

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

HINA DA SILVA FURTADO

AVALIAÇÃO DA BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM PLANTAS MEDICINAIS E
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUA E SOLO DA VILA DO ELESBÃO EM
SANTANA-AP

Macapá
2017

HINA DA SILVA FURTADO

AVALIAÇÃO DA BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM PLANTAS MEDICINAIS E
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUA E SOLO DA VILA DO ELESBÃO EM
SANTANA-AP

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas
da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP,
como requisito parcial à obtenção do Título de
Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Prof. Dr. Roberto Messias
Bezerra.

Macapá
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

615.321

F992a Furtado, Hina da Silva.

Avaliação da bioacumulação de metais em plantas medicinais e quantificação de metais em água e solo da vila do Elesbão em Santana-AP / Hina da Silva Furtado; orientador, Roberto Messias Bezerra. – Macapá, 2017.

85 f.

Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do

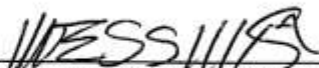
HINA DA SILVA FURTADO

AVALIAÇÃO DA BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM PLANTAS MEDICINAIS E
QUANTIFICAÇÃO DE METAIS EM ÁGUA E SOLO DA VILA DO ELESBÃO EM
SANTANA-AP

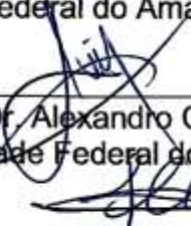
Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas
da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP,
como requisito parcial à obtenção do Título de
Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Data de Aprovação: 21 / julho / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Roberto Messias Bezerra
Universidade Federal do Amapá/PPGCS (Orientador)



Prof. Dr. Alexandre Cezar Florentino
Universidade Federal do Amapá/PPGMDR



Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira
Universidade Federal do Amapá/PPGCF

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS pela vida e pela sabedoria que me concede todos os dias.

A meu orientador Prof. Dr. Roberto Messias Bezerra pela confiança em mim depositada, pelo ensinamento, pelo carinho e respeito que durante a construção deste trabalho dedico.

A Universidade Federal do Amapá-UNIFAP e o Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas- PPGCF pelo apoio para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Esp. Josivan da Silva Costa pelas imprescindíveis orientações que foram de real importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas que com seus ensinamentos ajudaram na conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alexandro Cezar Florentino pelas contribuições estatísticas e pelos questionamentos que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Picanço Souto pelas observações realizadas ao projeto de qualificação.

A minha família que sempre incentivo meus estudos e esteve comigo nos momentos mais difíceis.

Aos amigos Gabriel Monteiro, Magda Luzia Pantoja e Elvis de Jesus pela ajuda nas coletas das amostras, pois, sem a colaboração destes a conclusão desta pesquisa não seria possível.

Aos queridos amigos do Laboratório de Absorção Atômica e Bioprospecção, Gabriela Oliveira, Sônia Oliveira, Yuri Medeiros, Joselito, Franck e Edela que foram meu apoio durante esta longa caminhada.

Ao meu amado Raimundo Monteiro Neto pela ajuda na coleta de amostras, pelo apoio, pelo incentivo de nunca desistir e pela disponibilidade de se colocar sempre a minha disposição.

A Dona Doralice Barbosa Pinheiro pelo auxílio dado durante as expedições realizadas na Vila do Elesbão.

Agradeço imensamente a todos.

“Combati o bom combate, terminei a corrida, guardei a fé. Desde agora, está reservado para mim a coroa da justiça que o senhor, o justo juiz, me dará naquele dia, não somente a mim, mas a todos os que tiverem esperado com amor”
2 Timóteo 4, Bíblia sagrada.

RESUMO

O uso de plantas medicinais pela população é uma cultura milenar atribuída para tratar diversas enfermidades, porém, o uso destes vegetais deve ser realizado com cautela, pois, estas espécies vegetais podem abrigar concentrações séricas de metais pesados, que podem acumular no organismo e causar intoxicações. Esta pesquisa teve como área de estudo a Vila do Elesbão em Santana-AP, pois, está se localiza em uma região de transporte e depósito de minério e durante décadas foi exposta a estes resíduos. A presente pesquisa teve como objetivo investigar a bioacumulação de metais em plantas medicinais, solo e água, oriundos da Vila do Elesbão em Santana-AP, determinando assim a concentração dos metais Fe, Cr, Cu, Ni, Ca, Mg, Pb, Mn, Cd e Co. Deste modo, o estudo buscou investigar a relação entre os metais existentes em solo e os absorvidos pela planta e a toxicidade destes metais em água. Para determinação dos metais foi realizada a espectrometria de absorção atômica, e os dados obtidos para água foram comparados com os parâmetros recomendados pelo CONAMA, OMS e EPA. Realizou-se um estudo comparativo entre as amostras de solo e planta coletados no Elesbão com amostras oriundas do centro de Santana-AP e da cidade de Macapá-AP. A pesquisa constatou a existência de elevadas concentrações de metais em amostras de água, solo e planta da região da comunidade do Elesbão, e por meio de um estudo estatístico foi possível estabelecer a existência da relação entre os metais presentes em solo e sua disponibilidade em plantas medicinais, principalmente para a concentração do metal Chumbo. Ao comparar as concentrações de metais detectados em água com os parâmetros referência constatou-se a toxicidade dos metais Fe, Mn e Pb, presentes nas amostras de água, com concentrações superiores aos limites permitidos. A comparação entre as concentrações de amostras de distintas regiões revelou que há diferenças significativas entre as concentrações de metais em plantas e solos coletados na Vila do Elesbão e as demais localidades pesquisadas, demonstrando que a região possui concentrações maiores de metais.

Palavras-chave: Bioacumulação. Metais. Plantas Medicinais.

ABSTRACT

The use of medicinal plants by the population is a millenary culture attributed to treat various diseases, however, the use of these plants should be carried out with caution, as these plant species can harbor serum concentrations of heavy metals, which may accumulate in the body and cause poisoning. This study had as study area the Vila do Elesbão in Santana-AP, because it is located in a region of transportation and ore deposit and for decades was exposed to these wastes. The present research had the objective of investigating the bioaccumulation of metals in medicinal plants, soil and water, from Vila do Elesbão in Santana-AP, thus determining the concentration of metals Fe, Cr, Cu, Ni, Ca, Mg, Pb, Mn, Cd and Co. Thus, the study sought to investigate the relationship between the metals in soil and those absorbed by the plant and the toxicity of these metals in water. For the determination of the metals, the atomic absorption spectrometry was performed, and the data obtained for water were compared with the parameters recommended by CONAMA, WHO and EPA. A comparative study was carried out between the soil and plant samples collected in Elesbão with samples from the center of Santana-AP and the city of Macapá-AP. The research verified the existence of high concentrations of metals in samples of water, soil and plant in the community of Elesbão, and through a statistical study it was possible to establish the existence of the relationship between the metals present in soil and their availability in plants mainly for the concentration of lead. When comparing the concentrations of metals detected in water with the reference parameters, the toxicity of the Fe, Mn and Pb metals present in the water samples was observed, with concentrations above the permitted limits. The comparison between the concentrations of samples from different regions revealed that there are significant differences between the concentrations of metals in plants and soils collected in Vila do Elesbão and the other localities surveyed, showing that the region has higher concentrations of metals.

