróficas foi adotado o método de plaqueamento por incorporação (“pour plate”) (APHA, 2012). As amostras foram homogeneizadas, invertendo-se a embalagem 25 vezes, seguida por diluição das amostras de 10^{-1} a 10^{-4} . Um mililitro de cada diluição foi incorporado a nove mililitros do meio Ágar Padrão de Contagem (PCA) e, em seguida, incubadas à 35°C por 48 horas.

Posteriormente, foi realizada a contagem das colônias nas placas que apresentassem de 27 a 200 unidades formadoras de colônias (UFC). Os resultados foram comparados ao valor estabelecido na Portaria nº 2.914, de 11/12/2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

3.4.1.4 Análise química

As amostras foram filtradas com auxílio de sistema de filtração Kitasato. Após a preparação das amostras, foram analisadas pela técnica Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) conforme a Seção 3.3.3.1.

3.4.2 Atmosfera

O estudo de biomonitoração foi idealizado para avaliar a distribuição de elementos químicos na atmosfera de modo a identificar locais com alta concentração de substâncias químicas no Assentamento Natuba.

3.4.2.1 Amostragem e preparação de amostras

As amostras de bromélias foram coletadas no município de Gravatá, em locais livres de fontes potenciais de poluentes atmosféricos e levados ao Serviço de Monitoração Ambiental para o Laboratório de Preparação de Amostras Biológicas. Inicialmente foram pinceladas superficialmente para retirada de fragmentos secos e reservadas em porções de 12 g, acondicionadas em bolsas de náilon com dimensões de

20 x 20 cm. A abertura das bolsas permitiu o contato dos biomonitores com o ar. Todos as amostras foram dispostas nas copas das árvores distribuídas nos 5 quadrantes do assentamento de Natuba em duplicata. Os biomonitores foram transplantados para os locais em junho de 2015 no Assentamento Natuba em duplicata (Figura 10), em todos os quadrantes estudados. Para a avaliação da condição atmosférica do assentamento, foram utilizados os valores basais de *T. recurvata*.

Figura 10 - Biomonitor *Tillandsia recurvata* na área de estudo.



Fonte: A autora.

Após o período de exposição (seis meses) às amostras foram recolhidas para laboratório, no qual foram secas em estufa à 60°C até peso constante. Posteriormente, foram moídas em moinho de bolas com material de moagem confeccionado em coridon sinterizado para a redução do tamanho das partículas ($\leq 0,5$ mm) e evitar contaminação por Cr, Fe e Ni. Após a homogeneização, as amostras foram separadas em porções-testes de 0,5 g em cápsulas específicas para análise em Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Dispersão de Energia (EDXRF).

3.4.2.2 EDXRF

Porções analíticas 0,5 g foram transferidas para recipientes de polietileno e vedadas com filme de polipropileno específico para análise. Porções-teste de 0,5 g do material de referência SRM 1547 Peach Leaves também foram analisadas para a

garantia da qualidade do procedimento analítico. O equipamento utilizado para análises por EDXRF foi o espectrômetro modelo EDX 720 da Shimadzu (Figura 11).

Figura 11 - Equipamento EDXRF, modelo EDX-720 da Shimadzu.



Fonte: A autora.

As análises foram realizadas em câmara com pressão menor que 30 Pa, com tempo de detecção de 100 segundos, e tempo morto de, no máximo, 35% para cada grupo analítico. As tensões utilizadas foram, respectivamente, 15 kV para elementos químicos de número atômico menor que 22, e 50 kV para os demais. Previamente às análises químicas, foi realizada a calibração em energia e resolução utilizando o padrão A-750, fornecido com o equipamento. Esse padrão interno é formado por uma liga metálica composta por alumínio, estanho, magnésio, ferro e cobre, tornando possível a calibração em diversas regiões do espectro de raios-X. Como controle interno foi utilizado o padrão SUS, que é uma liga composta pelos elementos químicos Cr, Mn, Fe e Ni, também fornecido pelo fabricante, para averiguar se a calibração anteriormente realizada produziu resultados adequados. Materiais de referência certificados, produzidos pelo National Institute of Standard and Technology-NIST e pela Agência Internacional de Energia Atômica-IAEA, foram utilizadas para a confecção da curva analítica. Detalhes do procedimento analítico podem ser consultados em Fernández et al. (2017).

3.4.3 Solos

Nos quadrantes analisados as glebas produzem hortaliças folhosas (alfaces). Para aumento da produtividade e eliminação de pragas os agricultores utilizam fertilizantes e agrotóxicos (Figura 12).

Figura 12 - Canteiros para cultivo de hortaliças do Assentamento de Natuba.

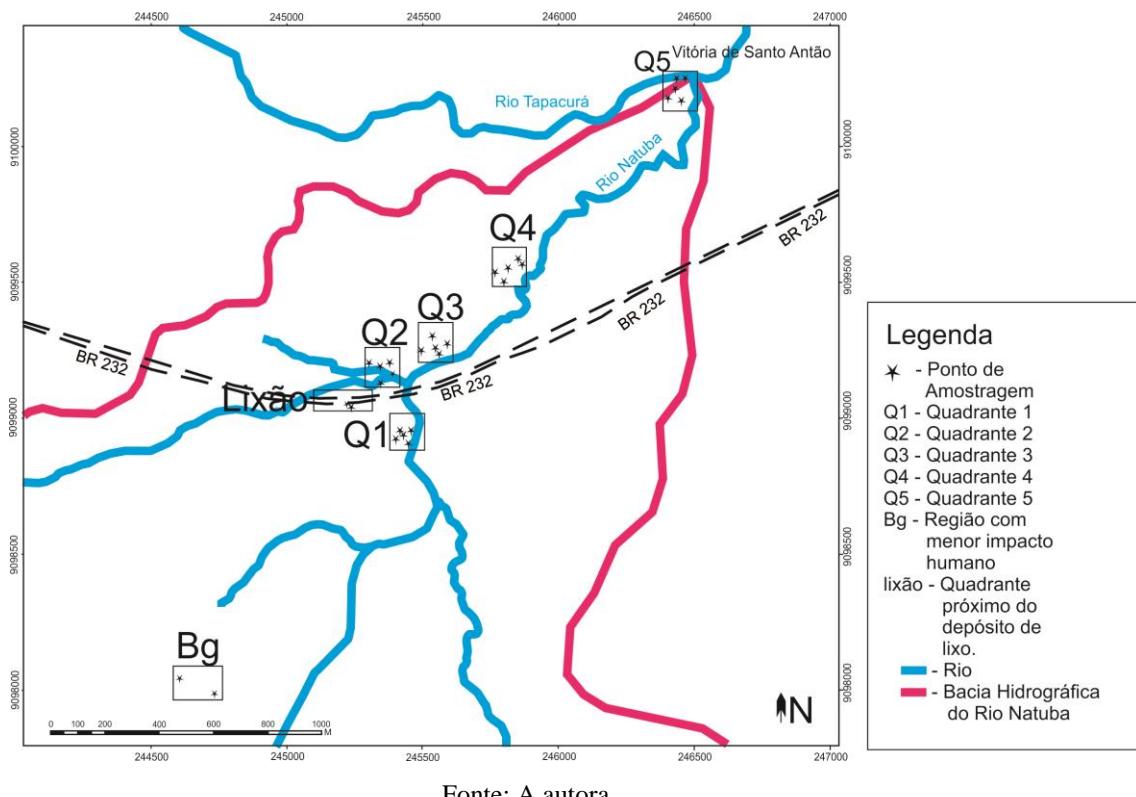


Fonte: A autora.

3.4.3.1 Amostragem e preparação de amostras

As amostras de solo ($n = 54$) do assentamento foram coletadas na profundidade de 0-25 cm, com uma pá reta de acrílico em cinco unidades amostrais da área de estudo (Figura 13). Em cada lote de canteiro foram coletadas amostras no centro e nas extremidades ($n = 5$) a uma distância de 75 metros do ponto central da área. As amostras foram coletadas em duplicata, perfazendo um total de 10 amostras para cada quadrante. Para fins de comparação, foram coletadas 2 amostras de solo de área não utilizada para agricultura. Para avaliar o impacto da descarga de resíduos a céu aberto, 2 amostras foram coletadas no caminho que drena desta área. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e levadas para o Serviço de Monitoração Ambiental do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste SEAMB/CRCN-NE.

Figura 13 - Locais de amostragem de solo no Assentamento Natuba.



Fonte: A autora.

As amostras de solo foram secas à 60 °C em estufa modelo QUIMIS até peso constante e, posteriormente, cominuídas com auxílio do almofariz e pistilo de porcelana em partículas de diâmetros menores que 200 mesh (0,065 mm) no Laboratório de Preparação de Amostras Geológicas do SEAMB. As amostras foram analisadas por EDXRF e FAAS.

3.4.3.2 Fluorescência de Raios – X Por Dispersão de Energia (EDXRF)

Amostras de solo foram analisadas pelo EDXRF de acordo com a Seção 3.4.2.2. Porções-teste de 0,5 g dos materiais de referência SRM 2709 “San Joaquin Soil”, certificado pelo “National Institute of Standards and Technology” - NIST e IAEA-SOIL-7 “Trace Elements in Soil”, produzidos pela “International Atomic Energy Agency” – IAEA foram utilizados para a demonstração da qualidade do procedimento analítico.

3.4.3.3 Tratamento químico para análises químicas

Porções de aproximadamente 0,1 g das amostras de solo foram submetidas a tratamento químico para possibilitar as análises químicas. Branco analítico foi preparado com as amostras. Também foram diretamente transferidos 0,1 g do material de referência certificado SRM 2709 para tubos de Teflon de capacidade de 30 ml. As etapas do procedimento estão relacionadas abaixo:

- Adição de 9,0 ml de HNO_3 (ácido nítrico) concentrado p.a. (~65%) após destilação para evitar contaminação com elementos químicos;
- Repouso da mistura por 24 horas em capela de fluxo laminar;
- Agitação manual da mistura a fim de evitar a adesão da mistura às paredes dos frascos e, consequentemente, a perda de material;
- Adição de 3,0 ml de ácido fluorídrico concentrado (HF);
- Aquecimento da solução em forno digestor, conforme programa de ciclos adaptado para esse trabalho.
- Após a digestão foi adicionado à amostra uma pequena quantidade de ácido bórico com o objetivo de eliminar o HF remanescente na amostra e, assim, proteger partes sensíveis dos equipamentos.
- Por fim a amostra foi filtrada e acondicionada em potes de polietileno devidamente descontaminados utilizando procedimento específico para esse fim.
- Adição de água ultra-pura até completar o volume final de 50 ml para as soluções de amostras e materiais de referência certificados.

3.4.3.4 Espectrometria de Absorção Atômica de Chama (FAAS)

A quantificação de Cu, Fe, Mn e Zn nas amostras de solos, materiais de referência e brancos analíticos foi realizada por meio do equipamento VARIAN AAS 220 FS (Figura 14) em triplicata, utilizando solução-padrão Merck para a obtenção de curva analítica. Para a realização das análises, foram ajustadas as condições analíticas da Tabela 5.

Figura 14 - Equipamento VARIAN AAS 220 FS



Fonte: A autora.

Tabela 5 – Condições das análises de solo por FAAS.

Analito	Comprimento de onda (nm)	Gás
Cu	324,7	Acetileno/Ar
Fe	248,3	Acetileno/Ar
Mn	279,5	Acetileno/Ar
Zn	213,9	Acetileno/Ar

Fonte: A autora.

3.5 QUALIDADE DO PROCEDIMENTO ANALÍTICO

A qualidade do procedimento analítico envolveu os cálculos de incerteza analítica e de Número E_n para os materiais de referência analisados com as amostras de cada matriz estudada.

3.5.1 Incerteza analítica

A incerteza analítica dos resultados obtidos pelas diversas técnicas analíticas utilizadas foi estimada a partir da combinação das incertezas individuais relativas à

precisão (repetições analíticas) e à exatidão (desvio com relação aos materiais de referência analisados), conforme o EURACHEM/CITAC Guide CG (ELLISON; WILLIAMS, 2012). As incertezas analíticas foram expandidas em nível de 95% de confiança ($k = 2$). Os resultados só foram reportados para analitos nas matrizes quando as incertezas analíticas expandidas em nível de 95% de confiança foram menores que 40%, faixa considerada adequada para os resultados de análises ambientais.

3.5.2 Número E_n

Para validação do procedimento analítico, foram empregados os cálculos referentes ao Número E_n , definido como a diferença entre o valor obtido na análise da amostra e o valor certificado, dividido pela raiz quadrada da soma quadrática das incertezas analíticas expandidas. Em nível de confiança de 95%, a faixa adequada para os resultados de Número E_n dos materiais de referência foi entre -1 e 1, conforme recomendação da ISO 13528:2005 (ISO, 2005). Desse modo, só foram considerados os resultados dos elementos químicos, cujos valores de Número E_n estiveram entre a faixa esperada.

3.6ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados envolveu estatística descritiva e estatística multivariada a partir de matriz de correlação e Análises por Componentes Principais – PCA.

3.6.1 Estatística descritiva

Para a descrição das variáveis estudadas e comparação com valores de referência foi empregada estatística descritiva a partir dos cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação.

3.6.2 Matriz de correlação

Após a padronização das variáveis (elementos químicos) e verificação da normalidade, a matriz de correlação de Pearson foi obtida a partir do programa de computador STATISTICA (STATSOFT, 2004). Valores significativos foram avaliados em nível de 95% de confiança.

3.6.3 Análise por Componentes Principais

Após a normalização dos dados com a utilização do teste Shapiro-Wilk, foi necessária a transformação dos dados de modo a estabilizar a variância. Com a conseguinte padronização (média igual a 0 e a variação igual a 1), realizou-se a análise de componentes principais (PCA) a partir do programa de computador STATISTICA (STATSOFT, 2004). O número de componentes principais foi ajustado para o cômputo de, no mínimo, 67% da variação total. A PCA foi empregada para avaliar o agrupamento de elementos químicos e amostras de solos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme as etapas relacionadas na Seção 3. Material e Métodos, os resultados foram apresentados e discutidos conforme o perfil epidemiológico, a biomonitoração humana e a análise ambiental do Assentamento Natuba.

4.1 AVALIAÇÃO DA SAÚDE DOS AGRICULTORES

Optou-se por relacionar os principais resultados referentes ao perfil dos agricultores (sociodemográfico e epidemiológico), à condição de saúde dos trabalhadores e aos fatores associados à saúde humana, principalmente com relação a doenças crônicas.

4.1.1 Perfil sociodemográfico dos agricultores

As maiorias dos investigados neste estudo apresentavam faixa etária entre 22 e 45 anos (80,4%). Analisando o resultado encontrado com os estudos de Hall (2009), a idade é um fator importante que interfere na força muscular de um trabalhador. Segundo Grandjean (2008), trabalhadores com idade entre 25 e 35 anos encontram-se no auge da força muscular e das suas capacidades laborativas, sendo conduzidos para atividades de maior esforço muscular. No entanto, quando está acima dos 40 anos sofre um déficit progressivo da sua capacidade muscular, havendo diminuição das fibras musculares e unidades motoras, as quais são responsáveis pela força do músculo.

O tempo de trabalho na produção agrícola foi superior a 20 anos (57,9 %), enquanto que para as horas dedicadas a essa atividade, foi identificado que 30,4% dos agricultores trabalhavam mais que 8 horas por dia (Tabela 6). Observou-se que o número de mulheres agricultoras (19,6%) é inferior ao de homens, devido ao fato de serem atribuídas às funções de caráter como: cuidar da casa, alimentação e cuidados com os filhos e maridos. As mulheres inseridas na associação são em números menores como encontrado no estudo de Guérin (2003). Esse dado ainda é corroborado em estudos envolvendo agricultores (SEVERO et al., 2012; UBESSI et al., 2015).

Tabela 6 - Perfil sociodemográfico dos trabalhadores do Assentamento Natuba.

Variável		N	%
Faixa etária	22 – 45	60	59,8
	45 – 72	42	41,2
Sexo	Feminino	20	19,6
	Masculino	82	80,4
Escolaridade (em anos de estudo)	Não alfabetizado	13	12,8
	1 - 4	29	28,4
	4 - 8	47	46,1
	9 – 10	13	12,7
Estado conjugal	Casado	74	72,5
	Separado/Divorciado	3	2,9
	Viúvo	5	4,9
	Solteiro	20	19,7
Horas trabalhadas em atividade agrícola/dia	4 - 6	10	9,8
	8	61	59,8
	Acima de 8	31	30,4
Tempo de trabalho na atividade agrícola (anos)	5 a 10	13	12,7
	11 a 20	30	29,4
	Acima de 20	59	57,9

Fonte: A autora.

4.1.2 Riscos à saúde do trabalhador

Com relação ao comportamento de risco à saúde humana analisado, a Tabela 7 mostra os resultados das entrevistas, em que o uso de bebida alcoólica mereceu destaque por ser hábito de aproximadamente 58% dos agricultores. Aproximadamente 26% dos agricultores são fumantes. O reaproveitamento da embalagem de agroquímicos e a não utilização de EPIS também estiveram presentes com percentual de 12,8% e 40,2%, respectivamente.