Key-words: Bioaccumulation. Metals. Medicinal plants.

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANOVA – Análise de variância.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

EPA - Environmental Protection Agency.

IEPA - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá.

mg – miligrama.

mL – mililitro

Km – Quilômetro.

Fe – Ferro.

Cu – Cobre.

Mn – Manganês.

Pb – Chumbo

Cr – Cromo.

Ca – Cálcio.

Mg – Magnésio.

K – Potássio.

Ni – Níquel.

Co – Cobalto.

OMS – Organização Mundial da Saúde.

WHO - World Health Organization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da localização dos Municípios de Santana, Macapá e Vila do Elesbão no estado do Amapá.....	35
Figura 2. Canteiros das plantas coletadas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	36
Figura 3. Plantas coletadas no centro do Município de Santana-AP.....	37
Figura 4. Plantas coletadas no centro do Município de Macapá-AP.....	37
Figura 5. Pontos de coleta de água e solo na Vila do Elesbão no Município de Santana-AP.....	38
Figura 6. Subestação de tratamento de água da Vila do Elesbão no Município de Santana-AP.....	38
Figura 7. Espectrofotômetro de Absorção Atômica da Universidade Federal do Amapá.....	39
Figura 8. Pontos de coleta de água na vila do Elesbão em Santana.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros usados para determinação de metais em amostras de água, planta e solo.....	40
Tabela 2- Substâncias potencialmente prejudiciais à saúde (teores máximos) em águas potáveis, para as instituições governamentais, CONAMA, OMS e EPA.....	43
Tabela 3- Concentrações dos metais, em mg/g, encontradas nas amostras de Solos coletados na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	45
Tabela 4- Concentrações dos metais, em mg/L, encontradas nas amostras de Plantas coletadas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	45
Tabela 5- Valores do coeficiente de correlação entre a concentração de metais em plantas e solo.....	57
Tabela 6- Média dos valores de metais encontrados nas amostras de água da Vila do Elesbão em Santana-AP e os parâmetros de qualidade da água do CONAMA, OMS e EPA.....	63
Tabela 7- Médias da concentração, em mg/L, de metais em amostras de solo e planta do centro de Santana-AP.....	66
Tabela 8- Médias da concentração, em mg/L, de metais em amostras de solo e planta do centro de Santana-AP.....	66
Tabela 9- Diferenças significativas entre as concentrações de metais em amostras de solo da Vila do Elesbão, Centro de Santana e Macapá.....	68
Tabela 10- Diferenças significativas entre as concentrações de metais em amostras de planta da Vila do Elesbão, centro de Santana e Macapá.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Médias da concentração de Fe em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	48
Gráfico 2. Médias da concentração de Cr em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	48
Gráfico 3. Médias da concentração de Cu em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	49
Gráfico 4. Médias da concentração de Ni em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	49
Gráfico 5. Médias da concentração de Ca em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	50
Gráfico 6. Médias da concentração de Mn em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	50
Gráfico 7. Médias da concentração de Pb em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	51
Gráfico 8. Médias da concentração de Fe em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	53
Gráfico 9. Médias da concentração de Cu em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	54
Gráfico 10. Médias da concentração de Ca em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	54
Gráfico 11. Médias da concentração de Mn em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	55
Gráfico 12. Médias da concentração de Pb em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	55
Gráfico 13. Médias da concentração de Mg em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.....	56
Gráfico 14. Correlação das concentrações de Fe em plantas e solo.....	59
Gráfico 15. Correlação das concentrações de Cu em plantas e solo.....	60
Gráfico 16. Correlação das concentrações de Ca em plantas e solo.....	60

Gráfico 17. Correlação das concentrações de Mn em plantas e solo.....	61
Gráfico 18. Correlação das concentrações de Pb em plantas e solo.....	61
Gráfico 19. Correlação das concentrações de Mg em plantas e solo.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 BREVE HISTÓRICO DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A VILA DO ELESBÃO.....	18
3.2 O USO DE PLANTAS MEDICINAIS.....	19
3.3 ESPÉCIES DE ESTUDO.....	20
3.4 BIOACUMULAÇÃO EM PLANTAS MEDICINAIS.....	21
3.5 A DINÂMICA DOS METAIS EM ESPÉCIES VEGETAIS.....	22
3.5.1 A relação planta, solo, água e os metais traços.....	23
3.5.2 Nutrição mineral das plantas.....	24
3.6 METAIS TRAÇOS NO ORGÂNISMO HUMANO.....	25
3.6.1 Ferro	26
3.6.2 Cromo	27
3.6.3 Cádmio	27
3.6.4 Manganês	28
3.6.5 Níquel.....	29
3.6.6 Chumbo	29
3.6.7 Cobalto	30
3.6.8 Cobre	30
3.6.9 Magnésio.....	31
3.6.10 Cálcio.....	31
3.7 METAIS ESSENCIAIS.....	32
3.8 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA.....	35
4.2 DETERMINAÇÃO DOS MINERAIS E METAIS: PLANTAS, SEDIMENTOS E ÁGUA.....	36

4.2.1 Preparação das amostras vegetais.....	40
4.2.2 Determinação dos minerais e metais em sedimento.....	41
4.2.3 Determinação dos minerais e metais em água.....	41
4.2.3.1 Processo de coleta das amostras.....	42
4.2.3.2 Avaliação de contaminação da água.....	42
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS PLANTAS MEDICINAIS UTILIZADAS NA VILA DO ELESBÃO.....	44
5.2 DETERMINAÇÃO DE METAIS EM PLANTAS MEDICINAIS E SOLO DA VILA DO ELESBÃO.....	44
5.3 CORRELAÇÃO ENTRE METAIS EXISTENTES NO SOLO E ESPÉCIES VEGETAIS DA VILA DO ELESBÃO.....	56
5.4 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS EM AMOSTRAS DE ÁGUA DA VILA DO ELESBÃO.....	62
5.5 RELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS NAS AMOSTRAS DA VILA DO ELESBÃO, CENTRO DE SANTANA E MACAPÁ.....	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

Diversas civilizações utilizam plantas no tratamento de algumas patologias, este uso é justificado pelas propriedades farmacológicas que algumas plantas apresentam. Na região amazônica pode-se observar uma grande diversidade de plantas consideradas medicinais, que são usadas pela população de diversas formas, sendo a principal por infusão de suas folhas. Assim sendo, o uso de plantas medicinais para substituir os fármacos convencionais é uma alternativa de baixo custo, porém como qualquer outro medicamento não está livre de riscos, e deve receber atenção especial, pois pode vir a causar intoxicações para aqueles que as consome.

As plantas medicinais popularmente usadas são ricas em metabolitos secundários responsáveis pelas propriedades farmacológicas, outras substâncias que podem ser tóxicas para o organismo, como por exemplo, complexos inorgânicos, destacando-se neste grupo os metais traços. Naturalmente, é possível encontrar metais traços presentes nas plantas em pequenas quantidades, porém, fatores como a extração de minérios e o processo industrial podem intervir no processo natural e aumentar os percentuais destes metais no ambiente e nos organismos que se concentram neste local, devido ao acúmulo destes metais no solo, na água, no ar. As características que algumas plantas apresentam de serem bioacumuladoras de metais traços as tornam uma via de contaminação para diversos organismos.

É imprescindível que haja uma ressalva quanto ao consumo de plantas medicinais provenientes de áreas que concentram uma grande quantidade de metais traços dispersos no meio ambiente, como as de mineração e garimpos. A região Amazônica concentra uma quantidade significativa tanto de regiões mineradoras e garimpeiras, quanto de plantas medicinais que são constantemente utilizadas pelas comunidades locais, por este fato se faz necessário à realização de análises químicas que possam quantificar os metais presentes nestas plantas e identificar possíveis índices de acumulação. Este fato levanta um importante questionamento, se há possibilidade de algumas plantas medicinais encontradas nestas áreas virem a absorver elevadas concentrações de metais traços ou apesar da exposição elas seriam capazes de manter o equilíbrio natural, podendo ser perfeitamente utilizadas como bioindicadoras de áreas contaminadas e serem

posteriormente associadas na potencialização de extratos com funções medicinais, considerando, a participação de alguns metais em metabolitos secundários.

A área de estudo, Vila Elesbão, localiza-se a margem esquerda do rio Amazonas no Município de Santana-AP. Esta comunidade encontra-se inserida em uma faixa de terra entre a ferrovia que transporta minério da Serra do Navio e o Rio Amazonas, o que propiciou longos anos de exposição aos resíduos de minérios transportados para o porto de Santana-AP. Toda área ocupada pela comunidade é cortada por canais e igarapés que drenam as águas fluviais para o Rio Amazonas, o que faz com que ocorra um grande transporte e acúmulo de rejeito de minério por toda esta área. Muitos estudos já foram realizados e comprovadamente relacionaram algumas doenças apresentados por moradores, com a presença em excesso de elementos químicos como o arsênio, manganês, ferro, e outros. É por este histórico que se faz relevante e importante que pesquisas sejam realizadas em várias temáticas buscando desvendar outras fontes que possam potencializar uma via de contaminação aos moradores do local. Desta forma, este trabalho, foi realizado buscando os mais coerentes parâmetros para investigar, analisar e constatar a ocorrência de contaminação de metais pesados pelo uso de plantas medicinais cultivadas no local e consumida pela comunidade.

Portanto, é importante a investigação da bioacumulação de metais traços em algumas plantas que são consumidas como fitoterápicos pela população. Tendo em vista, que o acúmulo em longo prazo de determinados metais pode causar desequilíbrio em algumas funções químicas e biológicas de organismos vegetal e humano, como ressalta as pesquisas já realizadas por Nazir et al. (2015), Chojnacka (2010) e Pes e Arenhardt (2015), deste modo, o presente estudo tem como objetivo a quantificação das concentrações de metais traços, pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, presentes em amostras de plantas medicinais, solo e água da Comunidade Vila do Elesbão, em Santana-AP, realizando ainda uma análise de correlação entre os níveis de metais presentes em plantas com os níveis encontrados em solo, e das concentrações de metais obtidas em água com os índices aconselhados pelas agências reguladoras CONAMA, OMS e EPA. Por fim realizar uma análise comparativa dos dados obtidos para plantas e solo da Vila do Elesbão com amostras das áreas do centro de Santana-AP e Macapá-AP.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar se há bioacumulação de metais traços em plantas medicinais, solo e água, provenientes da região da Vila do Elesbão em Santana-AP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar as plantas medicinais utilizadas na Vila do Elesbão;
- ✓ Quantificar a concentração de metais (Fe, Cr, Cu, Ni, Ca, Mn, Pb, Co, Mg e Cd) presentes em plantas medicinais e solo da Vila do Elesbão;
- ✓ Determinar a relação entre os metais existentes no solo e sua presença nas espécies vegetais da Vila do Elesbão;
- ✓ Examinar o grau de toxicidade, em relação aos metais pesados, em amostras de água da Vila do Elesbão em comparação com a resolução do CONAMA 357/2005, recomendações da OMS e do EPA;
- ✓ Comparar os resultados obtidos de metais em solo e planta, entre a Vila do Elesbão, o Centro de Santana-AP e a cidade de Macapá-AP.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BREVE HISTÓRICO DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A VILA DO ELESBÃO

A exploração mineral no estado do Amapá teve início na década de 50 com a extração de Manganês no município de Serra do Navio pela Indústria e Comércio de Minérios S.A. (ICOMI) com objetivo de promover o progresso da região (MONTEIRO, 2003). O minério era transportado até o Porto de Santana, as margens do Rio Amazonas, para ser processado na usina de pelotização mantida pela empresa nesta mesma região, e os rejeitos gerados depositados em uma lagoa artificial. Em meado de 1980 por questões econômicas a ICOMI encerra suas atividades na região e os rejeitos ricos em Manganês, Ferro e Arsênio são depositados em uma bacia de decantação próxima a duas nascentes de igarapés, o Elesbão 1 e Elesbão 2, ambas localizadas nas imediações da comunidade do Elesbão e com migração direta para o rio Amazonas (LIMA, 2007).

Os rejeitos abandonados na área da empresa ICOMI contêm resíduos de metais pesados nocivos ao meio ambiente, como o Arsênio, que solubilizados na água atingiram os lençõs freáticos das lagoas existentes na região. Porém, recentemente estes rejeitos foram retirados da bacia de decantação e empilhados em uma área restrita da ICOMI, a céu aberto, representando risco à população que vive próxima a empresa, como por exemplo, a comunidade do Elesbão (SANTOS, 2003).

A comunidade do Elesbão é sem dúvidas a mais afetada pelo processo de mineração e pela falta de manejo dos rejeitos produzidos pela usina de pelotização. A Universidade Federal do Pará realizou pesquisas na região para investigar as possíveis contaminações por metais pesados, na ocasião foram recolhidas amostras de cabelo de 100 pessoas da comunidade, destas 98 apresentaram índices de arsênio 20 vezes maior que o recomendado. A ICOMI, atualmente retirada do estado do Amapá deixa uma herança infeliz de contaminação ambiental e humana, o não cumprimento do contrato inicial de exploração do manganês, além do não pagamento de duas multas aplicadas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (CASARA, 2003).

Porém, a mineração não deixou o Estado do Amapá, na região do Amapari foram encontradas importantes jazidas de minério de Ferro, as quais atraíram investimentos da empresa MMX Mineração e Metálicos. No final do ano de 2007 foi realizado o primeiro embarque de minério de Ferro, e no ano subsequente o projeto foi vendido para a o grupo Anglo American, contudo, com o crescimento da exploração de minério a responsabilidade atualmente pertence a Anglo Ferrous Amapá Ltda., subsidiária da Anglo American (OLIVEIRA, 2010), portanto mais um projeto que utiliza o porto de Santana para embarque e transporte de minério, o qual é estocado próximo a região da Vila do Elesbão.