Foi verificada a não utilização dos equipamentos de proteção individual – EPI's por parte dos agricultores (40%). Em estudo realizado no Rio Grande do Sul Poe De Souza (2011), 100% dos trabalhadores rurais investigados que usavam agroquímicos também não usavam os EPI's. O Ministério da Saúde indica a utilização correta e

concomitante de todos os Equipamentos de Proteção Individual e reforça a necessidade de uso, uma vez que a não utilização de EPI's aumenta a probabilidade de intoxicação e injúrias à saúde (PORTO et al., 2012).

Tabela 7 – Porcentagem de agricultores com atividades consideradas de riscos à saúde humana.

Variáveis	N	%
Faz uso de bebida alcoólica	59	57,8
Faz uso de cigarros	26	25,7
Reaproveita embalagem de agroquímicos	13	12,8
Não faz uso de EPI durante atividade	41	40,2

Fonte: A autora.

Em conjunto outros indicadores (reaproveitamento de embalagens de agroquímicos, tabagismo e consumo de álcool), o não uso de EPI'S pode ser indicativo de diferentes tipos de doenças crônicas. Vale ressaltar que a toxicidade por agroquímicos pode ser agravada por esses fatores. De acordo com a OMS (2015), 36 milhões de pessoas morreram de doenças crônicas por pesticidas, sendo que 9 milhões tinham menos de 60 anos. Essas doenças são consideradas de progressão lenta, portanto, de longo prazo. Contudo, são as principais causas de mortalidade no mundo, pois representam mais de 60 % de todas as mortes, principalmente em países de baixa renda (ABDOLLAHI et al., 2004).

4.1.3 Análise clínica

Os principais achados clínicos da amostra da população agrícola do estudo estão descritos na Tabela 8, havendo predominância do relato de dor de cabeça (23,5%), tontura (2,9%) e edema em tornozelos e pés (2,9%). Segundo Hoshino et al. (2009), sintomas subjetivos e constantes da exposição ocupacional da atividade agrícola associada ao uso de agrotóxicos podem ser um sinal precoce da intoxicação, podendo ser confirmado pelos resultados apresentados. Ainda foi observado que estes sinais e sintomas inespecíficos estão presentes em diversas patologias. Muitos trabalhadores subestimam a relação da atividade agrícola associada ao uso de agrotóxicos com os

sintomas, considerando que a dor de cabeça, tontura, dor epigástrica, e os outros como processos naturais decorrentes do seu trabalho (HOSHINO et al., 2009).

Tabela 8 - Perfil clínico dos agricultores do Assentamento Natuba, Pernambuco, no período de outubro a dezembro de 2014.

Sinais e Sintomas	N	%
Dor de cabeça	24	23,53
Enjoo	2	1,96
Tontura	3	2,94
Fadiga	1	0,98
Perda da memória	1	0,98
Edema em tornozelos, pés	3	2,94
Diminuição da urina	1	0,98
Distúrbio do sono	2	1,96
Diarreia	1	0,98
Dor epigástrica	1	0,98
Dermatites	1	0,98
Dor nas costas	16	15,69

Fonte: A autora.

Na Tabela 9 é apresentada a análise de riscos avaliados para doença cardiovascular (índice de massa corporal, pressão arterial, circunferência abdominal e do pescoço) de acordo como sexo dos pesquisados. A circunferência do pescoço foi a única variável que apresentou diferença significativa e estatística em nível de 95% de confiança entre os grupos ($p = 0,000$).

A obesidade é um dos maiores problemas de saúde pública no mundo, estando principalmente associada ao aumento da mortalidade cardiovascular (GONZALEZ et al., 2011). Em 2011, o Ministério da Saúde divulgou que 48,5% da população brasileira está acima do peso, sendo o percentual maior em homens com 52,6% que em mulheres com 44,7%. Ao comparar os resultados do sobrepeso e obesidade da população brasileira com aqueles obtidos neste estudo, verificou-se que 53,7% dos agricultores (sexo masculino) estão com sobrepeso ou obesos. Para as agricultoras, 70% dos investigados estão com sobrepeso ou obesas (SBEM, 2015).

Tabela 9 - Variáveis para a avaliação cardiovascular de acordo com sexo na população de agricultores do Assentamento Natuba, Pernambuco.

Variáveis	Homem		Mulher		X²	P
	N	%	N	%		
IMC*						
< 18,5 (baixo peso)	2	2,4	0	0		
18,5 - 24,99 (eutrofia)	36	43,9	6	30		
25 – 29,99 (sobrepeso)	31	37,8	12	60	3,49	0,321
≥ 30,00 (obesidade)	13	15,9	2	10		
TOTAL	82	100	20	100		
Pressão Arterial						
Normal	10	12,2	2	19		
Limítrofe	31	37,8	11	55		
Hipertenso	41	50	7	35	1,98	0,369
TOTAL	82	100	20	100		
Circunferência Abdominal (cm)						
<80	12	14,6	2	10		
80-88	22	26,8	6	30		
89-93	16	19,5	3	15		
94-102	19	23,2	5	25	0,67	0,954
>102	13	15,9	4	20		
TOTAL	82	100	20	100		
Circunferência do PESCOÇO (cm)						
≤35	10	12,2	14	70		
36 – 39	45	54,9	4	20		
>39	27	32,9	2	10	29,8	0,000
TOTAL	82	100	20	100		

* IMC = Índice de Massa Corporal

Fonte: A autora.

Quanto ao indicador antropométrico da CA, o risco aparece maior nos homens (n = 32) em comparação com as mulheres (n = 18), havendo correlação entre a CA acima da padronizada com a CP aumentada, confirmando os achados de Ben Noun et al. (2003). Portanto, as alterações da CA refletem o padrão masculino de distribuição de gordura e alterações dos fatores de risco para doença cardiovascular.

Quando comparados com a utilização da CA com esta patologia identificou-se como sendo a de maior associação com perturbações cardiovasculares (DAGENAIS et al., 2005).

Os resultados dos fatores de risco para doenças cardiovasculares, segundo a CP, demonstraram que era mais acentuado nos homens (48,78%) do que nas mulheres (25%). A hipertensão, diabetes e as dislipidemias associam-se com a medida da CP aumentada, além de também estarem relacionadas com a resistência à insulina (FRIZON, 2013; TIBANA et al., 2012; VASQUES et al., 2012; PREIS et al., 2010; BEN-NOUN et al., 2003). A hipertensão arterial aparece em 48 do total dos agricultores do estudo, sendo alto, o risco de doença vascular cerebral, doenças coronarianas, insuficiência cardíaca congestiva e insuficiência renal crônica (WANG et al., 2006).

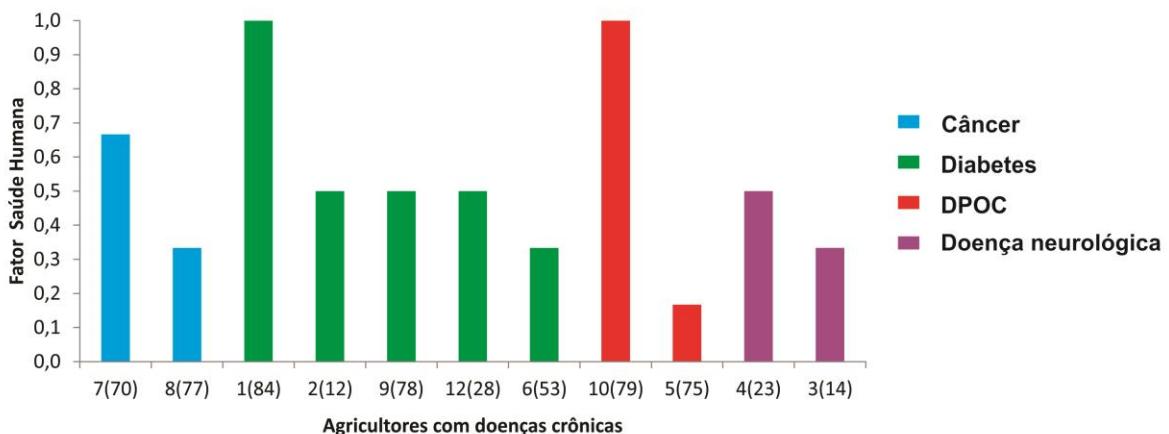
Com relação entre doenças do coração e a exposição a pesticidas, o relatório de Oregon cita a exposição a pesticidas organofosforados como potencial risco de doença arterial coronariana ligada e atividade da enzima paraoxonase (ZAMZILA et al., 2011).

4.1.4 Fator Saúde Humana para agricultores com doenças crônicas

Para avaliação de risco na saúde humana foram investigados sinais e sintomas relacionados com a atividade laboral nos agricultores e diagnóstico de doenças crônicas, sendo as seguintes doenças crônicas evidenciadas: DPOC, carcinoma, diabetes, e doenças neurológicas em 11 dos agricultores investigados. Observou-se que 5 agricultores eram diabéticos, 2 possuíam doença neurológica, 2 apresentaram DPOC e 2 com Câncer (intestino e pele).

A Figura 15 mostra os Fatores Saúde Humana - Fsh para agricultores com doenças crônicas, cujos sinais e sintomas resultaram em maiores valores para agricultores com diabetes e DPOC. Observou-se claramente disparidade entre os valores de Fsh para os agricultores estudados, principalmente ao considerar-se a mesma doença crônica.

Figura 15 - Fator Saúde Humana para agricultores com doenças crônicas, envolvendo sinais e sintomas.



Fonte: A autora.

As doenças crônicas não-transmissíveis constituem uma das principais causas de morte nos países desenvolvidos e nas grandes cidades brasileiras. Dentre essas doenças, estão as cardiovasculares, os cânceres, o diabetes mellitus, as doenças respiratórias crônicas (MARIATH,2007). A expressão "fator de risco" está ligado as doenças crônicas não-transmissíveis. Suas características são de etiologia multifatorial, em que são necessários estudos sobre os mecanismos etiológicos e fisiopatológicos para identificar seu surgimento e desenvolvimento, o que dificulta uma intervenção sistemática e coerente em nível de saúde pública. Os estudos epidemiológicos têm mostrado relação entre determinados fatores e determinadas patologias. Para Yanagi (2012), a remoção ou reversão da exposição a estes fatores implica na redução da mortalidade e/ou da prevalência e/ou o surgimento mais tardio das patologias.

Outros fatores podem estar associados à presença dos sintomas e sinais observados nos agricultores do Assentamento Natuba. A biomonitoração humana foi empregada para avaliar as possíveis contribuições dos elementos químicos para os quadros de saúde observados.

4.2 MONITORAÇÃO HUMANA COM BASE NOS ELEMENTOS

Os resultados das concentrações dos elementos químicos nos cabelos dos assentados de Natuba estão na Tabela 10, assim como a compilação das variáveis sexo,

idade e tempo de atividade. A ausência de valores de referência para o Estado de Pernambuco dificultou a avaliação das concentrações dos elementos químicos. Contudo, correlações foram estudadas para o tempo de atividade, o fator de saúde humana e as concentrações dos elementos químicos no cabelo dos agricultores (Figura 16).

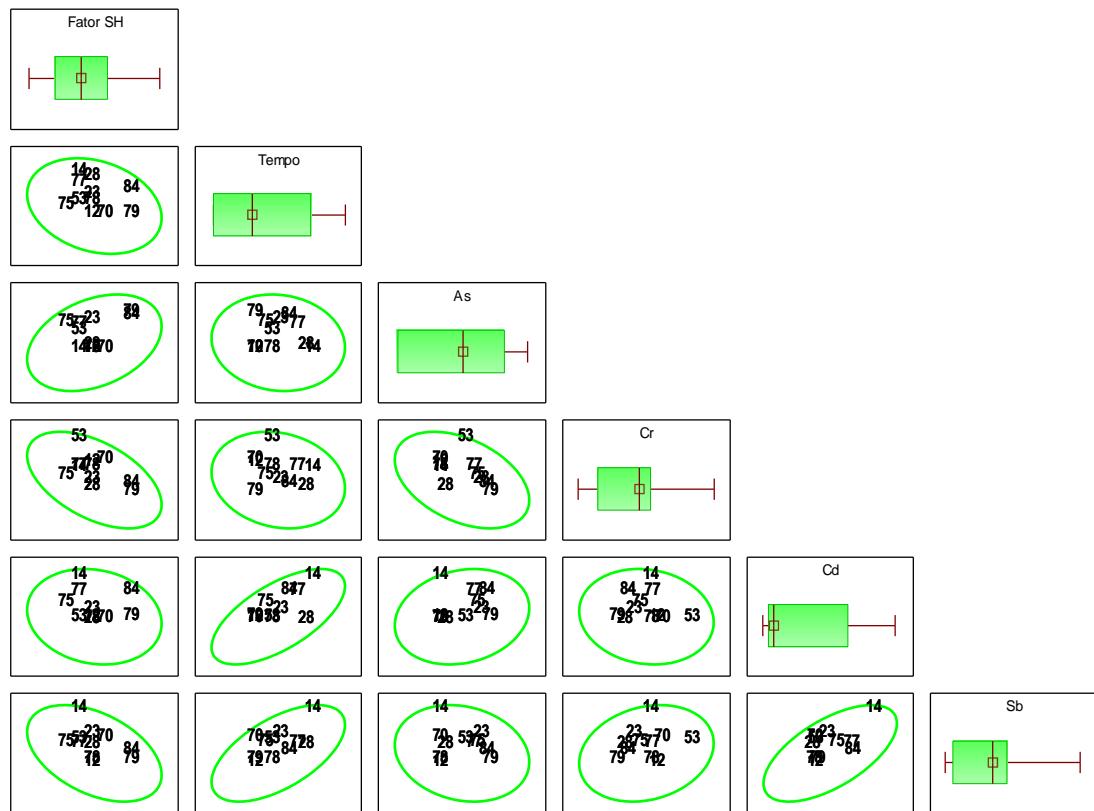
Tabela 10 – Concentrações de As, Cd, Cr e Sb em cabelos dos agricultores com doenças crônicas. Dados relativos a idade, sexo e tempo de atividades também foram compilados.

Doença	Agricultor	Idade (anos)	Sexo	Tempo de atividade (anos)	Concentração (mg kg ⁻¹)			
					As	Cd	Cr	Sb
Diabetes	2(12)	33	M	10	0,06	0,73	0,55	0,30
Câncer	7(70)	36	M	10	0,06	0,71	0,62	1,22
DPOC	10(79)	40	F	10	1,83	0,87	0,03	0,38
DPOC	5(75)	28	M	16	1,36	2,03	0,33	1,06
Diabetes	6(53)	39	M	20	0,95	0,74	1,01	1,14
Diabetes	9(78)	47	F	20	0,06	0,62	0,38	0,32
Neuro	4(23)	35	M	25	0,89	1,37	0,18	1,29
Diabetes	1(84)	45	M	30	1,29	2,38	0,08	0,52
Câncer	8(77)	52	F	35	0,55	2,56	0,32	0,93
Diabetes	12(28)	65	M	40	0,13	0,47	0,09	0,78
Neuro	3(14)	56	F	44	0,06	3,76	0,25	1,80

Fonte: A autora.

A matriz de gráficos de dispersão para as concentrações de elementos químicos, o tempo de atividade e o fator saúde de doença em agricultores do Assentamento estudado pode ser visualizada na Figura 16. Pelas elipses de predição e nível de 95% de confiança dos gráficos de dispersão, foram avaliadas as correlações entre os elementos químicos, pois quanto mais achatadas e inclinadas, as elipses, maiores são as correlações entre as variáveis.

Figura 16 - Matriz de gráficos de dispersão para os dados padronizados de concentrações de elementos químicos no cabelo e fator saúde humana. Elipses de predição em nível de 95% de confiança.



Fonte: A autora.

O fator saúde humana esteve levemente correlacionado com as concentrações de As no cabelo, diferentemente de cromo, cuja correlação levemente negativa foi observada (Figura 16). Fait et al. (2013) relatam que o homem está exposto a arsênio principalmente por via ambiental (contaminação atmosférica e hídrica) ou alimentar, pois grandes quantidades deste elemento químico são introduzidas no ambiente por meio de atividades industriais e agrícolas, como a utilização de herbicidas, inseticidas e algicidas, por exemplo. Os sinais e sintomas causados pelo arsênio diferem entre indivíduos, grupos populacionais e áreas geográficas, podendo variar desde lesões de pele, problemas respiratórios, doenças cardiovasculares e distúrbios neurológicos até vários tipos de câncer, como relata Hubaux (2011). Medições de concentrações de arsênio em urina, sangue, cabelo e unha podem ser usadas como indicadores de contaminação humana.

No estudo de Santos et al. (2013) na comunidade agrícola de Elesbão na Amazônia, foi realizada investigação clínica e laboratorial para exposição continuada ao arsênio, priorizando a monitoração das funções hepáticas e renal, como também problemas dermatológicos, por serem as primeiras manifestações clínicas. Atenção especial foi dada para a ocorrência de neoplasias na comunidade. Entretanto, não foi constatada durante a análise dos dados clínicos e laboratoriais, relação entre as patologias encontradas e a exposição ao arsênio.

Quando comparamos aos resultados da investigação clínica realizada em sete agricultores do Assentamento Natuba, que tiveram correlação positiva com arsênio e as patologias apresentadas, também não houve constatação. Os agricultores que participaram do estudo de monitoração de cabelo e apresentaram correlação significativa para este elemento, não apresentaram características clínicas e também não informaram durante a entrevista ser portadores de doenças hepáticas, renais, dermatológicas ou câncer. Estudos para verificação da presença do arsênio devem ser aprofundados em área agrícola, de acordo com Lakind (2011), pois a presença do contaminante em materiais biológicos, como urina, sangue ou cabelo apenas, não significa que o indivíduo esteja doente.