A exploração de minérios gera grandes impactos ambientais, a exemplo do desmatamento, assoreamento de cursos d'água, extermínio da biodiversidade, assim como na sociedade, tais como, problemas na saúde e na infraestrutura urbana (SIMÕES, 2009).

3.2 O USO DE PLANTAS MEDICINAIS

O uso de plantas medicinais é desde a antiguidade um hábito de diversos povos da terra, usado para tratar várias doenças. Este é um conhecimento popular passado ao longo dos tempos de geração para geração, que se perpetua até os dias atuais, principalmente em comunidades rurais, localizadas longe dos grandes centros urbanos. Apesar da evolução científica e tecnológica a utilização de plantas medicinais é uma pratica frequente devido aos altos custos de medicamentos sintéticos, além da facilidade na obtenção destas (VASCONCELOS et al., 2010).

Uma planta medicinal pode ser definida de acordo com Lopes et al. (2005), como toda planta que administrada ao homem ou animal, por qualquer via ou forma, desempenhe alguma ação terapêutica. Segundo Chenkel et al. (2000) o tratamento realizado com uso de plantas medicinais é designado de fitoterapia, e os fitoterápicos são os medicamentos produzidos a partir dessas plantas. Deste modo, a fitoterapia é caracterizada pelo tratamento com o uso de plantas medicinais sem a utilização do princípio ativo isolado.

Contudo, é importante ressaltar a necessidade do cuidado com o consumo destas drogas vegetais, a fim de comprovar sua eficácia e estabelecer níveis de segurança, para tanto é preciso determinar os constituintes químicos de uma planta, como compostos orgânicos e inorgânicos, para que se possa assegurar a

confiabilidade de sua ingestão (SOUZA-MOREIRA et al., 2010). O tratamento realizado por meio de plantas medicinais pode ser bastante favorável à saúde humana, desde que o usuário tenha conhecimento acerca de sua finalidade, riscos e benefícios (PIRIZ et al., 2013).

3.3 ESPÉCIES DE ESTUDO

As espécies vegetais pertencentes às famílias *Xanthorrhoeaceae*, *Lamiaceae*, *Bignoniaceae* e *Crassulaceae* são frequentemente usadas na medicina natural como drogas vegetais para o tratamento de diversas doenças, e também na indústria de cosméticos e de culinária (LOPES; PANTOJA, 2012).

O gênero *Aloe*, pertencente à família *Xanthorrhoeaceae*, possui mais de 400 espécies, dentre estas, a mais cultivada é a babosa, de nome científico *Aloe vera* (L.) ex Webb, que possui origem no norte da África e é uma planta típica de áreas de deserto, por esta capacidade de sobreviver em áreas de escassez de água que a babosa se adaptou perfeitamente a região do cerrado brasileiro. A babosa é uma planta perene, cujo tronco com um metro sustenta um tipo de bulbo que desabrocha cerca de cinquenta folhas suculentas, carnudas, cerosas, de cor verde, com margem serrada e levemente espinhosa. A parte usada da planta para fins medicinais, cosméticos e alimentícios é a folha (PARENTE et al., 2013).

A *Bryophyllum calycinum* L., conhecida popularmente na Amazônia como Pirarucu ou folha da fortuna, é uma espécie vegetal pertencente à família Crassulácea, é uma planta de pequeno porte com folhas largas e carnosas (NASCIMENTO et al., 2014). Dentre as plantas medicinais ela se destaca devido ao seu conhecido efeito cicatrizante, sendo assim, suas folhas são empregadas no tratamento de feridas, abscessos, furúnculos, tosse, dor de garganta, glaucoma, além de serem empregadas como anti-inflamatórias e antiulcerogênicas (CORREA; COUTINHO, 1984; VAN DEN BERG, 1996).

A *Friderichia chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann, pertence à família *Bignoniaceae*, é conhecida na região Amazônica como Pariri, e em outras regiões do Brasil como crajiru, carajuru ou cipó cruz, é um arbusto de pequeno porte, com folhas trifolares, e que apresenta cor ferruginosa (ALBUQUERQUE, 1989; VIEIRA, 1991; PIMENTEL, 1994). Na medicina popular suas folhas são utilizadas para a preparação de chá que é empregado como anti-inflamatório, antianêmicos, e no combate a cólicas

intestinais (COSTA; LIMA, 1989). Também há a obtenção de tinturas extraídas das folhas da planta que são usadas para tratar infecções na pele e doenças ginecológicas (KALIL FILHO et al., 2000).

A *Plectranthus ornatus* Codd. é popularmente conhecido como boldo-miúdo, boldo-gambá ou boldo-do-Chile (RODRIGES et al., 2011), pertence a família *Lamiaceae*, é originária de países do Mediterrâneo e do Oriente (SANTOS et al., 2014), sendo uma espécie que possui folhas suculentas e aromáticas (MAURO et al., 2008). Na medicina popular a espécie é usada no tratamento de gastrite, azia, mal estar gástrico e doenças do fígado, porém há pesquisas que relatam propriedades analgésicas e diuréticas (CORRÊA et al., 1998) e na diminuição de secreções gástricas (DELLAR et al., 1996).

3.4 BIOACUMULAÇÃO EM PLANTAS MEDICINAIS

O uso de plantas medicinais para o tratamento de doenças é um método muito antigo da humanidade. Atualmente, esse método ainda é a única alternativa de algumas comunidades, que não tem acesso a medicamentos convencionais (VEIGA et al., 2005). A utilização de plantas como fitoterápicos deve ser avaliado com cautela, pois algumas plantas podem vir a apresentar algum grau de toxicidade para organismo humano, como por exemplo, a presença de elevadas concentrações de metais pesados, a estas espécies vegetais chamamos de bioacumuladoras (FREIRE, 2005).

A Bioacumulação ocorre quando um organismo absorver do meio ambiente concentrações de espécies metálicas maiores de o necessário para o metabolismo ou metais que não possuem funções metabólicas. Estas plantas podem ser divididas em plantas acumuladoras que absorvem e mantêm altas concentrações de metais em seus tecidos mesmo havendo baixas concentrações no ambiente, há ainda as indicadoras que absorvem e refletem as mesmas concentrações do ambiente em que estão, e por fim as exclusoras que absorvem os metais e mantêm as concentrações constantes mesmo aumentando as concentrações no ambiente (ASSUÇÃO, 2012).

Plantas que acumulam mais de 100 mg de Cd (Cádmio) por Kg (0,01%) ou mais do que 500 mg de Cr (Cromo) por Kg (0,05%) no tecido da folha seca podem ser consideradas hiperacumuladoras (SARMA, 2011). A característica que algumas

plantas apresentam de serem bioacumuladoras de metais pesados as torna um perigo para a saúde humana, pois ao serem consumidas transferem o metal acumulado em suas folhas, caule e raízes, para o organismo humano. Os metais tóxicos afetam, por exemplo, os sistemas gastrointestinais, neurológico e imunológico. Os metais mais perigosos são Cádmio, Chumbo e Mercúrio, pois ainda não se encontrou uma função biológica para estes (CHOJNACKA, 2010).

O solo e a água são os principais meios pelo qual as plantas absorvem os metais. Pode-se constatar a absorção de Cd (Cádmio) em aveias pretas (GONÇALVES et al., 2008) e em plantas de milho verificou-se uma elevada quantidade de Cd e Pb (Chumbo) (FREITAS et al., 2009). Estudos realizados nas plantas *Melissa officinalis* (Cidreira) e *Justicia pectoralis* (Anador) apresentaram teores bastante elevados de Ca (Cálcio), macroelemento de grande importância nutricional (MAGALHÃES, 2002)

Estas plantas que apresentam características bioacumuladoras podem ser excelentes bioindicadoras de contaminação ambiental, pois absorvem com facilidade alguns agentes poluentes. No entanto, o emprego de plantas como bioindicadores não substitui análises convencionais, mas o uso destas é uma opção viável (KLUMPP et al., 2001).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nas resoluções de nº 357 de 2005 e nº 420 de 2009 determinam os índices recomendados de metais em água e solo, respectivamente, estes índices indicam a qualidade destas substâncias e a segurança no uso destas pela população. Estes critérios normativos são importantes parâmetros para determinar a qualidade da água e solo de um determinado ambiente.

3.5 A DINÂMICA DOS METAIS EM ESPÉCIES VEGETAIS

As plantas retiram do ambiente os componentes necessários para as reações metabólicas essenciais para a manutenção de suas células e seu crescimento, tais como, os metais. Dentre estes metais, temos alguns essenciais, como o Mg (Magnésio), Ca e K (Potássio), outros essenciais em pequenas quantidades como Fe (Ferro), Zn (Zinco) e Cu (Cobre), e outros não essenciais como Pb, Cr e Ni (FAQUIN, 2005).

Os metais absorvidos sofrem um transporte radial pela raiz, encontrando um primeiro filtro de difusão e de regulação na endoderme. Já no estelo, os metais seguem essencialmente via xilema e, em suas relações com as células vizinhas, podem induzir alterações na diferenciação do próprio sistema vascular, uma vez que, em concentrações menores, alcançam as folhas, podendo alterar a estrutura e o funcionamento das células fotossintéticas (BARCELÓ; POSCHENRIEDER, 1992).

Podem-se destacar dois tipos de mecanismos de absorção de metais que explicam a dinâmica destes nos vegetais: a absorção passiva na qual o metal entra de um meio mais concentrado, solução externa, para outro de maior concentração, a qual corresponde à parede celular, isto ocorre por difusão e trocas iônicas, os espaços reservados a estes metais são preferencialmente para trocas de íons divalentes, a outra forma é a ativa na qual há a ocupação do simplasto radicular que faz com que metal atravesse a barreira lipídica da plasmalema, atingindo o citoplasma, desta forma o elemento chega ao vacúolo depois de vencer a outra barreira representada pelo tonoplasto. Para isso, a célula tem que gastar energia fornecida pela respiração, uma vez que o metal caminha de uma região de menor concentração para outra de maior concentração. O mecanismo ativo é lento e irreversível, o metal só deixa o citoplasma ou o vacúolo se as membranas forem danificadas. Contudo, a membrana é a responsável pela seleção da absorção de cátions e ânions (FAQUIN, 2005).

O elemento Potássio está envolvido na osmose atuando no balanço iônico e na abertura e fechamento de estômatos. O Cálcio constitui a parede celular das plantas, atua com cofator de enzimas e está diretamente ligado na permeabilidade da parede celular. O magnésio é um elemento que faz parte da molécula de clorofila. O Ferro na forma Fe^{+2} ou Fe^{+3} é necessário para que haja a síntese da clorofila e participa da nitrogenase. Estes metais estão envolvidos com diversas funções metabólicas, como fotossíntese e respiração, pois estas são reações de oxirredução, onde os elétrons são transferidos de uma molécula que funciona como receptor de elétrons ou retirados de uma que funciona como doadora de elétrons, neste caso os metais não essenciais participam das trocas iônicas substituindo íons de metais essenciais (RAVEN et al., 1996).

3.5.1 A relação planta, solo, água e os metais traços

As plantas são organismos autotróficos que habitam em ambientes inorgânicos, do qual esta retira da atmosfera o CO_2 , água e nutrientes minerais do solo, isto por meio de seu sistema radicular, que por abranger uma grande área possui a capacidade de absorver íons inorgânicos em baixas concentrações presentes na solução do solo (HORN et al., 2006). A água constitui em algumas plantas aproximadamente 95% do total da massa verde (SUTCLIFE, 1980), a água participa de várias reações químicas que ocorrem na planta (PES; ARENHARDT, 2015).

O solo propicia para o sistema radicular da planta um ambiente com água, gases e minerais para seu desenvolvimento, este conjunto pode mudar de acordo com a origem do solo, pois cada região possui um solo com propriedades físicas e químicas diferentes. Os compostos inorgânicos ocorrem naturalmente e estão presentes no solo em forma de complexos e substâncias químicas diversas, parte do volume do solo é constituída de espaços porosos que são preenchidos por partes de ar e água (RAVEN et al., 1996).

Os metais existentes no solo estão distribuídos em diferentes porções, apresentando-se na forma de íons metálicos livres ou complexos solúveis desses íons, espécies metálicas que ocupam locais de trocas iônicas, metais ligados a compostos orgânicos, metais já precipitados na forma de óxidos, carbonatos ou hidróxidos, e por fim metais na composição cristalina de minerais. Os metais oriundos de contaminação antropogênica estão presentes no solo nas formas de íons metálicos livres, complexos solúveis ou precipitados (ALVARENGA et al., 1998).

Portanto, os metais presentes na solução do solo, que é um sistema água-solo, são transferidos para as plantas sendo parte importante para sua nutrição. Assim, a concentração destes metais em plantas depende em grande parte da quantidade de minerais existentes na solução do solo, quando essas concentrações se encontram elevadas podemos encontrar espécies vegetais com níveis irregulares de metais traços, sendo classificadas como plantas acumuladoras ou hiperacumuladoras de metais (BAKER; BROOKS, 1989).

3.5.2 Nutrição mineral das plantas

De acordo com Raven et al. (1996) dos elementos químicos presentes nas plantas estudadas dez eram importantes para o crescimento normal, e que a ausência de qualquer um destes causava deficiências em seu crescimento e sua reprodução, sendo os elementos importantes o C (Carbono), H (Hidrogênio), O (Oxigênio), K, Ca, Mg, N, P (fósforo), S (Enxofre) e Fe, estes são assinalados como elementos essenciais ao crescimento da planta ou ainda minerais essenciais ou nutrientes inorgânicos essenciais. Anos mais tarde descobriu-se a importância de outros elementos químicos, como o Mn, Zn, Cu, Cl (Cloro), B (Boro) e Mo (Molibdênio).