A tendência de correlação negativa entre o fator de saúde humana e as concentrações de Cr nos cabelos dos agricultores pode ser sinal de deficiência do elemento químico. De acordo com VIA (2017), paciente com Diabetes Melitus - DM apresentou menor quantidade de cromo corporal e maior necessidade deste elemento químico. Cromo exerce um papel importante no metabolismo da glicose, assim uma dieta deficiente desse mineral pode contribuir para desencadear e/ou agravar a doenças crônicas tipo Diabetes. Indivíduos portadores de doenças crônicas tipo Diabetes têm concentrações séricas de Cr significativamente menores que em pessoas sadias.

Aparentemente, a quantidade de anos trabalhados contribuiu positivamente para as concentrações de Cd e Sb nos cabelos dos agricultores. Segundo Lakins (2008), a quantificação de cádmio em cabelo é o indicador mais confiável de acumulação tecidual em qualquer parte do organismo, sendo o tempo de meia-vida no organismo de um a três anos, o que o torna tóxico, em face de sua acumulação. Por isso, é provável que os agricultores de Natuba estejam sofrendo com a contaminação da água e do solo por Cd.

Segundo Rath et al. (2003), as informações sobre a toxicidade do antimônio são limitadas e seu comportamento toxicológico e fisiológico dependem do estado de oxidação dos seus compostos. Apresenta tempo de meia vida biológica relativamente

curta em mamíferos, quando inalados permanecem 94 horas no organismo e quando ingeridos são excretados pelos rins nas primeiras 48 horas (GEBEL, 2017). Ainda, de acordo com Boech et al. (2013), não existe comprovação do efeito do antimônio em humanos, corroborando com a possível correlação negativa deste elemento com fator de doença. No ambiente, a presença de Sb pode estar associada a atividades antrópicas e naturais (KRACHLER et al., 2015).

4.3QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da análise da água consumida pela população do Assentamento Natuba, em que as amostras do poço, caixa d'água e torneira apresentaram contaminação por coliformes totais. No entanto, a população que é abastecida pela estatal recebe água de qualidade.

Tabela 11 - Análise microbiológica da água utilizada para consumo dos agricultores do Assentamento Natuba

Pontos de amostragem	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Bactérias heterotróficas
Poço	+	+	27 UFC/mL
Caixa d'água	+	-	54 UFC/mL
Torneira	+	+	82 UFC/mL
Estatal	-	-	115 UFC/mL

UFC = unidades formadoras de colônia

Fonte: A autora.

Os resultados de coliformes totais e *E. coli* não atendem aos requisitos da Portaria N° 2914, do Ministério da Saúde, de 11 de dezembro de 2011, mesmo tendo os resultados para as bactérias heterotróficas abaixo de 500 UFC/mL.

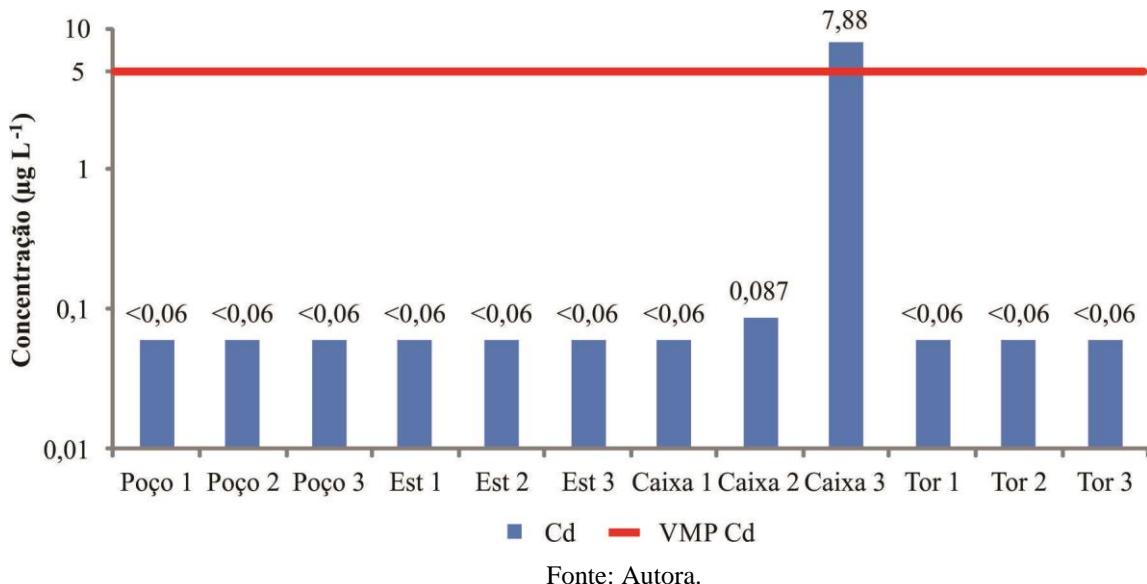
A presença de bactérias do grupo coliforme na água indica provável contaminação por fezes. Silva; Araújo (2003) encontraram grande quantidade de amostras contaminadas por coliformes em estudo da qualidade da água de manancial subterrâneo em áreas rurais de Feira de Santana, na Bahia, onde 90,8% das amostras foram positivas para coliformes totais e 65,8% mostraram-se positivas para *E. Coli*.

Colvara et al. (2009) ao avaliarem a contaminação em amostras de água subterrânea de poços artesianos no Rio Grande do Sul encontraram bactérias do grupo coliforme e por *E. coli*. O resultado encontrado no Assentamento é comparável aos outros dois estados, sendo relevante, pois a falta de qualidade da água para consumo humano tem sido diretamente associada às doenças de veiculação hídrica, como por exemplo, febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, apesar de todo avanço nas mais diversas áreas do conhecimento, ainda hoje se encontram no Brasil lugares sem saneamento básico, onde a população é abastecida por água contaminada, seja superficial ou subterrânea.

Na Figura 17 estão apresentadas as concentrações obtidas dos elementos químicos Cd em água para consumo humano. Nestas águas, as concentrações de antimônio mostraram-se inferiores aos valores estimados como referência pela Resolução CONAMA nº 396 e 357, respectivamente, para uso de águas.

Figura 17 - Concentração de Cd em águas para consumo humano. Est = estatal.

Tor = torneira. V M P = valor máximo permitido.



Segundo os valores normativos de qualidade de água potável de acordo com a CONAMA nº 357, o cádmio é o segundo elemento químico com menor concentração limitante de águas doces ($5 \mu\text{g L}^{-1}$), gerando preocupação quanto à sua disponibilidade e toxicidade para o Assentamento Natuba. Além disso, a utilização de insumos agrícolas e pesticidas pode disponibilizar este elemento químico para os agroecossistemas,

contaminando solos e águas, sendo fundamental a monitoração dos recursos hídricos para as comunidades de trabalhadores rurais.

Dentre as amostras analisadas (Figura 17), apenas duas amostras apresentaram concentrações de cádmio determináveis de $0,087 \mu\text{g L}^{-1}$ e $7,88 \mu\text{g L}^{-1}$, referentes à água amostrada na caixa d'água utilizada para o abastecimento das residências do Assentamento Natuba. As demais amostras apresentaram concentrações abaixo de $0,06 \mu\text{g L}^{-1}$, indicando padrão adequado da água potável.

As principais fontes de cádmio na água superficial são provenientes do intemperismo, erosão do solo, descargas atmosféricas diretas devido a operações industriais, vazamentos de aterros e locais contaminados e pelo uso de lodos de esgoto e fertilizantes na agricultura (UNEP, 2010). EFSA (2011) afirma que a presença de cádmio em água potável está associada às impurezas dos tubos galvanizados e soldas em acessórios, aquecedores e refrigeradores de água, torneiras e caixas d'água sem manutenção periódica. O cádmio encontrado na caixa d'água, repetição número 3, apresentou valor superior do permitido, podendo ter ocorrido suspensão do material do fundo da caixa. EFSA (2011) ainda afirma que a exposição por meio da ingestão de água se torna, relativamente, de pouca relevância em comparação com a exposição por meio do consumo de alimentos contaminados.

Todas as concentrações de antimônio apresentaram-se inferior a concentração mínima determinada de $0,03 \mu\text{g l}^{-1}$, mostrando-se dentro do valor de referência deste elemento químico estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396. Segundo Parron et al. (2011), antimônio pode ser transportado em rios e córregos por intemperismo do solo, uma vez que é um constituinte natural desta matriz e por fontes antropogênicas. Parron et al. (2011) ainda relatam que o Sb possui baixa ocorrência em ambientes aquáticos, corroborando com o resultado obtido para o Assentamento estudado.

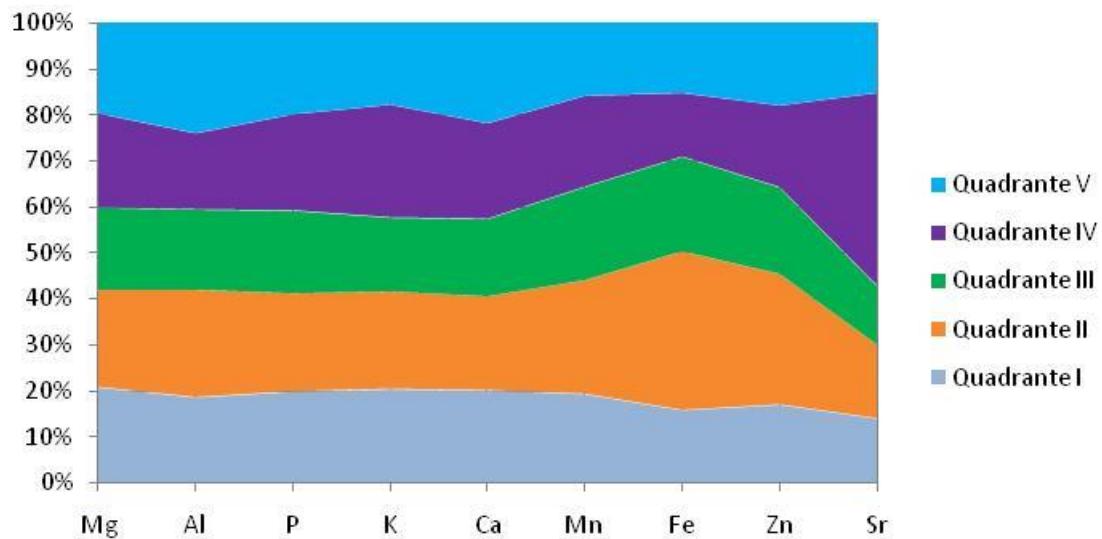
4.4 QUALIDADE ATMOSFÉRICA

Embora não tenham sido determinados Cd e Sb nos organismos biomonitoradores expostos no Assentamento Natuba, foi possível avaliar com a aplicação de EDXRF a qualidade atmosférica do assentamento, comparando-se com os valores basais de *T. recurvata*. No assentamento de Natuba, os agricultores estão expostos à poluição

atmosférica relacionada à queima de lixo do aterro a céu aberto, localizado às margens da BR-232, influenciando na deposição de material particulado nas residências e exposição dos indivíduos.

Os resultados obtidos foram normalizados a partir dos resultados das concentrações dos elementos químicos obtidos nas amostras de bromélias utilizadas como biomonitoras na área estudada. A Figura 18 mostra a distribuição dos fatores de enriquecimento nos quadrantes do Assentamento de Natuba para os elementos químicos Al, Ca, K, Fe, Mg, Mn, P, Sr e Zn passíveis de quantificação por EDXRF.

Figura 18 - Fator de enriquecimento dos elementos químicos Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, Sr, Zn encontrados nos quadrantes do Assentamento Natuba estudados.



Fonte: Autora.

A identificação de elementos químicos na atmosfera é um possível indicador de saúde ambiental, ajudando a mapear as fontes poluentes e seus tipos. De acordo com a análise do fator de enriquecimento dos elementos químicos, Fe e Zn apresentaram maiores concentrações no quadrante II do Assentamento Natuba, sendo este quadrante o mais próximo das fontes de poluentes primários (rodovia com alto fluxo de veículos e ao Aterro a céu aberto, que realiza queima de lixo). Os elementos químicos Fe e Zn podem estar associados à suspensão de particulados do solo, que sofre deposição da influência da combustão dos veículos (HABERMANN et al., 2011).

A atmosfera do Quadrante IV foi enriquecida para Sr, que associado ao fato de que Ca não foi enriquecido nesse quadrante, aponta para uma fonte pontual de Sr. Ao comparar as concentrações dos elementos químicos quantificados nas amostras de *T. recurvata* colocadas no Assentamento Natuba com as concentrações obtidas por meio da exposição de biomonitoras da mesma espécie na Região Metropolitana do Recife (RMR), analisadas por Santos (2016), observou-se que as concentrações máximas da RMR diferiram significativamente, indicando bons níveis de qualidade atmosférica para o Assentamento Natuba. Para K, os valores encontrados foram superiores aos determinados na RMR, provavelmente associados à utilização de queima de restos de vegetais para o manejo agrícola.

4.5 SOLO

Os resultados das concentrações médias e desvios-padrões dos elementos químicos para os solos coletados, estão na Tabela 12.

Tabela 12 – Concentrações médias e desvios-padrões (DP) em mg kg-1 dos elementos químicos para os solos dos quadrantes (Q) do Assentamento Natuba. n = 5. d = amostras em duplicata.

Q	Al		Br		Ca		Cd		Cu		Fe	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
I	74900	9410	14,4	3,13	9360	589	0,134	0,067	32,2	11,7	21600	2610
Id	90500	18100	10,2	5,15	7540	1330	0,107	0,043	17,2	8,62	19020	3590
II	66400	14400	16,8	4,47	10880	2580	0,222	0,115	25,2	12,4	19400	1760
IId	62900	3660	18,7	2,06	11600	1930	0,131	0,047	29,5	16,4	20000	1730
III	69500	6560	14,3	4,06	14500	4380	0,223	0,045	39,8	14,7	22015	4020
IIId	70700	6310	14,5	4,20	14700	4210	0,191	0,030	41,1	16,5	22700	3520
IV	72600	10410	13,2	2,28	10120	718	0,227	0,084	19,6	3,61	19500	2620
IVd	82500	7380	13,9	2,30	9610	1140	0,158	0,042	21,2	3,26	21400	1360
V	77000	3250	8,24	2,82	7660	364	0,122	0,047	14,5	2,7	20702	2240
Vd	80200	6960	9,02	3,37	7720	576	0,0967	0,016	15,6	2,4	22200	3180
Q	K		Mg		Mn		Ni		Pb		Sb	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
I	23040	3680	3240	662	645	102	15,2	2,95	38,5	5,12	0,365	0,212
Id	25400	5210	4600	512	522	213	16,2	1,95	43,5	9,45	0,315	0,12
II	26700	1280	4200	937	492	126	16,8	1,85	35,5	5,32	2,46	5,02
IId	27600	870	4700	822	573	195	19,5	2,65	33,8	5,32	0,402	0,435
III	24300	3160	5200	985	792	145	16,5	1,85	31,2	3,25	3,15	5,95
IIId	24300	3920	5140	1038	712	132	17,5	1,85	30,5	2,45	0,31	0,14
IV	27700	1440	4400	1026	655	162	16,2	0,662	32,3	327	3,42	6,35
IVd	29200	618	5500	668	663	112	15,5	1,82	36,1	2,51	0,438	0,335

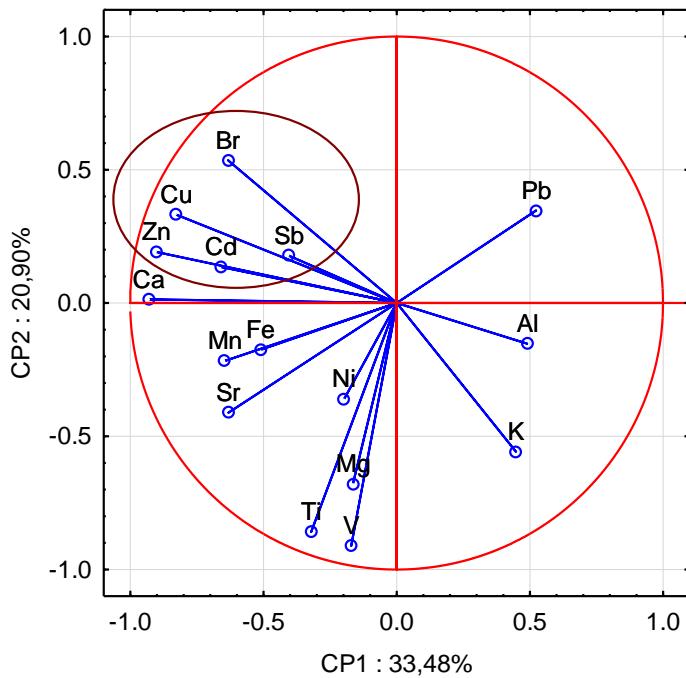
V	28700	645	5300	592	462	75	17,4	1,95	36,5	3,35	0,274	0,142
Vd	28400	1180	5600	968	542	183	19,5	2,95	37,5	3,12	0,212	0,212
Si Sr Ti V Zn												
Q	Média	DP										
I	292000	18700	265	38,5	3780	242	161	15,3	111	24,5		
Id	301800	25800	245	59,8	3810	695	155	42,5	52,2	14,5		
II	313000	15900	295	34,5	3820	185	162	13,5	111	32,5		
IId	317000	14700	295	31,2	3920	225	175	11,2	115	54,5		
III	285000	19700	315	37,2	4270	282	185	24,5	135	45,5		
IIId	277000	13030	322	45,2	4360	182	185	13,2	126	46,5		
IV	290000	14800	275	19,2	4110	272	175	23,5	95	18		
IVd	279000	4290	275	26,4	4400	252	185	17,5	95	8,5		
V	298000	7530	285	15,2	4220	255	185	10,5	62,5	16,5		
Vd	300000	3710	285	21,5	4170	285	195	23,3	58,5	23,5		

Fonte: A autora.

Os resultados obtidos encontram-se dentro das faixas recomendadas pela Resolução CONAMA nº 420/2009 para Cu (valor preventivo – VMP = 200 mg kg⁻¹) Ni (VMP = 70 mg kg⁻¹), Pb (VMP = 180 mg kg⁻¹), Sb (VMP = 5 mg kg⁻¹) e Zn (VMP = 450 mg kg⁻¹) em solos agrícolas. Embora não exista valor de referência de qualidade para K, suas concentrações foram bastante elevadas, indicando fonte antropogênica, uma vez que os solos pernambucanos naturais possuem baixas concentrações de K (SILVA NETO, 2015; SILVA, 2016).

A Análise por Componentes Principais (PCA) (Figura 19) foi empregada para verificar as correlações entre os elementos químicos por meio das componentes principais 1 e 2. Como resultado da PCA, a Componente Principal 1 explicou 33,48% e a Componente Principal 2, 20,90% da variância total. Esta PCA demonstra a associação entre os elementos químicos quantificados nos solos dos quadrantes estudados.

Figura 19 - Agrupamentos das variáveis a partir da Análise por Componentes Principais 1 e 2.



Fonte: A autora

Nos solos, Fe mostrou-se correlacionado com Mn e Sr, indicando que estes elementos químicos podem estar associados aos oxi-hidróxidos de Fe. Os elementos químicos Pb, Al e K apresentaram os comportamentos mais distintos devido a ausência de correlação com os demais elementos químicos, provavelmente associados com o manejo dos solos agrícolas (fertilizantes químicos e calagem) (MORAES, 2010). Os elementos químicos Pb e Al, quando associados significativamente aos elementos presentes nos fertilizantes, sugerem ser de fontes o ar atmosférico, pesticidas, calagens, adubos químicos minerais e orgânicos, resíduos de agroindústria, resíduos industriais EMBRAPA (2016). Todas essas fontes estão presentes no entorno do Assentamento de Natuba.

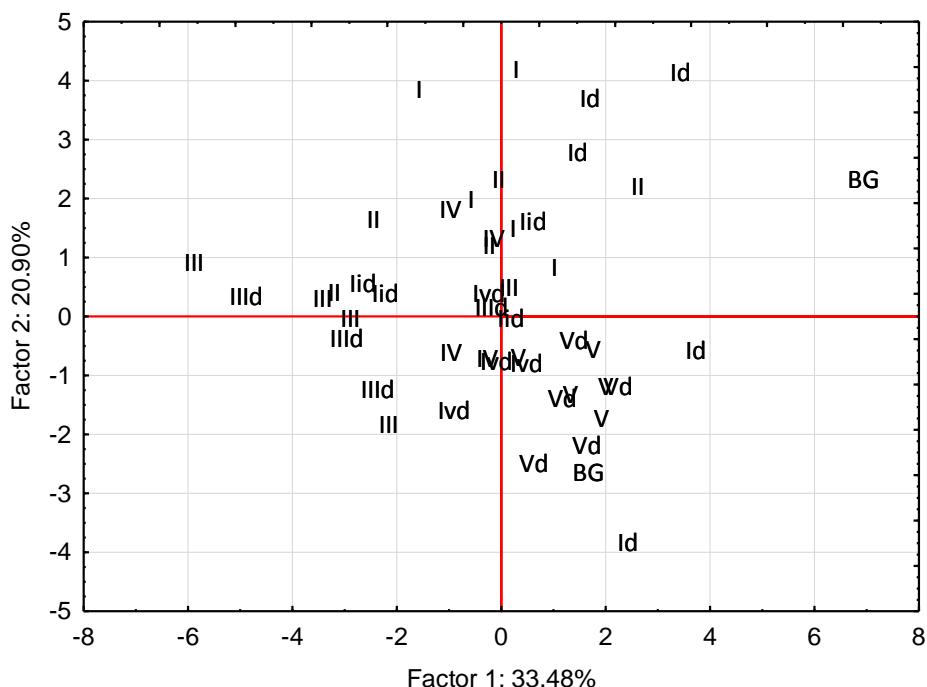
O segundo grupo de elementos químicos está associado com Ti, V, Mg e fracamente com Ni. De acordo com Leitão (2005), Ti é utilizado na fabricação de freios automobilístico.

O terceiro grupo de elementos químicos correlacionados pela PCA é referente aos elementos Zn, Cu, Br, Cd e mais fracamente Sb (Figura 19). O grupo formado observado por meio da PCA pode sugerir uma possível contaminação de solo, devido à associação entre elementos químicos tóxicos. A associação entre os elementos químicos

Br e Ca pode ser devido a insumos agrícolas como calcários para a correção da acidez dos solos. Bromo é utilizado na forma de brometo de metila como fumegantes no controle de pragas, podendo ser encontrado nos solos do assentamento (OLIVEIRA et al., 2011; RAFAAT et al., 2015).

A Figura 20 mostra a distribuição dos solos dos quadrantes investigados quanto aos resultados da PCA, trazendo um ganho significativo de informações sobre os solos agrícolas do assentamento. Proporciona uma estimativa do grau de suscetibilidade aos impactos antropogênicos e naturais dos elementos químicos estudados para a realização de zoneamentos ambientais, agrícolas e saúde humana. Algumas amostras do quadrante I se diferenciaram dos demais resultados, assim como uma das amostras de BG (área sem influência da agricultura). Considerando que os resultados de BG sejam os mais naturais, o quadrante V parece ser o menos contaminado, o que abre perspectivas para novos estudos. Uma vez que os solos são bastante removidos e revirados, acredita-se que o tipo de solo não seja o principal motivo para o agrupamento e sim o impacto da agricultura na qualidade dos solos do Assentamento Natuba.

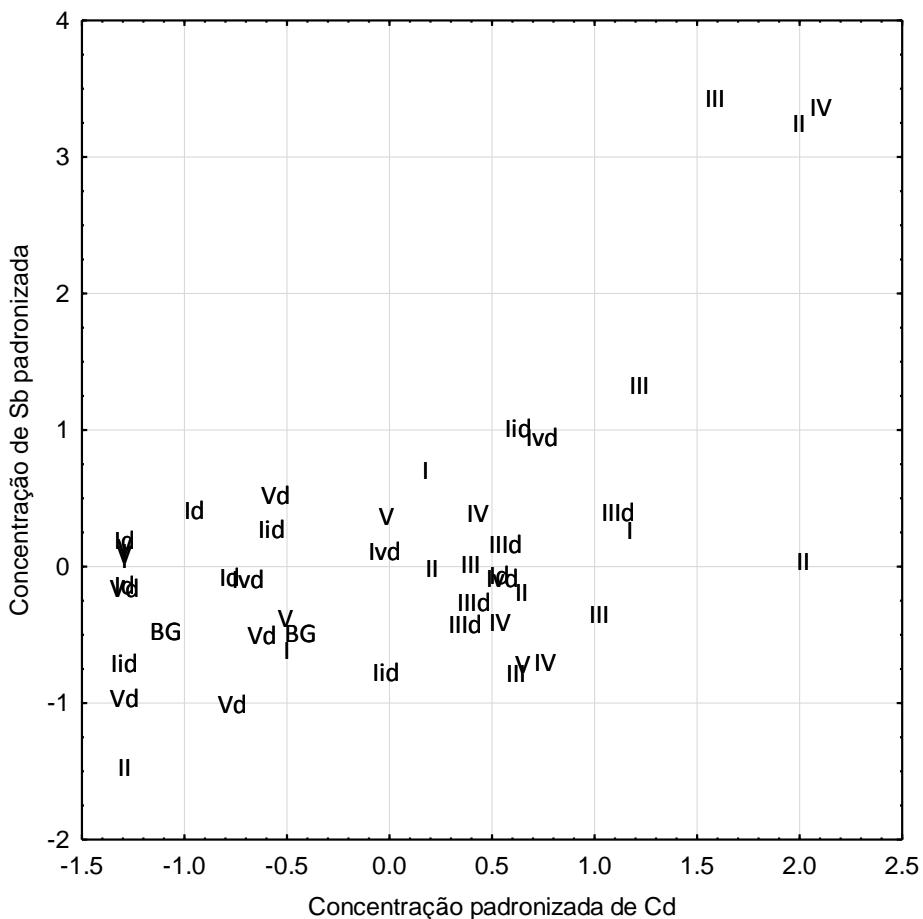
Figura 20 - Perfil de distribuição das concentrações dos elementos químicos dos solos do Assentamento Natuba



Fonte: A autora.

A Figura 21 mostra a relação entre Cd e Sb (concentrações padronizadas) nos solos dos quadrantes do assentamento, pois esses elementos químicos foram também correlacionados no PCA e nos cabelos. Cádmio esteve presente em alta concentração em um ponto de abastecimento de água do Assentamento Natuba. Até o momento, não havia sido identificada fonte de contaminação de Sb, que explicasse as concentrações medidas no cabelo dos agricultores. Contudo, é possível que o solo deva ser considerado como fonte antropogênica desses elementos químicos para os agricultores do Assentamento, pois foram observados pontos fora de controle para algumas amostras dos quadrantes II, III e IV. De acordo com a Embrapa (2006), Cd e Sb não devem estar presentes nos fertilizantes químicos, contudo, pode haver contaminação dos insumos agrícolas utilizados no Assentamento Natuba.

Figura 21 - Concentrações padronizadas de Cd e Sb nos solos do Assentamento Natuba



Fonte: A autora.

Com relação ao cádmio, as fontes de poluição são a incineração de lixo e a fabricação de fertilizantes fosfatados. De acordo com Cubadda (2010), cádmio tem alto potencial tóxico e chega aos organismos vivos por meio da cadeia alimentar, passando da atmosfera para o solo, água, vegetação e, posteriormente, para animais e humanos. Outra forma de exposição a este elemento químico é a aplicação de fertilizantes em solos agrícolas quando o agricultor entra em contato com a poeira do solo.

Para Cubadda (2010), antimônio e cádmio são encontrados na natureza de forma natural e também de forma antrópica por meio da incineração de lixo, como observado na área do Assentamento analisado, no qual existe um aterro a céu aberto com queimas constantes de resíduos sólidos não tratados.

5 CONCLUSÕES

O trabalho identificou impactos dos elementos químicos na saúde dos trabalhadores rurais do Assentamento Natuba, associando com fontes oriundas da água, atmosfera e solo. Este resultado pode ser considerado um ponto de partida para a monitoração destas matrizes e, consequentemente, implementação de monitoração contínua ambiental e inquéritos de saúde para a redução de riscos diretos e indiretos na saúde pública. Para Soareas (2017), as medidas envolvendo mudanças estruturais podem ser a busca da sociedade por alimentos mais saudáveis, mudança na tecnologia de produção, programas de vigilância epidemiológica, educação em saúde, educação continuada e acompanhamento do risco ocupacional para trabalhadores agrícolas.

A introdução de discussões oriundas da área ambiental no campo da saúde pode ser indutora de mudanças estruturais nas tecnologias produtivas, ou de comando-controle para situações, em que a saúde pública reconheça a existência de riscos mais graves para a população. Neste último caso, o acompanhamento das matrizes humanas e ambientais foi determinante para o sucesso da pesquisa científica.

A pesquisa também trouxe ineditismo ao estudar as características de saúde de uma população de agricultores familiares, a área ambiental de moradia e de atividade laboral e a distribuição de elementos químicos nos recursos naturais utilizados pela população do Assentamento Natuba (água, ar e solo).

As correlações encontradas entre fatores de saúde humana, biomonitoração humana e atmosférica, controle de qualidade da água e análise de qualidade ambiental de solos foram bastante enriquecedoras para a definição da importância dos estudos envolvendo elementos químicos como Cd e Sb.

Para atingir o desenvolvimento sustentável, é evidente a necessidade de garantia da qualidade ambiental e da saúde humana dos agricultores familiares de assentamentos como o de Natuba.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M.; RANJBAR, A.; SHADNIA, S., NIKA FAR, S., REZAIE, A. Pesticides and oxidative stress: a review. **Med. Sci. Monit.**, v. 10, n. 6, p. 141–147, 2004.
- AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C. F. L. Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vasculo encefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais. **São Paulo Medical Journal**, v. 132, 2014.
- AMARAL, A. F. S. Essential and non-essential trace elements in scalp hair of men chronically exposed to volcanogenic metals in the Azores, Portugal. **Environment International**, v. 34, p. 1104-1108, 2008.
- ANTUNES, S. C.; DUARTE, A. C.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, R. Análise de cabelos: a impressão digital ambiental. **CAPTAR**, v. 1, p. 136-146, 2009.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 20. ed. Washington DC, 2012.
- ATSDR - The Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Summary Report - Hair analysis panel discussion: exploring the state of the science. **Division of Health Assessment and Consultation and Division of Health Education and Promotion**: Atlanta, Georgia, 2001.
- AVANZI, J.C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 427-434, 2009.

BABA, A.; TAYFUR, G.; GÜNDÜZ, O.; HOWARD, K.; FRIEDEL, M.; CHAMBEL, A. Classification of groundwater quality based on variability of hydrogeochemical environment. In: Climate Change and its Effects on Water Resources: Issues of National and Global Security, NATO. **Science for Peace and Security Series C: Environmental Security**, v. 3, p. 247-257, 2017.

BACIU, T.; BORRULL, F.; AQUILAR, C.; CALULL, M. Recent trends in analytical methods and separation techniques for drugs of abuse in hair. **Analytica Chimica Acta**, v. 856, p. 1-26, 2015.

BEN-NOUN, L.; LAOR, A. Relationship of neck circumference to cardiovascular risk factors. **Obes Res.**, v. 1, P. 226-31, 2003.

BLUME, K. K.; COSTA, M. G.; CASSANEGO, M. B. B.; DROSTE, A. Genotoxicidade do ar em área urbana na região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, p. 158-163, 2014.

BOECH, C. L.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; STEUDLER, P. A.; MELILLO, J. M.; BRITO, M. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with fermented Bokashi compost. **Acta Sci. Agron**, v. 35, p. 257-264, 2013.

BRAGA, R. A. P. **Projeto Recuperação e Conservação de matas Ciliares e de Nascentes na Bacia do Capibaribe**, Recife - PE, 2012.

BRANDÃO, S. V. **Arranjo produtivo agrícola em natuba - Vitória de Santo Antão/PE: análise de potencialidades e fatores de risco para a sustentabilidade do desenvolvimento local**. 2013. Dissertação: Mestrado em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável, Universidade de Pernambuco, Recife.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, P. 1-292, 1988.

BRASIL. **Lei da agricultura familiar**, 2006 (Lei n.11.326 de 24 de julho de 2006).

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Acelerar a inclusão produtiva**: novo ciclo de investimentos e as oportunidades de superação das desigualdades sociais e regionais, p. 1-32, 2010.

BRASIL. **Portaria 2.914 de 2011**: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

BRITO, L. T. L.; AMORIM, M. C. C.; LEITE, W. M. Qualidade de água para consumo humano. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina, p. 16, 2007.

CAETANO, L. C. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, A. F. S.; GUARÇONI, R. C. Effect of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and fruit quality of pineapple 'Vitoria'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 883-890, 2013.

CARDINALE, B. J.; DUFFY, E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G. N., TILMA, D., WARDLE, D. A.; DAILY, A. P. K. G. C; LOREAU, M.; GRACE, J. B.; LARIGAUDERIE, A.; SRIVASTAVA, D. S.; NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, p. 59-67, 2012.

CARNEIRO, M. T. W. D.; SILVEIRA, C. L. P.; MIEKELEY, N.; FORTES, L. M. C. Reference intervals for minor and trace elements in human hair for the population of Rio de Janeiro city, Brazil. **Quimica Nova**, v. 25, p. 37-45, 2002.

CAROLI, S.; ALIMONTI, E. C.; PETRUCCI, O. S.; SENOFONTE, E. O.; VIOLANTE, N. The Assessment of Reference Values for Elements in Human Biological Tissues and Fluids - a Systematic Review. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 24, p. 363-398, 1994.

CARRERAS, H. A.; RODRIGUEZ, J. H.; GONZALEZ, C. M.; WANNAZ, E. D.; FERREYRA, F. G.; PERES, C. A.; PIGNATA, M. L. Assessment of the relationship between total suspended particles and the response of two biological indicators transplanted to an urban area in central Argentina. **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 2944-2949, 2009.

CARVALHO, A. S. C.; SANTOS, A. S.; PEREIRA, F. P. P.; ALVES, C. N. Levels of As, Cd, Pb and Hg Found in the Hair from People Living in Altamira, Para, Brazil: Environmental Implications in the Belo Monte Area. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, p. 1153-1163, 2009.

CAZELLA, A. A.; BONNAL, P.; MALUF R. S. **Agricultura familiar: multifuncionalidade e desenvolvimento territorial no Brasil**. Rio de Janeiro: Mauad X, 2009.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Agricultural Safety. Atlanta: CDC, 20 maio 2011.