A concentração de elementos químicos em plantas pode variar de acordo com a espécie vegetal, dependendo da concentração encontrada os nutrientes minerais podem ser divididos em dois grupos, os macronutrientes (Ca, Mg e K), que são aqueles elementos em maior quantidade e os micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn) também chamados de elementos traços, que são necessários em pequenas quantidades (MARSCHNER, 1995; MENGEL e KIRKBY, 2001). Deste modo, é importante ressaltar que os dois grupos possuem a mesma importância metabólica para as plantas independentemente da quantidade (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

Os micronutrientes participam principalmente das atividades enzimáticas e constituindo as moléculas envolvidas na fotossíntese, como por exemplo, o Ferro que atua ainda na respiração e na produção de ATP (adenosina trifosfato), o Mn que participa da fixação de Nitrogênio nas leguminosas, o Zn faz parte da produção de amido e fitohormônios, e o Cobre que atua na formação da parede celular, na síntese de DNA e RNA e no metabolismo de proteínas. As plantas podem vir a absorver elementos não essenciais e, portanto, tóxicos, como Pb, Cr e Al, sendo altamente prejudicial, pois interfere no metabolismo dos elementos essenciais, reduzindo e alterando o transporte e absorção dos nutrientes Fe, Mn, Zn, P, Ca, Mg e Cu, por meio de trocas iônicas, nas quais os íons de elementos essenciais são substituídos por íons de metais não essenciais (PES; ARENHARDT, 2015).

3.6 METAIS TRAÇOS NO ORGÂNISMO HUMANO

Metais traços é uma terminologia empregada para designar espécies metálicas que causam contaminações ao meio ambiente (CORRÊA, 2006). Porém, está nomenclatura também abrange semimetais e não metais, como, o Arsênio e o

Selênio. Quando estes metais estão em ambientes aquáticos são encontrados na forma de íons hidratados livres ou complexados a moléculas orgânicas e inorgânicas, ou podem também encontrar-se na forma de sólidos agregados a sedimentos e partículas em suspensão na água (STUMM, 1996). No solo os metais estão complexados principalmente a óxidos, especialmente quando são provenientes de regiões tropicais, nas quais há maior incidência dos metais Fe, Mn e Al (FONTES; WEED, 1996).

O acúmulo destes metais no ecossistema pode ser nocivo à saúde humana e de outros organismos, como plantas e animais (SIEGEL, 2002), apesar de muitos serem metais essenciais para o organismo humano, atuando como micronutrientes, podem em elevadas quantidades serem tóxicos (FERREIRA; WERMELINGER, 2013). Há também aqueles que não possuem nenhuma função nutricional ou biológica no organismo, sendo consequentemente tóxicas em qualquer concentração, como Pb e Cd (PRISTA, 2006).

Este tipo de substância química apresenta aspectos cumulativos no meio ambiente, estudos encontraram vestígios de As (Arsênio), Cd, Pb e Cr em alimentos, na água e em plantas. Estes elementos possuem características carcinogênicas quando estão em elevadas concentrações, o que representa um perigo à saúde humana (PASCALICCHIO, 2002). Nos últimos anos, pode-se observar o crescimento da concentração destes metais no meio ambiente devido a fatores, como a industrialização e a exploração de recursos naturais como, por exemplo, a mineração, que ocasiona elevados índices de poluição e contaminação ambiental (ALLEONI et al., 2005).

3.6.1 Ferro

O Ferro é um elemento essencial para alguns processos metabólicos, como, por exemplo, a respiração celular, fazendo parte da proteína Hemoglobina responsável pelo transporte de oxigênio, porém, na organização do organismo é necessário que haja equilíbrio no metabolismo do Ferro de forma que não exista o excesso ou a falta destes (LE MOS et al., 2010).

O Ferro participa de muitos processos oxidativos do organismo na forma de íon Fe^{+2} e íon Fe^{+3} que formam quelados com aminoácidos e proteínas (TUMA et al., 2003). O fato de este elemento ser altamente reativo faz com que sua presença em

altas concentrações seja tóxica para o organismo, visto que, realiza a catalise do oxigênio, transferindo um elétron para o oxigênio molecular, produzindo o superóxido (íon O_2^-), que é precursor do peróxido de hidrogênio. Este peróxido formado reage com Fe^{+2} originando um radical hidroxila ($OH^\cdot$), (PIERRE; FONTECAVE, 1999). Este produto final da reação é um radical livre que promove à oxidação de diversas moléculas e organelas, gerando danos às células do organismo humano (ANDREWS, 2000).

É importante ressaltar que o excesso deste elemento no organismo representa um perigo toxicológico, devido à acumulação, o que suscita desequilíbrio ao organismo, podendo colaborar com algumas doenças. Pesquisas comprovaram a participação do Ferro em doenças neurodegenerativas, como o Mal de Alzheimer (SMITH et al., 2007).

3.6.2 Cromo

O Cromo está presente no ambiente na forma de cromita ($FeCr_2O_2$) ou agregado a outros minerais como a ferrocromita ($Fe_2Cr_2O_4$), outra forma de disponibilidade é a aplicação deste metal em metalúrgicas e pigmentação de tecidos. Este metal está em várias formas oxidativas, sendo as principais e mais estáveis a trivalente e a hexavalente. Ambas as formas apresentam características químicas e propriedades físicas diferentes, podendo formar complexos com compostos orgânicos (Augustynowicz et al., 2010).

A forma trivalente do Cromo apresenta essencialidade no metabolismo humano, atuando no metabolismo do açúcar, como um fator de tolerância de glicose (SCHWARTZ; MERTZ, 1959). Todavia, o cromo hexavalente possui um elevado potencial oxidoredução e uma facilidade de penetrar na membrana celular, por este fato pesquisas demonstraram a extrema toxidez deste composto (KOTAS; STASICKA, 2000).

A inalação e retenção de Cromo hexavalente (Cr^{+6}) molecular pode agravar doenças, como a asma, a bronquite, a pneumonia e a incidência de câncer nos brônquios. O contato deste íon com a pele pode causar irritações e alergias (GAD, 1989).

3.6.3 Cádmio

O Cádmio é um metal pesado, encontrado na crosta terrestre agregado a rochas sedimentares, está associado aos minérios de Zinco, Chumbo e Cobre. No solo os íons de Cd podem estar livres ou complexados a compostos inorgânicos e orgânicos (ANJOS, 1998). Os íons de Cd possuem maior mobilidade em ambientes aquáticos quando comparado a outros metais, principalmente em águas superficiais e subterrâneas na forma de íon bivalente ou complexado a outros compostos (CHAVES, 2008).

O Cd é um metal bioacumulativo, o que representa um perigo a saúde humana, pesquisas realizadas demonstraram a ligação deste metal com diversas mudanças patológicas, como por exemplo, o desenvolvimento de complicações renais, a hipertensão, a osteoporose, leucemia, infertilidade e o câncer em rins (SATARUG et al., 2003). Uma das principais vias de absorção de Cd é a alimentação, pois, diversos produtos agrícolas estão contaminados pelo metal, estudos verificaram altas concentrações de Cd nos rins, índices maiores que os encontrados nos alimentos, caracterizando assim a acumulação do metal no organismo humano (GUIMARÃES et al., 2008).