CHENG, T. P. et al. The analysis of human nails for 24 elements via Ko and cyclic neutron activation analysis. **Instruments and Methods in Physics Research**, v. 353, p. 457-460, 2014.

CHITTEBOROUGH, G. Chemists View of the Analysis of Human-Hair for Trace-Elements. **Science of the Total Environment**, v. 14, p. 53-75, 1980.

COLVARA, J. G.; LIMA, A.S.; SILVA, W.P. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul**. Braz J Food Technol 2009; 2:11-4.

CONAMA. **Resolução 357, de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasilia, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CONAMA. **Resolução Nº 396, de 3 de abril de 2008**. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Ministério do Meio Ambiente, 2008.

CONAMA, Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas”; publicada no Diário Oficial da União em 30/12/2009; Brasília, DF.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 2009.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL. **Lula sanciona Lei da Mata Atlântica,** Brasília 22 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.conservation.org/global/brasil/noticias/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 24 nov 2016.

CUBADDA F.; CIARDULLO, S.; D'AMATO, M.; RAGGI, A.; AURELI, F.; CARCEA, M. Arsenic Contamination of the Environment-Food Chain: A Survey on Wheat as a Test Plant To Investigate Phytoavailable Arsenic in Italian Agricultural Soils and as a Source of Inorganic Arsenic in the Diet. **J. Agric. Food Chem.** 2010, 58, pp. 10176–10183.

DAGENAIS, G. R.; YI, Q.; MANN, J. F.; BOSCH, J.; POGUE, J.; YUSUF, S. Prognostic impact of body weight and abdominal obesity in women and men with cardiovascular disease. **Am Heart J.** v, 49, p. 54-60, 2005.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estud. Av. São Paulo**, v. 30, p. 83-97, 2016.

DE SOUZA, A. Evaluation of the impact of exposure to pesticides on the health of the rural population: Vale do Taquari, State of Rio Grande do Sul (Brazil). **Cien. Saúde Colet.**, v. 16, p. 3519–3528, 2011.

DEL RIO, M. et al. Heavy metals and arsenic uptake by wild vegetation in the Guadiamar river area after the toxic spill of the Aznalcóllar mine. **J. Biotech**, v. 98, n. 1, p. 125-137, 2002.

DISCOVER LIFE. *Tillandsia recurvata* world map. Disponível em: <http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Tillandsia+recurvata>>. Acesso em: 03 de abril de 2017.

DIETER, H. H.; BAYER, T. A.; MULTHAUP, G. Environmental copper and manganese in the pathophysiology of neurologic diseases (Alzheimer's disease and Manganism). **Acta Hydroch. Hydrob.**, v. 33, p. 72–78, 2005.

EFSA. **Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain - Cadmium in food.** The EFSA Journal 980, 1-139, 2009.

ELLISON, S. L. R.; WILLIAMS, A. EURACHEM / CITAC Guide CG 4 - Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/formacao-do-solo>. Acesso em: 16 de novembro de 2016.

FAIT, A.; ANGELOVICI, R.; LESS, H.; OHAD, I.; URBANCZYK-WOCHNIAK, E.; FERNIE, A.R.; GALILI, G. **Arabidopsis seed development and germination is associated with temporally distinct metabolic switches.** Plant Physiol 142 839–854, 2006.

FERNÁNDEZ, Z. H.; DOS SANTOS JÚNIOR, J. A.; AMARAL, R. S; ALVAREZ, J. R. E.; SILVA, E. B.; FRANÇA, E. J.; MENEZES, R. S. C.; FARÍAS, E. E. G.; SANTOS, J. M. N. EDXRF as an alternative method for multielement analysis of tropical soils and sediments. Environ Monit. Asses., v. 189, 2017.

FRISCH, M.; SCHWARTZ, B. S. The pitfalls of hair analysis for toxicants in clinical practice: Three case reports. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, p. 433-436, 2002.

FRANÇA, E. J.; CAMILLI, L.; DE NADAI FERNANDES, E. A.; ELIAS, C.; RODRIGUES, V. S.; CAVALCA, I. P. O.; FONSECA, F.Y.; BARDINI JUNIOR, C. Atmospheric chemical element pollution in an urban water-associated environment. **International Journal of Environment and Health**, v. 5, p. 148-162, 2011.

FRIZON, V.; BOSCAINI, C. Circunferência do Pescoço, Fatores de Risco para Doenças Cardiovasculares e Consumo Alimentar. **Rev Bras Cardiol**, v. 26, p. 426-34, 2013.

GARCIA, R. C. **Efetivação de direitos, novas institucionalidades e exigências de coordenação: o caso da inclusão produtiva**, 2011.

GEBEL, T.; **Chem.-Biol. Interact.** 2017, 107, 131.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S; PELLEGRINI, J. B. R. Qualidade de água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, 2005.

GONZALEZ B. A.; HARTGE P.; CERHAN J. R.; FLINT A. J.; HANNAN L.; MACINNIS, R. Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. **N Engl J Med.** V, 363, p. 2211-9, 2011.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia – Adaptando o Trabalho ao Homem**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1998.

GUÉRIN, I. **Sociologia Econômica e Relações de Gênero**. In: Trabalho e Cidadania Ativa para as Mulheres: Desafios para as Políticas Públicas. EMÍLIO, Marli (Org.) et al. São Paulo: Coordenadoria Especial da Mulher, 2003.

GUO, L. B.; WANG, M. B.; GIFFORD, R. The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation. **Plant and Soil**, v. 299, p. 251-262, 2007.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 14, p. 120-130, 2011.

HELPAND, S. M.; MOREIRA, A. R.; BRESNYAN, E. W. **Agricultural Productivity and Family Farms in Brazil: Creating Opportunities and Closing Gaps**. Paper prepared for the World Bank Sustainable Development Department Brazil Country Management Unit Latin America and the Caribbean Region, 2015.

HELPAND, S. M.; PEREIRA, V. F. Determinants of Rural Poverty and Implications for Public Policy in Brazil" in Portuguese in **A Nova Cara da Pobreza Rural no Brasil**:

Transformações, Perfil e Desafios para as Políticas Públicas. **Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture**, 2012.

HERRERO, E.; ANDRADES, M. S.; MARTIN, A. A.; JUAN, P.; CRUZ, M. S. R.; MARTIN, M. J. S. Occurrence of pesticides and some of their degradation products in waters in a Spanish wine region. **Journal of Hydrology**, v. 486, p. 234-245, 2013.

HOSHINO, A. C. H.; PACHECO, F. H.; TAGUCHI, C. K.; TOMITA, S.; MIRANDA, M. F. A auto-percepção da saúde auditiva e vestibular de trabalhadores expostos a organofosforados. **Rev. CEFAC**, v. 11, p. 681-87. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151618462009000800017&lng=en>. Acesso em 02 de abril de 2016.

HUBAUX, R. Epigenetic **Therapy of Lung Cancers: Anti-tumoral effect of valproate on small cell lung cancer**. Tese (Doutorado). Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, Université de Liège. Gembloux, Belgique, 2011, 112p.

IEMA. **Instituo de Energia e Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/2015/08/qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2017.

IGNOTTI, E.; VALENTE, J. G.; LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; HACON, S. S., NETTO, P. A. Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region. **Rev Saude Publica**, v. 44, p. 121-30, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf> Acesso em: 15 jun. 2015.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Agriculture; plantations; other rural sectors**. Disponível em: <<http://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/agriculture-plantations-other-rural-sectors/lang--en/index.htm>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.

ISO 13528:2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

JACKSON, L. E.; PULLEMAN, M. M.; BRUSSAARD, L. Social-ecological and regional adaptation of agrobiodiversity management across a global set of research regions. **Global environmental change**, v. 22, p. 623-639, 2012.

KAFAYATULLAH, Q.; SHAH, M. T.; IRFAN, M. Biogeochemical and environmental study of the chromite-rich ultramafic terrain of Malakand area, Pakistan. **Environ. Geol.**, v. 40, p. 11 – 12, 1482-1486, 2001.

KATSIKINI, M.; PINAKIDOU, F.; MAVROMATI, E. Fe distribution and speciation in human nails. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v. 268, p. 420-424, 2010.

KEMPSON, I.; LOMBI, E. Hair analysis as biomotor for toxicology, disease and health status. **The Royal Society of Chemistry**, v. 40, p. 3915-3940, 2011.

KERSTEN, R. A. Epífitas vasculares - Histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica. **Hoehnea**, v. 37, p. 9-38, 2010.

KHAN, K.; LU, Y.; KHAN, H.; ISHTIAQ, M.; KHAN, S. Heavy metals in agricultural soils and crops and heir health risks in Swat District, northern Pakistan. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, p. 1820-1827, 2013.

KHAN, S.; FAROOQ, R.; SHAHBAZ, S. Soil and vegetables enrichment with heavy metals from geological sources in Gilgit, northern Pakistan. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 7, p. 1820-1827, 2010.

KRACHLER, M.; EMONS, H. Atmospheric deposition of V, Cr, and Ni since the Late Glacial: effects of climatic cycles, human impacts, and comparison with crustal abundances. **J. Anal. At. Spectrom.** 2015, 16, 20.

KRUSE-JARRES, J. D. Limited usefulness of essential trace element analyses in hair. **Clinical Note**, v. 3, p. 8-10, 2000.

KUCERA, J.; BENCKO, V.; TEJRAL, J.; BORSKA, L. Biomonitoring of occupational exposure: Neutron activation determination of selected metals in the body tissue and

fluids of workers manufacturing stainless steel vessels. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 259, p. 7-11, 2014.

LAKIND, J. S.; NAIMAN, D. Q. Daily intake of bisphenol A and potential sources of exposure: 2005-2006 National Health and Nutrition Examination Survey. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 21, p. 272-279, 2011.

LEITÃO, T. E. Impact of road runoff in soil and groundwater. Synthesis of Portuguese and other European case-studies. In **The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources**, v. 21, p. 55-62, 2005.

LIMA, E.; SILVA, C. Cabelo como Matriz Analítica Alternativa para a determinação de drogas de abuso. **Newslab**, v. 82, p. 156-168, 2007.

MACHADO, A. C. Z.; DORIGO, O. F.; MATTEI, D. First report of the root knot nematode, *Meloidogyne inornata*, on common bean in Paraná State, Brazil. **Plant Disease**, v. 431, p. 1-97, 2013.

MANAHAN, S. E. **Fundamentals of Environmental chemistry: The atmosphere and atmospheric chemistry**, 2001.

MANETTI, L. M.; DELAPORTE, R. H.; LAVERDE, J. R., A. Metabólitos secundários da família bromeliaceae. **Química Nova**, v. 32, 2009.

MARENGONI, N. G.; MOTA, F. L. S. Physical and chemical quality of water in closed recirculation system during the cultivation of Nile Tilapia juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 927-934, 2013.

MARIATH, A. B.; GRILLO, L. P.; SILVA, R. O. Obesidade e fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis entre usuários de unidade de alimentação e nutrição. **Caderno Saúde Pública**, v. 23, p. 897-905, 2007.

MARQUES, J.; FRAGA, J.; org. **Ecologia Humana e Agroecologia**. Paulo Afonso: Editora SABEH, 2016.

MENEZES, J. B. **Levantamento das bases de dados da bacia do rio Natuba – PE**: estudo de caso da pedologia, geomorfologia e cobertura vegetal. PROGRAMA DE PÓS-

GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGEO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE, 2010.

MERLO, C.; ABRIL, A.; AMÉ, M. V.; ARGUELLO, G. A. Integral assessment of pollution in the Suquía River (Córdoba, Argentina) as a contribution to lotic ecosystem restoration programs. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 5034-5045, 2011.

MIA, I. The Brazil **Competitiveness Report**. World Economic Forum: Geneva, 2009.

MILARÉ, É. **Direito do Ambiente: doutrina – prática – jurisprudência – glossário**. 2^a ed. S. Paulo: RT, 2001.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H. & LIBARDI, P.L. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja**. Bragantia, 54:393-403, 2010.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. The role of environmental pollution of pesticides in human diabetes. **Int. J. Pharmacol.**, v. 8, p. 139–140, 2012.

MOHAMMED, N.; K.;MIZERA,J.;SPYROU,N,M Elemental Contents in hair of children in Tanzania as bio-indicator of the nutritional status **J. Radioanal . Nucl. Chem.**, v.26, n.1, p. 125128, 2007.

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

NETO, M.V.B.; SILVA, C. B. Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Natuba, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 961-973, 2012.

NORDBERG, G.; GIN, T.; BERNARD, A.; FIERENS, S. Low bone density and renal dysfunction following environmental cadmium exposure in China. **Ambio**, v. 31, p. 478-481, 2002.

NOWAK B, KOZLOWSKI, H. Heavy metals in human hair and teeth - The correlation with metal concentration in the environment. **Biological Trace Element Research**, v. 62, 213-228, 1998.

OLIVEIRA, B. O. S.; TUCCI, C. A. F.; JÚNIOR, A. F. N.; SANTOS, A. A. **Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas.** Engenharia sanitária e ambiental, V. 21, N. 3, P. 593-601, 2011.

OLIVEIRA, C. R. **Qualidade da água e conservação de nascentes em assentamento rural na mata pernambucana.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2014.

PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, C.M.. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PIAZZETTA, K. D. **Avaliação do potencial de Tillandsia recurvata (L.) L., Bromeliaceae, como bioindicadora da poluição atmosférica urbana.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PONTES, S. P. B. **Avaliação do monitoramento de resíduos de agrotóxicos em hortifrutícolas comercializados em Pernambuco: aspectos de segurança alimentar e ambiental.** 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável) – Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco, Recife, 2011.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, p. 17-31, 2012.

POZEBON, D.; DRESSLER, V. L.; CURTIUS, A. J. Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. **Química nova**, v. 22, p. 838-846, 1999.

PRAGST, F.; BALIKOVA, M. A. State of the art in hair analysis for detection of drug and alcohol abuse. **Clinica Chimica Acta**, v. 370, p. 17-49, 2006.

PREIS, S. R.; MASSARO, J. M.; HOFFMANN, U. L. Neck circumference as a novel measure of cardiometabolic risk: the Framingham Heart Study. **J Clin Endocrinol Metab.**, v.8, p. 3701-10, 2010.

PRIYA, M. D. L.; GEETHA, A. Level of trace elements (copper, zinc, magnesium and selenium) and toxic (lead and mercury) in the hair and nail of children with autism. **Biological Trace Element Research**, v. 142, p. 148- 158, 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. 2006.

OPAS. Organização Pan – Americana da Saúde (2017). **Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=381:populacoes-expostas-a-poluentes-atmosfericos&Itemid=768. Acesso em 20 de abril de 2017.

RAAFAT, A. I., EID, M., EL-ARNAOUTY, M. B., Radiation synthesis of superabsorbent CMC based hydrogels for agriculture applications. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B**, v. 283, p. 71-76, Egypt, 2015.

RATH, S.; JARDIM, W. F.; DÓREA, J. G.; FRESENIUS' **J. Anal.Chem.** 1997, 358, 548.

RECINAS, S. M.; GUZMÁN, J. M. Temperature and water requirements for germination and effects of discontinuous hydration on germinated seed survival in *Tillandsia recurvata* L. **Plant Ecology**, v. 213, p. 1069-1079, 2012.

RODRIGUES, J. E. C. **Uso de agrotóxicos e seu impacto na saúde do trabalhador rural no Município de Vitória de Santo Antão – PE: um estudo de caso**. 2006.

RODUSHKIN, I.; AXELSSON, M. D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. **Science of the Total Environment**, v. 250, p. 83-100, 2000.

SABER-TEHRANI, M. E.; TADAYON, F. Endogenous and exogenous elemental speciation in human hair by various washing procedures and determination by flame and electrothermal atomic absorption spectrometry. **Asian Journal of Chemistry**, v. 21, p. 3660-3670, 2010.

SANTANA, V.; MOURA, M. C. P.; FERREIRA, F. Acidentes de trabalho devido à intoxicação por agrotóxicos entre trabalhadores da agropecuária 2000-2011. **Boletim epidemiológico dos acidentes do trabalho**, v. 2, p. 1-6, 2012.

SANTOS, L. L.; LACERDA, J. J. J; ZINN, Y. L. **Participação de substâncias húmicas em solos brasileiros.** R. Bras. Ci. Solo, 37:955-968, 2013.

SANTOS, T.O. **Biomonitoração da Qualidade do Ar Na Região Metropolitana do Recife.** Tese de doutorado, UFPE, p. 57-57, 2016.

SBEM. Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia. **Números da obesidade no Brasil.** Disponível em: <http://www.endocrino.org.br/numeros-da-obesidade-no-brasil>. Acesso em: 07 de janeiro de 2015.

SCATENA, V.L.; SEGECIN, S. Anatomia foliar de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 635-649, 2005.

SCHENKER M. B.; CHRISTIANI, D. Respiratory health hazards in agriculture. **Am J Crit Care Med**, v. 158, p.1-76, 1998.

SEIDEL, S.; LANG, B.; FRAISLER, S.; LANG, C.; SCHILER, K. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis. **Jama-Journal of the American Medical Association**, v. 285, p. 67-72, 2001.

SEKOMO, C. B.; SEKOMO, C. B.; NKURANGA, E.; ROUSSEAU, D. P. L. Fate of heavy metals in an urban natural wetland: the Nyabugogo Swamp (Rwanda). **Water Air Soil Pollut**, v. 214, p. 321-333, 2011.

SENOFONTE, O., VIOLANTE, N., CAROLI, S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys. **Journal of trace elements in medicine and biology**, v. 14, p. 6-13, 2000.

SEVERO, C.B.; GUAZZELLI, L.S.; SEVERO, L.C. **Zigomicose.** Jornal Brasileiro de Pneumologia, 36 (1): 134-141, 2010.

SHAH, M. T.; BEGUM, S.; KHAN, S. Pedo and biogeochemical studies of mafic and ultramafic rocks in the Mingora and Kabal areas, Swat, Pakistan. **Environ. Earth Sci.**, v. 60, p. 1091-1102, 2010.

SIAM, Sistema Integrado de Informação Ambiental. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. 2014. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=41>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

SILVA, C. E. M. Programa de Adequação Ambiental e Proposta de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos no Assentamento Chico Mendes (Ronda), Microrregião do Alto Natuba, afluente do Tapacurá – Pombos –PE. 2007. 70f. Monografia. Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco. Recife.

SILVA, C. E. M. Uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Natuba, afluente do Tapacurá – PE. 2006. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, R. C.; ARAÚJO T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva.**, v. 8, p. 1019 – 1028, 2003.

SILVA, D. R. O.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; BUNDT, A. D. C. Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, v. 34, p. 748-752, 2011.

SILVA, D. S.; LUCOTTE, M.; ROULET, M.; POIRIER, H. Trophic structure and bioaccumulation of mercury in fish of three natural lakes of the Brazilian Amazon. **Water Air and Soil Pollution**, v. 165, p. 77-94, 2005.

SOARES, D. F; FARIA, A. M.; ROSA, A. H. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Eng Sanit Ambient.**, v. 22, p. 277-284, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Disponível em: <<http://prevencao.cardiol.br/fatores-de-risco/hipertensao.asp>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

SOUZA, S. F. Utilização de análise por componentes principais (ACP) no diagnóstico das alterações da cobertura vegetal densa na bacia do rio Natuba – PE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7189-7196, 2009.

SOUZA, S. F.; ARAÚJO, M. S. B.; SILVA, C. E. M. S. Caracterização fisiográfica da sub-bacia do rio Natuba-PE. **Revista Brasileira de Geografia física**, v. 1, 2008.

STATSOFT. Statistica 7.0 Tulsa: Statsoft, 2004.

STOLTE, D.; HENNINGTON, E. A.; BERNARDES, J. S. Sentidos da alimentação e da saúde: contribuições para a análise do Programa de Alimentação do Trabalhador. **Caderno Saúde Pública**, v. 22, p. 1915-24, 2009.

SUN, C.; BI, C.; CHEN, Z.; WANG, D.; ZHANG, C.; SUN, Y. Assessment on environmental quality of heavy metals in agricultural soils of Chongming Island, Shanghai City. **Journal of Geographical Sciences**, v. 20, p. 135–147, 2010.

SZOLOZO, R. Cadmium-induced oxidative stress and antioxidative mechanisms in germinating Indian mustard (*Brassica juncea* L.) seeds. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 72, p. 1337-1342, 2009.

TADIELLO, R. B.; COSTA, A. B.; ALCAYAGA, E. L.; PUTZKE, J. Utilização Da Tillandsia Aeranthos como Bioindicador de poluição atmosférica, Santa Cruz Do Sul, Brasil. **Revista Tecnológica**, v. 23, p. 85-98, 2014.

TERRA, T. G. R.; SABOYA, L. M. F.; LEAL, T. C. A. B. Diagnóstico do acesso e Uso da Água no Assentamento Vale Verde, **Revista Extensão Rura: Gurupi – TO, Revista Extensão Rural**, v. 17, 2009.

TIBANA, R. A.; TEIXEIRA, T. G.; FARIA, D. L.; SILVA, A. O.; MADRID, B.; VIEIRA, A. Relação da circunferência do pescoço com a força muscular relativa e os fatores de risco cardiovascular em mulheres sedentárias. **Einstein.**, v. 10, p. 329-34, 2012.

TURKDOGAN, M. K. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, p. 175-179, 2003.

UBESSI, L. D.; UBESSI, C.; KIRCHNER, R. M.; JARDIM, V. M. R.; STUMM, E. M. F. **Uso de equipamentos de proteção por agricultores que utilizam agrotóxicos na relação com problemas de saúde.** Revista de Enfermagem UFPE On Line, Recife, v. 9, n. 4, p. 7230-8, 2015. Disponível em:

<http://www.revista.ufpe.br/revistaenfermagem/index.php/revista/article/viewFile/6821/pdf_7477>. Acesso em: 10 dez. 2015.

UNEP. United Nations Environment Programme. Substâncias nocivas e resíduos, 2010. Disponível em: <<http://www.unep.org/subst%C3%A2ncias-nocivas-e-res%C3%ADduos>>. Acesso em: 12 abr 2017.

VASQUES, A. C.; ROSADO, L.; ROSADO, G.; RIBEIRO R. C.; FRANCESCHINI, S.; GELONEZE, B.. Indicadores antropométricos de resistência à insulina. **Arq Bras Cardiol.** v. 95, p.14-23, 2012.

VELEA, T.; GHERGHE, L.; PREDICA, V., KREBS, R. Heavy metal contamination in the vicinity of an industrial area near Bucharest. **Environ. Sci. Pollut. Res.**, v. 1, p. 27-32, 2009.

VIA, M. A.; MECHANICK, J. I. Nutrition in Type 2 Diabetes and the Metabolic Syndrome. **Med clin North Am.**, v.100, p.1285 – 1302, 2016.

VIANNA, N. A. Assessment of heavy metals in the particulate matter of two Brazilian metropolitan areas by using *Tillandsia usneoides* as atmospheric biomonitor. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, p. 416-427, 2011.

WANG, W.; LEE, E.T.; FABSITZ, R.R.; DEVEREUX, R.; BEST, G.L.; WELTY, T.K.; HOWARD, B.V. A longitudinal study of hypertension risk factors and their relation to cardiovascular disease the strong heart study. **Hypertension**, v. 47, p.403-9, 2006.

WANNAZ, E. D. Use of biomonitor for the identification of heavy metals emission sources. **Ecological Indicators**, v. 20, p. 163-169, 2012.

WENNIG, R. Potential problems with the interpretation of hair analysis results. **Forensic Science International**, v. 107, p. 5-12, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The Who recommended classification of pesticides by hazard**, 2014.

WOLOWIEC, P. Hair analysis in health assessment. **Clinica Chimica Acta**, v. 419, p. 139 – 171, 2013.

WOLTERBEEK, H. T. H. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. **Environ. Pollut.**, v. 120, p. 11–21, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. The Who recommended classification of pesticides by hazard, 2014.

YANAGI, Y.; ASSUNÇÃO, V. J.; BARROZO, V.L. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 28, p. 1737-48, 2012.

ZAMZILA, A. N.; AMINU, I.; NIZA, S.; RAZMAN, M. R.; HADI, M. A. **Chronic Organophosphate Pesticide Exposure and Coronary Artery Disease: Finding a Bridge**, 2011.

APÊNDICE 1 – Instrumento de coleta

1

ANÁLISE TOXICOLÓGICA DE METAIS TRAÇOS DO RIO NATUBA NOS CULTIVOS
AGRÍCOLAS E OS POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE HUMANA/ VITÓRIA DE SANTO ANTÃO/
PERNAMBUCO, BRASIL.

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Nº : _____

1.IDADE: _____ (1)25-30; (2) 31-35; (3) 36-40; (4) 41-45; (5) 46-50; (6) 51-55; (7) acima 55 anos; (8) abaixo de 25 anos.;

2.SEXO: _____ (1) Masc. (2) Fem.

3.NÍVEL DE ESCOLARIDADE: _____ (1) Não- Alfabetizado (2) Alfabetizado (3) 1º grau (4) 2º grau (5) Outros

4.ESTADO CÍVIL: (1) Casado (2) Solteiro (3) Divorciado (4) Viúvo (5) Outros

5.FUMA ? (1) Sim (2) Não

6.EXPOSIÇÃO AMBIENTAL AO FUMO? (anos) _____ (1) Não se expõe (2)Se expõe esporadicamente (3) frequente exposição

7. FAZ USO DE ÁLCOOL: _____ (1) Nunca (2) Diariamente (3) Semanalmente (4) Mais de 1 vez por semana

AVALIAÇÃO DA SAÚDE HUMANA

8.FAZ USO DE MEDICAMENTOS DE USO DIÁRIO? _____ (1) Não (2) Suplementação com minerais (3) Outros_____

9.FAZ USO DE ALGUMA QUÍMICA NOS CABELOS? _____ (1) Não (2) Sim a menos de 6 meses (3) Sim a mais de 6 meses.

10. VOCÊ SENTE COM FREQUENCIA OS SEGUINTE SINAIS E SINTOMAS? _____ (1) Dores de cabeça (2) enjoo (3) vômitos (4) tontura (5) fadiga (6) perda de peso (7) perda da memória (8) edema em tomozelos , pés e pernas (9) dor nos flancos (10) Movimentos lentos (11) diminuição do volume de urina (12) Ictericia (13) Distúrbio do sono (14) Tremores (15) Diarréia (16) Dor epigástrica (17) Dermatites (18) Outros (19) Não.

11. PESO(kg): _____

12. ALTURA: _____

13. PRESSÃO ARTERIAL: _____

14. CIRCUNFERÊNCIA ABDOMINAL: _____

15. CIRCUNFERÊNCIA DO PESCOÇO: _____ (valor em cm)

16. APRESENTA DOENÇA CRÔNICA? _____ (1) DPOC (2)Carcinoma (3)Diabetes (4) nefropatia (6) hepatopatia (7) Doença neurológica (8) outras (9) Não

AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

17. REAPROVEITA EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS? (1) Sim (2) Não

18. QUANTAS HORAS(diárias) PASSA NA ATIVIDADE AGRÍCOLA? (1) 4 a 5 horas; (2) 6 a 7 horas; (3) 8 horas; (4) mais de 8 horas

19. Se expõe a produtos agroquímicos? Sim () Não ().

20. Faz uso de EPI? (1) todos (2) incompleto (3) nenhum.

21. PROCEDÊNCIA DA ÁGUA INGERIDA: (1) Torneira (2) Poço ou fonte (3) Rios ou mananciais (4) Água mineral (5) filtrada

22. Quantos anos trabalha na agricultura? (1) 0 a 5 anos; (2) 6 a 10 anos; (3) 11 a 15 anos; (4) 16 a 20 anos; (5) mais de 20 anos

APÊNDICE 2 – Artigo científico

Available online www.jocpr.com

Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2017, 9(6):



Research Article

ISSN : 0975-7384
CODEN(USA) : JCPRC5

Farmers' Health and Contamination of Soils and Water in a Rural Area of Northeast Brazil

Maria da Conceição Cavalcanti de Lira^{1*}, Ivone Antonia de Souza¹, Gabriela Cavalcante da Silva¹, Ednaldo Cavalcante de Araújo¹, Glaucia Manoella de Souza Lima¹, Mariana Luiza de Oliveira Santos², Amanda Tavares Xavier³, Tâmara Mayara Rodrigues Burgos³ and Bartolomeu José dos Santos Júnior³

¹Federal University of Pernambuco, Recife-PE, Brazil

²Northeast Regional Nuclear Science Center/CNEN, Recife-PE, Brazil

³University of Pernambuco, Recife-PE, Brazil

ABSTRACT

Metals are widely present in the world due to natural and/or anthropic processes. They are used in several activities, mainly agricultural, generating concerns about their impact on health. To understand the health-disease processes of the population of this study, it was necessary to know the epidemiological profile and the distribution and magnitude of the health problems. The objective of this study was to correlate the presence of metals in agricultural soils with the epidemiological profile of the population, and to investigate the possible trace element contamination of the agricultural soils of the Natuba settlement, located in the city of Vitoria de Santo Antao, state of Pernambuco, Northeast Brazil. One hundred and two farmers participated and a specific collection instrument was applied to obtain exposure and risk results for chronic diseases. The chemical analysis of the soils was carried out by means of the Energy Dispersive X-Ray Fluorescence technique – EDXRF; the following trace elements were detected: Mn > Sr > Rb > Pb > La > Br. Besides these trace elements, and through the same technique, another four macroelements were analyzed: Si > Fe > Ca > Ti. Chronic diseases should be evaluated as a world health problem, requiring a preventive approach in association with these metals, so as to reduce pesticide dependence in agriculture, with proper monitoring of anthropogenic polluting sources.

Keywords: Trace elements; Environment; Health profile; Soil; Water microbiology

INTRODUCTION

Soil contamination by chemical substances is characterized by undesirable changes in its physical, chemical and even biological properties. Human health is interlinked with soil quality, and thus to the degree of pollution. Contaminants deposited in the ground can dissipate, increasing their concentration in the air and, consequently, their absorption by the human respiratory system [1,2].

The application of agrochemicals to soils and crops has become a common practice in agriculture. These chemical substances allow for the control of weeds, insects and microorganisms that can damage crops and thus damage rural productivity. However, their use can cause chemical degradation, accumulation of toxic elements and/or compounds at critical levels in the soil, and the incidence of trace metals such as Mn, Zn, Co and Pb [2,3].

Although pesticides benefit agriculture through the appreciation of agricultural products, their widespread use has toxic effects on human health due to occupational and environmental exposure. Long-term contact with them can generate harmful consequences to human life by disrupting the function of the different organs of the body belonging to the nervous, endocrine, immune, reproductive, renal, cardiovascular and respiratory systems; contributing also to the incidence of chronic diseases, such as: cancer, Parkinson's disease, Alzheimer's disease, multiple sclerosis and diabetes [4-7].

Contamination by agrochemicals can occur through direct or indirect contact. Direct contamination occurs through the preparation, handling and use of the product, while indirect contamination may be a result of the ingestion of food and/or contaminated water. The interaction of rocks, air and water allows the polluted soil to transfer pollutants to surface water, groundwater, oceans, food chains, sediments, animals and humans [8,9].

The metals Cr, Cd, Mn and Ni, for example, may be included in the composition of harmful agrochemicals that accumulate within living organisms, causing serious diseases over time [8-10].

Phosphate fertilizers are a direct source of Cd contamination in agriculture and, because it is a long life element with slow excretion, its toxic effects in humans cause kidney failure and are possibly associated with hypertension. Similarly, Cr can also cause contamination in the thyroid artery and on the production of red blood cells, and cause polycythemia and coronary artery problems [11,12].

High doses of Mn and Cu can cause mental pathologies, such as Alzheimer's disease and manganism [13]. The Ni element can cause serious health problems, ranging from fatal heart attack, rashes, fatigue, headaches, heart problems, dizziness and respiratory disease. Zn is essential for the normal functions of the body and its deficiency can cause anorexia, diarrhea, dermatitis and depression, immune dysfunction and poor wound healing. However, its toxicity can lead to sideroblastic anemia [14].

In addition, contaminated soil by erosion, leaching caused by rainwater and the communication of water systems have helped to contaminate the water due to the use of agrochemicals, even when distant from the area of agricultural production. It should be noted that the contamination of a water system does not only represent problems in the use of water for agriculture, but also in the supply of a whole region and thus of the local population [15,16].

The World Health Organization considers exposure to these chemical compounds to be a public health problem, since more than three million people worldwide are contaminated annually and 80% of these contaminations develop into cancers. Contamination of the soil and the water sources by trace metals can impair the health of individuals, and due to the presence of these compounds in agrochemicals – and thus in agricultural activities – there is an urgent need to analyze the soil and water of rural areas; as it is important to identify the specific clinical aspects that compromise farmers' health [15-17].

Therefore the objective of the present study was to describe the epidemiological and clinical profile of the population and to carry out environmental analyzes of soil and water in the Natuba settlement, a rural area located in the city of Vitoria de Santo Antao, state of Pernambuco, Northeastern Brazil (Table 1).

EXPERIMENTAL SECTION

Study population

This is an exploratory descriptive study with a quantitative approach carried out in the settlement of Natuba, Vitoria de Santo Antao-PE. The study population consisted of all the farmers enrolled in the Natuba Farmers' Association. The casuistry of the survey comprised 102 farmers selected after considering the following criteria: both sexes; older than 18 years; time of agricultural activity exceeding 5 years; and agreement to participate in the research through signature of the Written Informed Consent Form (WICF). Figure 1 shows farmers' distribution.

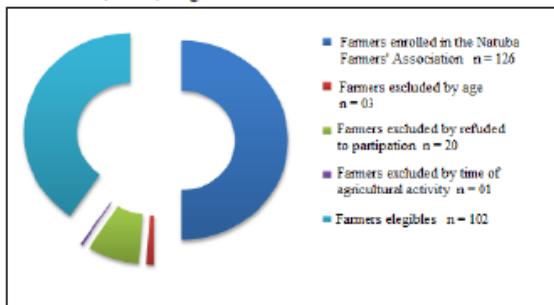


Figure 1: Distribution of farmers who participated in the study

Data was collected through an interview form containing sociodemographic, clinical and environmental risk information, and through physical examination, blood pressure (BP) and anthropometric measurements (weight, height, waist circumference and neck circumference).

To verify weight and height, an anthropometric digital scale was used, maximum capacity of 150 kg with precision of 100 g, as well as a portable stadiometer with precision of 0.1 cm.