3.6.4 Manganês

O Manganês é um metal disponível no solo, associado a compostos inorgânicos e orgânicos, associado a outros elementos químicos como, Oxigênio, Cloro e Arsênio. Na forma metálica é utilizado na indústria metalúrgica, produção de pilhas, na indústria têxtil e como fertilizante. O Mn pode estar presente na água na forma de Mn^{+2} , a ocorrência deste metal na água pode ser elevada por meio de processos industriais e extração mineral (FIT, 2012).

O Mn é um elemento essencial em pequenas quantidades para os organismos vivos, no caso ser humano, participa dos processos reprodutivos e auxilia no funcionamento do sistema nervoso. A principal via de absorção do Mn pela população é por meio dos alimentos, que concentram pequenas quantidades deste metal, outra via é a ingestão de água, principalmente águas subterrâneas (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Do ponto de vista toxicológico o Mn apresenta uma pequena toxicidade, porém em altas concentrações pode acumular no organismo. Pesquisas realizadas

comprovam a ação neurotóxica do Mn, no estudo do cientista Couper em 1837, foram avaliados trabalhadores de uma fábrica de produtos químicos, que durante um longo período foram expostos à poeira de minério de Mn, sugerindo a ocorrência de anomalias como, apatia, anorexia, distúrbios de comportamento e espasmos (IREGREN, 1999).

3.6.5 Níquel

O Níquel é um metal de transição existente na crosta terrestre na forma de Sulfeto de Níquel e associado a minérios de Arsênio e Ferro. O Ni é muito utilizado na indústria para a produção de utensílios domésticos, eletrônicos, pilhas e baterias, porém, a forma incorreta de descarte destes materiais libera para o meio ambiente grandes quantidades de Ni, causando contaminação do solo, água e plantas (KHODADOUST et al., 2004).

O Ni possui um papel no metabolismo humano atuando na oxidação do hidrogênio por meio das enzimas hidrogenases. Contudo, em elevadas quantidades pode causar intoxicação, causando irritação gastrointestinal, febre, diarreia e insônia. O níquel, no corpo liga-se à albumina, sendo transportado pela corrente sanguínea, e acumula-se em alguns órgãos, principalmente nos rins, no fígado e nos pulmões (APDA, 2012).

3.6.6 Chumbo

O Chumbo é metal encontrado no ambiente como mineral combinado a outros elementos químicos, como o Enxofre e Oxigênio, na forma de Sulfato de Chumbo (PbSO_4) e Carbonato de Chumbo (PbCO_3), e estão em concentrações de 10 a 30 mg.Kg^{-1} na crosta terrestre (USDHHS, 1999). O Pb é utilizado na fabricação de blindagens nuclear, baterias, pigmentos e fertilizantes (MANAHAN, 2003).

Na água o Pb está em menor quantidade, pois este metal precipita, principalmente na presença de Óxido de Ferro. Os compostos de Pb são pouco solúveis em meio onde o grau de acidez é baixo, por este fato quando em contato com o estômago humano é solubilizado provocando intoxicação, a principal fonte de absorção, é o consumo de solo contaminado e inalação de poeira (BOSSO; ENZWEILER, 2008).

O Pb é um elemento tóxico não essencial para o organismo, podendo acumular no corpo humano provocando efeitos característicos da intoxicação por metais traços e outras específicas, como a inibição da absorção de Cálcio e a interação com proteínas (MOREIRA; MOREIRA, 2004). A toxidez do Pb causa alteração no funcionamento da membrana celular, de enzimas e do sistema nervoso, sendo este último mais sensível a elevadas concentrações de Pb, causando sobretudo a encefalopatia (DE GENNARO, 2002).

3.6.7 Cobalto

O cobalto é um elemento relativamente raro, pois sua disposição na crosta terrestre é de 0.001 - 0.002%, na forma de mineral de Cobaltita (CoS_2), Linneita (Co_3S_4), Esmaltita (CoAs_2) e Eritrita ($3\text{CoO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (MERCK INDEX, 1996). O Co é utilizado na indústria na produção de ligas metálicas para a fabricação de ferramentas, também é usado na forma química como catalizador, pigmento e na Cobaltoterapia na forma de ^{60}Co para substituir o tratamento a Rádio no combate a algumas formas de câncer (SCANSETTI et al., 1998; GOYER E CHERIAN, 1995; CECIHS, 1987).

O Co é um micronutriente necessário ao ser humano, pois é responsável pela formação da vitamina B12 (KLASSEN; WATKINS, 2001). Porém, por ser um metal traço, em quantidades elevadas pode ser tóxico ao organismo humano, pois substitui elementos essenciais, como o Zinco, na formação de enzimas que dependem deste metal, provocando deficiência de Zn no organismo, promove ainda alterações no metabolismo de carboidratos, como a diminuição na utilização da glicose, prejudicando a captação de Oxigênio, afetando diretamente a produção de energia (ALVES; ROSA, 2003).

3.6.8 Cobre

O Cobre é um metal de transição muito utilizado desde antiguidade, e é o terceiro metal mais usado no mundo. No meio ambiente o Cu está na forma de Óxido de Cobre (CuO) e Sulfato de Cobre (CuSO_4), este metal é muito consumido principalmente pela indústria metalúrgica para a fabricação de ligas metálicas, canos, fios elétricos e radiadores de automóveis (SARGENTELLI, 1995).

O cobre é um micronutriente essencial para o crescimento de plantas e animais. Nos seres humanos, ajuda na produção de hemoglobina no sangue, já nas plantas, o Cu é especialmente importante na produção de sementes, resistência a doenças, e regulação da água. O Cu é de fato essencial, mas em altas doses que pode causar anemia, danos no fígado, nos rins, estômago e irritação intestinal, principalmente, se este encontrar-se na forma de Sulfato de Cobre, (WUANA; OKIEIMEN, 2011).

O Cobre ocorre normalmente na água potável a partir de tubos deste metal, sendo uma possível via de absorção pelo ser humano, apesar deste fato, o Cu não é bioacumulado na cadeia alimentar. No solo, os complexos de Cu estão fortemente ligados a compostos orgânicos, e apenas uma pequena fração será encontrada em solução como o cobre iônico, Cu (II) (MARTÍNEZ; MOTTO, 2000).

3.6.9 Magnésio

O Magnésio é um elemento conhecido desde antiguidade. Na Grécia antiga foi descoberto na forma de Carbonato de Magnésio ($MgCO_3$), na Grã-Bretanha foi usado como sal de Epsom ($MgSO_4 \cdot 10H_2O$), um composto de Mg utilizado para tratar de ferimentos externos. Atualmente, o Mg é empregado na fabricação de ligas metálicas com Cobre e Alumínio, na indústria aeroespacial, aspirador de pó, sinalizadores luminosos e medicamentos como o hidróxido de Magnésio ($MgOH$) (PEIXOTO, 2000).