Body mass index (BMI) was calculated from these measurements according to the following equation (1):²

$$BMI = \frac{\text{weight (kg)}}{\text{height}^2 (\text{cm})} \quad (1)$$

The cut-off points of the BMI adopted were those recommended by the WHO [18]: low weight ($BMI < 18.5$); Eutrophy ($BMI 18.5 - 24.99$); Overweight ($BMI 25 - 29.99$) and obesity ($BMI \geq 30.00$).

The abdominal circumference (AC) was obtained at the slimmest curvature localized between the ribs and the iliac crest, with a flexible and inelastic tape measure without compressing the tissues. When it was not possible to identify

the slimmest curvature, the measurement was obtained considering 2 cm above the umbilical scar. The cutoff points adopted for AC were those recommended by Leane et al. (2006) [19], according to the degree of risk for cardiovascular diseases: increased risk for women (AC > 80 cm) and for men (AC > 94 cm), and much increased risk for women (AC > 88 cm) and for men (AC > 102 cm). The neck circumference (NC) was measured with a flexible tape measure at the base of the neck, starting at the cricothyroid cartilage. In men with prominence, the NC was measured below the prominence [20]. With regard to the classification of neck circumference, the values used were <37 cm and >37 cm for men, and <34 cm and >34 cm for women, according to Ben-Noun et al. [21]. A calibrated mercury column sphygmomanometer was used to measure blood pressure (BP). The measurement was performed on the left arm following the proposals of the National Program for the Control of Hypertension [22]. BP classification was performed according to Chobanianet et al. (2003) [23], which considers four levels in mmHg: normal (systolic BP <120 or diastolic BP <80); Pre-hypertension (systolic BP between 120-139 or diastolic BP between 80-89); Stage 1 hypertension (systolic BP between 140-159 or diastolic BP between 90-99) and stage 2 hypertension (systolic BP ≥160 or diastolic BP ≥100).

Water collection

Samples were collected at five randomly chosen sites: a well that supplies the farmers living in the lower part of the settlement; the water tank that receives the water that is pumped from the well; a faucet from a health unit; a river; and a residence in the upper part of the region which receives water controlled by the State Co., representing the 49 residences. The procedures for collecting, conserving, transporting and analyzing the water samples were carried out according to the recommendations contained in the Standard Methods for the Examination of Water and Waster Water [24]. In a sterile vessel, 100 mL of water were collected for microbiological analyzes, conditioned into isothermal boxes and immediately transported to the Microorganism Collection Laboratory of the Federal University of Pernambuco - Department of Antibiotics/UFPEDA. The microorganisms of the group of the total Coliforms and *Escherichia coli* [25] were investigated as bioindicators of microbiological contamination. To determine the integrity of the water, a count of the heterotrophic bacteria was carried out from the collected samples. The analyzes were performed according to the methodology of APHA, 2012 [24].

Soil collection

Fifty-four soil samples were collected from seven locations in the study area at a depth of 0-25 cm, using a straight acrylic shovel. In each lot, samples were collected at the center and at the extremities (n = 5), at a distance of 75 meters from the central point. Sampling was performed in duplicate, totalling 10 samples for each quadrant. For comparison purposes, 2 soil samples were collected from an area not impacted by agriculture (natural). To evaluate the contribution of the dump, two samples were collected from the drainage channel. The samples were conditioned in polyethylene bags and taken to the Environmental Monitoring Service of the Regional Nuclear Science Center of the Northeast - SEAMB / CRCN-NE for processing. The analysis of elements Mn, Fe, Co, Ni, Br, Rb, Sr, Ti, La, Mg, Si, Ba, Pb and Ca, were performed in triplicate using the Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer - EDXRF, model EDX 720 from Shimadzu, which consists of a tube of rhodium for the generation of the X-rays, with a sealed chamber for the analysis of samples under vacuum and with a detector of Si (Li) for the quantification of incident radiation.

Data analysis

For the epidemiological data the EPI Info Software version 8.1 was used; specifically, the descriptive statistical analysis expressed as percentage, and the Chi-square test (χ^2) to compare proportions to determine the "p" value at the significance level of 5%. The research was conducted within the standards required by the resolution of the National Health Council (CNS) No. 466/12, which deals with ethics in research with human beings; and the approval from the Research Ethics Committee of the Otavio de Freitas Hospital of the State Health Department, through the CAAE: 37093114.8.0000.5200, opinion no: 821,552. Epidemiological data was analyzed using the EPI Info Software, version 8.1, and the descriptive statistical analysis was expressed as percentage according to the frequency of each information collected.

RESULTS AND DISCUSSION

Health evaluation of the farmers

During the study period, 126 farmers were registered in the farmers' association, however only 102 participated in the survey, totaling a sample loss of 24 farmers who were excluded because they did not meet the inclusion criteria. The majority of those investigated in this study had ages ranging from 25 to 45 years (80.4%). From the results found by Hall (2009) [26], age is an important factor that interferes in the muscular strength of a worker. According to Grandjean (2008) [27], workers aged 25 to 35 years are at their peak of muscle strength and work capacity, and thus are driven to activities of greater muscular effort. However, when a worker is over 40 years of age, he suffers a progressive deficit in his muscular capacity, with a decrease in muscle fibers and motor units, which are responsible for muscle strength. Working time in agricultural production greater than 20 years (57.9%). Regarding the hours dedicated to this activity, this study showed that 30.4% of farmers worked more than 8 hours a day.

The study shows that the number of women (19.6%) is lower than that of men, due to the fact that activities such as caring for the house, food making and care of children and husbands are attributed to them. Thus the number of women who are part of the farmers' association is smaller, as was the case in Guérin (2003) [28]. This data is also corroborated in other studies involving farmers [29,30].

Regarding the risky behavior to human health analyzed in this study, the use of alcoholic beverages deserves emphasis as a habit of approximately 58% of the farmers, while 25.7% use cigarettes. Reuse of agrochemical packaging and the absence of the use of EPIS were also present at percentages of 12.8% and 40.2%, respectively (Table 2). The study showed that many farmers (40%) did not use personal protective equipment (PPE). In a study conducted in the state of Rio Grande do Sul, 100% (11) of the rural workers investigated who used agrochemicals did not use PPE [6]. The Ministry of Health indicates the correct and concomitant use of all personal protection equipment, and reinforces that the disuse of this protection increases the likelihood of intoxication and health problems [31].

Table 1: Epidemiological profile of the studied workers of the Natuba Settlement, 2016

Variable	N	%
Age range	22 - 45	60 59.8
	45 - 72	42 41.2
Sex	Female	20 19.6
	Male	82 80.4
Education (years of study)	Illiterate	13 12.8
	01-Apr	29 28.4
	04-Aug	47 46.1
	9 - 10	13 12.7
Time working in agriculture (years)	5 to 10	13 12.7
	11 to 20	30 29.4
	Above 20	59 57.9

Source: Natuba, 2015

In conjunction with other indicators (reuse of agrochemical packaging, smoking and alcohol consumption), non-use of PPE may be indicative of different types of chronic diseases. It is worth mentioning that agrochemical toxicity can be aggravated by these factors. According to the WHO [18], 36 million people died of chronic diseases from pesticides, 9 million being under 60 years of age. These are considered slow progression diseases, therefore long term health problems. However, they are the leading causes of death in the world, accounting for more than 60% of all deaths, especially in low-income countries. [4]

Table 2: Distribution of farmers with health risks - Natuba-PE

Variables	N	%
Uses alcoholic beverages	59	57.8
Smokes cigarettes	26	25.7
Reuses agrochemical packaging	13	12.8
Does not use PPE during activity	41	40.2

Source: Natuba, 2015

The main clinical findings of the farmer population of this study are described in Table 3, with predominance of reports related to headaches (23.5%), dizziness (2.9%) and swelling of ankles and feet (2.9%). According to Hoshino et al. [32], subjective and constant symptoms from exposure to agricultural activity - associated to the use of pesticides - may represent early signs of intoxication, which may be confirmed from the results presented. His study also observed that these nonspecific signs and symptoms are present in several pathologies that many workers underestimate. They don't perceive a relation between their agricultural activity - including the use of pesticides - and the symptoms they have, and they consider that headaches, dizziness, epigastric pain, and others are natural processes resulting from their work.

Table 3: Clinical profile of the farmers of the Natuba- PE Settlement from October to December 2014

Signals and Symptoms	N	%
Headache	24	23.53
Nausea	2	1.96
Dizziness	3	2.94
Fatigue	1	0.98
Loss of memory	1	0.98
Swelling of ankles, feet	3	2.94
Reduction of urine	1	0.98
Sleep disorder	2	1.96
Diarrhea	1	0.98
Epigastric pain	1	0.98
Dermatitis	1	0.98
Others	16	15.69

Source: Natuba, 2015

Obesity is one of the greatest public health problems in the world, and is associated with an increase in cardiovascular mortality [33]. Anthropometric indicators have been used to identify overweight and obesity. In 2011, the Ministry of

Health published that 48.5% of the Brazilian population is overweight, the highest percentage being men at 52.6%, women corresponding to 44.7%. When comparing the sum of the results of overweight and obesity obtained by the BMI of the farmers, the study verified that 45 were male, and 13 female, corroborating with other published data [34]. Table 4 presents an analysis of the risks assessed for cardiovascular disease (body mass index, blood pressure, abdominal circumference and neck circumference) according to the respondents. Neck circumference was the only variable that presented a significant statistical difference among groups ($p = 0.000$).

As for the anthropometric index of the AC, the risk is higher in men ($n = 33$) than in women ($n = 18$), and there is a correlation between an AC above the standard and an increased NC, confirming the findings by Ben Noun *et al.* [35]. Therefore, alterations in AC reflect the male standard of fat distribution and the changes in the risk factors for cardiovascular disease. When comparing the use of AC with this pathology, it was identified as having a strong association with this disease [36,37].

The results of the risk criteria for cardiovascular diseases, according to NC, showed that it was more pronounced in men (48.78%) than in women (25%). Hypertension, diabetes and dyslipidemias are associated with increased NC, and are also related to insulin resistance. [35-41]. High blood pressure appears in 68 of the farmers in this study, increasing risk for cerebrovascular disease, coronary heart disease, congestive heart failure and chronic renal failure [42].

With regard to heart disease and pesticide exposure, the Oregon report presents an epidemiological study on the risks of coronary disease and the activity of the enzyme paraoxonase [43].

Table 4: Distribution of cardiovascular evaluation variables according to sex in the population of farmers of the Natuba - PE Settlement from October to December 2014

Variables	Male		Female		χ^2	p
	N	%	N	%		
< 18.5 (low weight)	2	2.4	0	0	3.49	0.321
18.5 - 24.99 (eutrophy)	36	43.9	6	30		
25 - 29.99 (overweight)	31	37.8	12	60		
≥ 30.00 (obesity)	13	15.9	2	10		
TOTAL	82	100	20	100		
AP**						
Normal	10	12.2	2	19	1.98	0.369
Limitrophe	31	37.8	11	55		
Hypertensive	41	50	7	35		
TOTAL	82	100	20	100		
AC (cm)***						
< 80	12	14.6	2	10	0.67	0.954
80-88	22	26.8	6	30		
89-93	16	19.5	3	15		
94-102	19	23.2	5	25		
> 102	13	15.9	4	20		
TOTAL	82	100	20	100		
NC (cm)***						
≤ 35	10	12.2	14	70	29.8	0
36 - 39	45	54.9	4	20		
> 39	27	32.9	2	10		
TOTAL	82	100	20	100		

* BMI = Body Mass Index; ** AP = Aterial Pressure; *** AC and NC = Abdominal Circumference and Neck Circumference. Source: Natuba, 2015

Characteristics of water quality for human consumption

For approximately 70 years now microorganisms originating from feces have been used to interpret the degree of fecal pollution in water, since they are usually present in the excreta of humans as well as other vertebrates. Among these microorganisms, the bacterium *Escherichia coli* is considered the most important pathogenic indicator of fecal origin [44]. Water quality is an indispensable condition for the maintenance of life as it directly influences people's health [45]. The presence of faecal coliforms, including *E. coli*, in waters stored in clay pits is possibly associated with the precarious sanitary conditions of the community, since preventive measures are not taken to control the access of people and animals to these bodies of water, transforming them into continuous sources of contamination [46]. The result of the analysis of the water consumed by the population (Table 5), showed that the water treated by the state Co. responsible for its distribution maintains its quality until it reaches the farmers' homes. However, the residents that are supplied water through a well or river are subject to having their health compromised. This is made evident with the incidence of total coliforms and *E. Coli* in results that are not admissible by the Ordinance No. 2914 [25], of the Ministry of Health of December 11, 2011 – even while results for heterotrophic bacteria were below 500 UFC/mL.

Chemical analysis of the soil

Soil chemical studies evaluate the distribution of the elements and the processes that govern the flows among different land typologies. Soil science evaluates the controlling factors of distribution, mobility and bioavailability of the chemical elements, from natural and anthropic sources. This in turn is important for geochemical studies and for the better understanding of the difference between the natural concentration of the elements and the effects of the Anthropic origin of these elements [47].

Table 5: Microbiological analysis of the water used for human consumption in the region of the Natuba- PE Settlement from October to December 2014

Sample points	Total Coliforms	<i>E. Coli</i>	Heterotrophic Bacteria
Well	+	+	27 Ufc/mL
Water tank	+	-	54 Ufc/mL
Faucet	+	+	82 Ufc/mL
River	+	+	200 Ufc/mL
State Co.	-	-	115 Ufc/mL

Source:Natuba, 2015

By studying the soil-forming factors that influence the distribution of the elements, it is generally possible to separate natural variability, as the flows and the distributions of the material from their source to the soil will be linked to pedogenetic and geomorphological processes. The principal component analysis (PCA) was used to verify the correlations among chemical elements through principal components 1, 2 and 3. As a result of PCA, principal component 1 explained 31.10% of the total variance, while principal component 2 explained 22.20%, and principal component 3 explained 18.33%. For this analysis, two principal components were chosen, and this led to the explanation of 71.63% of the total variance of the data. Figure 2 (A and B) shows the relationships among the principal components NC 1 x NC 2 (A) and NC 3 x NC 1 (B), demonstrating the association among the quantified chemical elements in the soils of the investigated quadrants. According to the analysis, groups of chemical elements were identified, such as Mn-Ti-Zn; Br-Ca-P-Sr; Co-Fe-V; La-Sr-Mn; Ca-Fe-P-Ni. It should be noted that the relationships among chemical elements were considered complex.

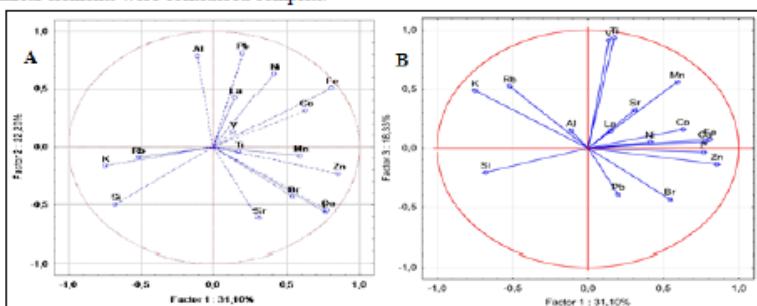


Figure 2: Grouping of the variables from the analysis by principal components. A: Values of principal components 1x2; B: Values of principal components 3x1

The formed groups observed through the principal component analysis may suggest a possible contamination of the soil, due to the association amongst the toxic elements. The relationship among the elements Mn-Ti-Zn may be associated to fertilizer use by the settlement's farmers, especially Ti, which is widely used in the production of pesticides and herbicides [48]. The groups formed by Co-Fe-V, as well as Ca-Fe-P-Ni may be interconnected due to the use of agrochemicals, since the chemical elements Co, Fe and Ni are found in the composition of fertilizers; however, Ca and P appear in the soil because they are used for correction. The presence of V is usually associated with Fe, but it is also present in mafic and ultramafic rocks that are rich in ferromagnesian minerals [49].

The association among the chemical elements Br-Ca-P-Sr and La-Sr-Mn, regarding the presence of calcium and phosphorus is related to their use in soil correction. Br is used in the form of methyl bromide as a fumigant for pest control, and can be found in the soils of the settlement. Sr is present in the air, soil, dust and surface water, aside from being an additive for diesel fuel. As the agricultural area is located at the margins of highway BR-232, which has intense flow of heavy vehicles, there may also be a correlation here. The presence of La is due to its use in fertilizers that are spread over the cultivated areas [48,49].

CONCLUSION

Human health can be affected by way of the environment, occupation and food, in association with socio-demographic and epidemiological factors. The contribution of the environment is of fundamental importance for the understanding of human illness. To these, other factors may be added, such as deficiency of technical assistance in rural areas, the difficulty of enforcing the law and the responsibility of the workers themselves, as contributors to the consolidation of the impact on human health which results from the use of agrochemicals - one of the largest public health problems in rural areas, especially in developing countries.

The study showed that the quality of water distributed by the state Co. presents acceptable standards, according to the ordinance of the Ministry of Health. However, the study also reported that there is a part of the population that is supplied by wells and the river, and by the same ordinance this water is considered unfit for consumption. Thus, it is necessary for Government entities to extend equal access to acceptable water to the entire population.

The results obtained by the Energy dispersive X-ray Fluorescence spectrometry (EDXRF) can be used to evaluate the modifications in the chemical elements present in the soil - which is submitted to different systems of use and management. The PCA showed association of chemical elements Mn-Ti-Zn; Br-Ca-P-Sr; Co-Fe-V; La-Sr-Mn; and Ca-Fe-P-Ni, quantified in the soils of the investigated quadrants, and these were linked to natural and anthropic alterations of the study region.

Thus, the importance of conducting an environmental and human study in agricultural areas contributes as an indicator for planning actions and measures to promote health and environmental care, and to reduce the population's exposure to risks.

ACKNOWLEDGEMENTS

Regional Center of Nuclear Sciences of the Northeast and Farmers Association of Natuba.

REFERENCES

- [1] T Velea; L Gherghe; V Predica. *R Krebs. Environ Sci Pollut*. 2009, 1(16), 27-32.
- [2] M Romic; D Romic. *Environ Geol*. 2003, 43, 795-805.
- [3] FF Carneiro; W Pignati; RM Rigotto; LGS Augusto; A Rizollo; NM Muller. *Abrasco*. 2012, 1(1), 1-98.
- [4] S Mostafalou; M Abdollahi. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2013, 268, 157-177.
- [5] S Mostafalou; M Abdollahi; MA Eghbal; KN Saeedi. *Adv Pharm Bull*. 2012, 2(1), 79-88.
- [6] A De Souza; AR Medeiros; AC De Souza; M Wink; IR Siqueira; MB Ferreira; L Fernandes; MP Loayza Hidalgo; IL Silva Torres. *Cien Saude Colet*. 2011, 16(8), 3519-3528.
- [7] M Abdollahi; A Ranjbar; S Shadnia; S Nikfar; A Rezaie. *Med Sci Monit*. 2004, 10(6), 141-147.
- [8] S Khan; S Rehman; AZ Khan; MA Khan; MT Shah. *Ecotoxicol Environmen Safety*. 2013, 73, 1820-1827.
- [9] ML Fernandes Neto; PN Sarcinelli. *Eng Sanit Amb*. 2009, 14(1), 69-78.
- [10] C Sun; C Bi; Z Chen; D Wang; C Zhang; Y Sun; Z Yu; D Zhou. *J Geogr Sci*. 2010, 20, 135-147.
- [11] MK Turkdogan; K Fevzi; K Kazim; T Ilyas; U Ismail. *Environ Toxic Pharm*. 2003, 13, 175-179.
- [12] G Nordberg; T Jin; A Bernard; S Fierens; J P Buchet; T Ye; Q Kong; H Kong. *Ambio*. 2002, 9, 478-481.
- [13] HH Dietter; TA Bayer; G Multhaup. *Acta Hydroch Hydrol*. 2005, 33, 72-78.
- [14] S Muhammad; MT Shah; S Khan. *Micro Chem*. 2011, 98, 334-343.
- [15] MM Veiga; DM Silva; LBE Veiga; MVC Faria. *Cad Saude Publica*. 2006, 22(11), 2391-2399.
- [16] J Brígante, ELG Espindola, J Povinelli, MN Eler, M R Silva, CB Domfeld, AM Nogueira. Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu, 1st edition, Rima, São Carlos, 2002, 23-53.
- [17] World Health Organization. The Who recommended classification of pesticides by hazard, 2014.
- [18] World Health Organization. Obesity and overweight, 2014.
- [19] M Leane; J Lara. *JO Hill. BMJ*. 2006, 333, 959-962.
- [20] L Ben-Noun; A Laor. *Obes Res*. 2003, 1(2), 226-231.
- [21] L Ben-Noun; E Sohar; A Laor. *Obes Res*. 2001, 9(8), 470-477
- [22] BRASIL. Cadernos de Atenção Básica, 2013, 37.
- [23] AV Chobanian; GL Bakris; HR Black; WC Cushman; L A Green; JL Izzo; et al. *Hypertension*. 2003, 42, 1206-1252.
- [24] APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 2012, 22(2).
- [25] BRASIL. Portaria MS N° 2914, 2011.
- [26] SJ Hall. *Biomecânica básica*. 2009, 16, 542.
- [27] E Grandjean. Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem, 2008.
- [28] I Guérin. *Sociologia Económica e Relações de Género*. 2003.
- [29] LO Severo; MR Cezar-vaz; VZ Costa; D Simon; LP Rocha; AM Borges. *J Nurs UFPE on line*. 2012, 6(12), 2950-2958.
- [30] LD Ubessi; C Ubessi; RM Kirchner; VMR JARDIM; EMF Stumm. *J Nurs UFPE on line*. 2015, 9(4), 7230-7238.
- [31] AS Brito; PL Libardi; PJ Ghiberto. *R Bras Ci Solo*. 2009, 33(2), 295-303.
- [32] ACH Hoshino; FH Pacheco; CK Taguchi; S Tomita; MF Miranda. *Rev CEFAC*. 2003, 11(4), 681-687.
- [33] BA Gonzalez; P Hartge; JR Cerhan; AJ Flint; L Hannan; R MacInnis. *N Engl J Med*. 2010, 363(23), 2211-2219.
- [34] Brasil. Vigitel: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. 2010.
- [35] LL Ben-Noun; A Laor. *Exp Clin Cardiol*. 2006, 11(1), 14-20.
- [36] GR Dagenais; Q Yi; JF Mann; J Bosch; J Pogue; S Yusuf. *Am Heart J*. 2005, 49(1), 54-60.
- [37] S Yusuf; S Hawken; S Ounpuu; L Bautista; MG Franzosi; P Commerford; CC Lang; Z Rumboldt; CL Onen; L Lisheng; S Tanomsup. *Lancet*. 2005, 366(9497), 1640-1649.
- [38] V Frizon; C Boscaini. *Rev Bras Cardiol*. 2013, 26(6), 426-434.
- [39] RA Tibanae; TG Teixeira; DL Farias; AO Silva; B Madrid; A Vieira. *Einstein*. 2012, 10(3), 329-334.

-
- [40] AC Vasques; L Rosado; G Rosado; RC Ribeiro; S Franceschini; B Geloneze. *Arq Bras Cardiol.* 2010, 95(1), 14-23.
 - [41] SE Preis; JM Massaro; UL Hoffmann. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010, 95(8), 3701-3710
 - [42] W Wang; ET Lee; RR Fabsitz; R Devereux; GL Best; TK Welt; BV Howard. *Hypertension.* 2006, 47(3), 403-409.
 - [43] AN Zamzila; I Aminu; S Niza; MR Razman; MA Hadi. *Res Invent Innovat Exhibi.* 2011.
 - [44] JP Souto, AGS Lira, JS Figueira, AN Silva, ES Silva. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS, 2015.
 - [45] KSC Antunes; JD Freo. *Rev Higiene Alimentar.* 2008, 22(159).
 - [46] LAR Mendonça; H Frischkorn; MMF Santiago; JM Filho. Congresso Mundial Integrado De Águas Subterrâneas E Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 2000.
 - [47] DL Burak. Universidade Federal de Viçosa – tese de doutorado. 2008, 173.
 - [48] JSS Oliveira; LG Silveira. *Vivências: Rev eletrôn de extensão da URY.* 2011, 7(12), 91-104.
 - [49] JG Rafaat; RA Hussein; MM Ahmad. *Int J Plant Animal Environ Sci.*, 2015, 6(1), 103-108.

ANEXO 1 – Folha de aprovação do Comitê de Ética

HOSPITAL OTÁVIO DE
FREITAS/ SES



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANALISE TOXICOLÓGICA DE METAIS TRAÇOS DO RIO NATUBA NOS CULTIVOS AGRÍCOLAS E OS POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE HUMANA / VITÓRIA DE SANTO ANTÃO/ PERNAMBUCO, BRASIL.

Pesquisador: MARIA DA CONCEIÇÃO CAVALCANTI DE LIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 37093114.8.0000.5200

Instituição Proponente: SECRETARIA DE SAUDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 821.552

Data da Relatoria: 07/10/2014

Apresentação do Projeto:

ANALISE TOXICOLÓGICA DE METAIS TRAÇOS DO RIO NATUBA NOS CULTIVOS AGRÍCOLAS E OS POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE HUMANA / VITÓRIA DE SANTO ANTÃO/ PERNAMBUCO, BRASIL.

Objetivo da Pesquisa:

Determinar a contaminação por Cu, Cr, Cd, Hg, Mn e Pb na sub-bacia do rio Natuba, Vitória de Santo Antão (PE) e sua relação com a saúde humana de modo a fornecer subsídios para estabelecer um sistema de monitoramento ambiental e epidemiológico da área.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Dentre os riscos envolvidos no estudo, a não aceitação da população amostral na participação da pesquisa podendo comprometer as conclusões do estudo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa fornece como benefícios, subsídios para estabelecer um sistema de monitoramento ambiental e epidemiológico da área estudada, em relação a possível contaminação por metais traços, possibilitando um plano de ação. Com a caracterização dos casos, será possível perceber os fatores envolvidos na relação saúde doença, o que trará consigo informações para que se possa compreender melhor o fenômeno e para que se

Endereço:	Rua Aprígio Gulmarães S/N	CEP:	50.920-640
Bairro:	Tejipó	Município:	RECIFE
UF:	PE	Fax:	(81)3182-8632
Telefone:	(81)3182-8578	E-mail:	cephof@yahoo.com.br

HOSPITAL OTÁVIO DE
FREITAS/ SES



Continuação do Parecer: 821.552

tome as medidas cabíveis de intervenção na população estudada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Encontram-se dentro dos critérios aceitos por este comitê.

Recomendações:

Que a pesquisa em tela seja desenvolvida de acordo com o proposto pela mesma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Concluída

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

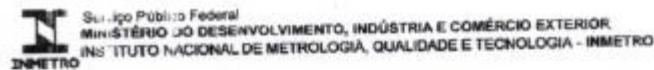
RECIFE, 07 de Outubro de 2014

Assinado por:

José Alexandre de Andrade Ferreira
(Coordenador)

Endereço: Rua Aprigio Gulmaraes S/N
Bairro: Tejipó CEP: 50.920-640
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (813)182-8578 Fax: (813)182-8632 E-mail: cephof@yahoo.com.br

ANEXO 2 – Certificados de calibração dos equipamentos



v1.6.0922

REGISTRO DE MEDIÇÕES

INSTRUMENTO DE PESAGEM NÃO-AUTOMÁTICO

Interessado: (901: 827109) AUGUSTO CESAR BARRETO NETO

CPF: 031 248.934-09

Endereço: R. ALTO DO RESERVATORIO

CEP: 55608-680 Telefone: (81) 8893-7460

Bairro: BELA VISTA Divisão: VITORIA DE SANTO ANTÃO

Município: VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE

Data Verificação: 09/10/2014 Marca de Verificação: 5990452-5

DADOS DO INSTRUMENTO

BALANÇA

Marca: BALMOK

Modelo: BK-50

Portaria de Aprovação: 23/1999

Nº do Inmetro: 66452945

Nº de Série: 4078

Código de Serviço: 0125

Max: 15000g e1:50g d1:50g n1:3000

Classe de Exatidão: III Ano de Fabricação: Depois de 1998

SÍMBOLOGIA

Para os ensaios constantes neste relatório é utilizada a seguinte simbologia:

L = Carga	Ea = Erro calculado em 10g
I = Indicação	Ec = Erro corrigido
I Disp = indicação do Dispositivo	EMA = Erro máximo admissível
uL = Carga adicional	P = Indicação antes do arredondamento
i = Erro	do instrumento

ENSAIOS - Max1: 150000g

1º ENSAIO DE FIDELIDADE - 150000g

	I (g)	dL (g)	P (g)
1	149900	--	--
2	149900	--	--
3	149900	--	--

Divergência Máxima: 0g

EMA: ±75g

Onde: Diverg. Máx = Imáx - Imin

2º ENSAIO DE FIDELIDADE - 75000g

	I (g)	dL (g)	P (g)
1	74900	--	--
2	74900	--	--
3	74900	--	--

Divergência Máxima: 0g

EMA: ±50g

Onde: Diverg. Máx = Imáx - Imin

ENSAIO DE EXCENTRICIDADE

	L (g)	I (g)	dL (g)	E (g)	Ec (g)	EMA (g)
1	50000	50000	--	0	--	±50
2	50000	50000	--	0	--	±50
3	50000	50000	--	0	--	±50
4	50000	50000	--	0	--	±50
5	50000	50000	--	0	--	±50

Onde: E = I - L

Posição das Cargas:

2	3
1	
5	4

UNICO, E = I - L

2	3
1	
5	4

ENSAIO DE PESAGEM

	L (g)	I (g)	SL (g)	E (g)	Ec (g)	EMA (g)
1	1000	1000	--	0	--	±25
2	1500	1500	--	0	--	±25
3	2000	2000	--	0	--	±25
4	5000	5000	--	0	--	±25
5	10000	10000	--	0	--	±25
6	15000	15000	--	0	--	±25
7	20000	20000	--	0	--	±25
8	40000	40000	--	0	--	±50
9	60000	60000	--	0	--	±50
10	100000	100000	--	0	--	±50
11	120000	119950	--	-50	--	±75
12	140000	139950	--	-50	--	±75
13	150000	149950	--	-50	--	±75
14	140000	139950	--	-50	--	±75
15	120000	119950	--	-50	--	±75
16	100000	99950	--	-50	--	±50
17	50000	59950	--	-50	--	±50
18	40000	39950	--	-50	--	±50
19	20000	20000	--	0	--	±25
20	15000	15000	--	0	--	±25
21	10000	10000	--	0	--	±25
22	5000	5000	--	0	--	±25
23	2000	2000	--	0	--	±25
24	1500	1500	--	0	--	±25
25	1000	1000	--	0	--	±25

Onde: E = I - L

RESULTADO: 4 - APROVADO

FISCALIZADO/ENSAIADO POR:
FUNCIONÁRIO: Isabel Cristina Vasconcelos Barros
MATRÍCULA: 11827

IPEN-PE - Instituto De Pesos E Medidas Do Estado De Pernambuco
Av. Professor Luiz Freire, 900 - CEP:50740-540 - Recife - PE

FONE PARA CONTATO: (081) 3184-4700

Sugestões - Reclamações
Ouvidoria Inmetro
Fone: (081) 3184-4740
Acesse: www.ipen.pe.gov.br


Isabel Cristina Vasconcelos Barros
Agente Fiscal

 Serviço Público Federal MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO																																								
REGISTRO DE MEDIÇÕES DE VERIFICAÇÃO DE ESFIGMOMANÔMETRO N° 240																																								
Página: 1 / 1																																								
Executor 900 Nome/Razão Social: AUGUSTO CESAR BARRETO NETO CNPJ/CPF: 031.248.934/09 Endereço: R. ALTO DO RESERVATORIO Município/UF: Vitória de Santo Antônio - PE Bairro: Bela Vista Padrão Utilizado Medidor de Pressão Padrão Onneken																																								
Certificado de Calibração n° DIMEL/DIMAC-CC-24/2014																																								
Observações: Os esfigmomanômetros mecânicos, regulamentados pela Portaria Inmetro 153/2005, têm um erro máximo admissível igual a ± 3 mmHg na verificação inicial e eventual e ± 4 mmHg na verificação periódica. Os resultados a seguir referem-se somente ao momento em que o instrumento foi ensaiado.																																								
Tipo: Esfigmomanômetro Anerôide <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Indicação do Padrão</th> <th style="text-align: center;">Indicação do Instrumento</th> <th style="text-align: center;">Pressão crescente (mmHg)</th> <th style="text-align: center;">Pressão decrescente (mmHg)</th> <th style="text-align: center;">Histerese</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">40</td><td style="text-align: center;">40</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">42</td><td style="text-align: center;">(B - A)</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">80</td><td style="text-align: center;">80</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">80</td><td style="text-align: center;">2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">120</td><td style="text-align: center;">120</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">120</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">160</td><td style="text-align: center;">160</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">160</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">200</td><td style="text-align: center;">199</td><td style="text-align: center;">-1</td><td style="text-align: center;">199</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">240</td><td style="text-align: center;">238</td><td style="text-align: center;">-2</td><td style="text-align: center;">239</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">280</td><td style="text-align: center;">278</td><td style="text-align: center;">-2</td><td style="text-align: center;">279</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </tbody> </table>	Indicação do Padrão	Indicação do Instrumento	Pressão crescente (mmHg)	Pressão decrescente (mmHg)	Histerese	40	40	0	42	(B - A)	80	80	0	80	2	120	120	0	120	0	160	160	0	160	0	200	199	-1	199	0	240	238	-2	239	0	280	278	-2	279	1
Indicação do Padrão	Indicação do Instrumento	Pressão crescente (mmHg)	Pressão decrescente (mmHg)	Histerese																																				
40	40	0	42	(B - A)																																				
80	80	0	80	2																																				
120	120	0	120	0																																				
160	160	0	160	0																																				
200	199	-1	199	0																																				
240	238	-2	239	0																																				
280	278	-2	279	1																																				
RESULTADO: <input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado Marca de Verificação: 5990451-3																																								

Recife, 09/10/2014


ISABEL CRISTINA VASCONCELOS BARROS
 SERVIÇO DE FISCAL/VERIFICAÇÃO
 Matrícula: 11827

Data de Emissão: 09/10/2014



IPem-PE
 IPem-PE - Instituto de Pesos e Medidas do Estado de Pernambuco - ipem-PE
 Endereço: Av. Professor Luiz Freire, 900 - Bairro Cidade Universitária - Cep. 50740-540 - Recife, PE
 Telefone: (08051) 3184-4700
 E-mail: ipem@ipem.pe.gov.br

1023700