O Mg é um metal essencial para os seres vivos, pois participa de diversos processos metabólicos, como as reações enzimáticas, em especial o metabolismo de açúcares, além de está presente nos ossos e músculos. Nas plantas, o Mg encontra-se presente na clorofila, que é uma substância essencial para a fotossíntese, deste modo, sua tarefa é semelhante a do Ferro na hemoglobina (ELIN, 2010; KOLTE et al., 2014).

3.6.10 Cálcio

O Cálcio é encontrado na natureza como constituinte de rochas, calcário e mármore. Sua forma inorgânica mais utilizada é o Óxido de Cálcio, presente na fabricação de vidros e tintas, além da função industrial, o Cálcio é um micronutriente

essencial para o ser humano, necessário ao metabolismo estando presente na constituição de ossos e dentes, ajuda na coagulação do sangue e na contração muscular (PEIXOTO, 2004).

A absorção de Cálcio pelo organismo é auxiliada pela vitamina D, pesquisas demonstram que o consumo deste nutriente pode prevenir doenças como a osteoporose e hipertensão arterial. As principais fontes de Cálcio são os alimentos como o leite, queijos e verduras (PEREIRA et al., 2009).

3.7 METAIS ESSENCIAIS

Entre os metais traços, alguns são considerados como essenciais por exercer funções biológicas importantes no metabolismo de diversos organismos, como por exemplo, Fe, Zn, Cu, Ni e Mn que atuam como cofatores enzimáticos em plantas, microorganismos e mamíferos. Outros elementos, como o Cromo, é essencial apenas em pequenos teores, participando do metabolismo da glicose em mamíferos (BIONDI, 2010). Pode-se mencionar ainda o Cálcio e o Magnésio, que atuam na formação de ossos, dentes e tecidos. O potássio, quando associado ao sódio, regulariza o funcionamento do sistema muscular e os batimentos cardíacos (FRANCO, 1998).

Os micronutrientes de plantas, os quais abrangem os metais e minerais B, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são necessários para o metabolismo das plantas, em pequenas concentrações, para que estas tenham adequado crescimento e reprodução. Estes micronutrientes atuam como constituintes de enzimas (Fe, Mn, Cu, Ni), como ativadores de enzimas (Mn, Zn) e na fotossíntese transportando elétrons (Fe, Cu, Mn, Cl) (KIRKBY; RÖMHELD, 2007). Em quantidades inadequadas estes metais podem inibir ou promover o crescimento das plantas, interferindo diretamente no metabolismo (SARMA, 2011).

Muitas das substâncias encontradas em extratos de plantas que são constantemente utilizadas em estudos farmacológicos para o tratamento de algumas patologias, como a ação de flavonoides que é diretamente afetada pelos metais existentes nos vegetais, pois participam diretamente dos mecanismos de ação destes, como por exemplo, os polifenóis (flavonoides) que têm a propriedade de formar complexos com íons metálicos como Ferro, Vanádio, Magnésio, Alumínio e Cálcio. Devido à importância destes íons nos processos biológicos, principalmente

do ferro, suas associações com os polifenóis resultam em uma melhor inibição do crescimento de microrganismos nocivos ao organismo humano (HASLAM, 1996).

Contudo, as plantas não absorvem somente os metais que são essenciais para o metabolismo destas, também concentram metais pesados que podem intervir neste processo, como o Cd que interfere na germinação, pois quando as sementes são postas a germinar em ambientes com altos níveis de Cádmio, a atividade das α e β amilases é significativamente reduzida, comprometendo a respiração celular da planta (CHUGH; SAWHNEY, 1996).

3.8 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

A espectrometria de absorção atômica é uma técnica que atualmente é muito utilizada para a determinação de metais traços em amostras de água, solo e planta. A técnica utiliza o princípio de que os átomos livres, no estado gasoso, gerados em um atomizador são capazes de absorver radiação de frequência específica que é emitida por uma fonte espectral. Desta forma, sabendo que cada elemento possui uma linha espectral única, pode-se determinar a existência dos elementos pesquisados (BORGES, 2005).

A teoria quântica do espectro foi proposta por Max Planck para explicar as propriedades da radiação emitida por corpos aquecidos, em seguida a teoria foi estendida para explicar os processos de emissão e absorção. Os átomos, íons e as moléculas existem em certos estados, que são caracterizados por quantidades de energia definidas, assim, quando uma espécie modifica seu estado, ela absorve ou emite certa quantidade de energia precisamente igual à diferença de energia entre os estados. Ao absorver ou emitir radiação os átomos, íons ou moléculas realizam uma transição de um estado energético para outro, a frequência ou comprimento de onda da radiação é relacionado com a diferença de energia entre os estados, o resultado é expresso na forma gráfica de um espectro. Na espectroscopia de absorção, é medido a quantidade de luz absorvida em função do comprimento de onda (HOLLER et al., 2009).

Cada elemento químico possui um número particular de elétrons associados com seu núcleo. A configuração mais estável de um átomo é chamada de “estado fundamental” e representa a forma como este é usualmente encontrado no estado gasoso. Quando uma determinada quantidade de energia é aplicada sobre o átomo

e esta é absorvida, um dos elétrons mais externos será promovido a um nível energético superior, levando o átomo a obter uma configuração energética menos estável denominada “estado excitado”. Sendo esta configuração instável, o átomo retorna imediatamente para o “estado fundamental”, liberando em seguida a energia absorvida sob a forma de luz. Este processo é utilizado para fins analíticos de determinação de elementos químicos (JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA E COLETA DAS PLANTAS MEDICINAIS

O estudo foi realizado na Vila do Elesbão, localizada no Município de Santana, no Estado do Amapá. Para estudo de avaliação e comparação de acumulação de metais na região estuda foi selecionado um ponto de coleta na área urbana do Município de Santana, no Bairro Novo Horizonte, e um ponto na área urbana de Macapá, no Bairro Central (figura 1). A Vila do Elesbão está distante aproximadamente 22 km do centro da Capital do estado do Amapá, é banhada pelo Rio Amazonas, o acesso à comunidade é pelo ramal do Elesbão, e a região abriga uma população de maioria ribeirinha (LIMA, et al., 2007).

Os critérios de escolha das espécies vegetais estudadas foram de acordo com um levantamento etnobotânico realizado nas áreas de estudo, visando conhecer as plantas medicinais mais utilizadas pela população da comunidade, por meio de entrevistas (ANEXO) (LIMA; MAGALHÃES; SANTOS, 2011).

Figura 1 - Mapa da localização dos Municípios de Santana, Macapá e Vila do Elesbão no estado do Amapá.



FONTE: Google, 2017.

4.2 DETERMINAÇÃO DOS MINERAIS E METAIS: PLANTAS, SOLO E ÁGUA

Para cada espécie vegetal foi elaborada uma exsicata e enviada ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) a fim de garantir a exatidão na identificação destas espécies. Para o estudo experimental foram utilizadas às folhas das espécies vegetais, tendo em vista o uso habitual desta parte da planta pela população (VÁSQUEZ; MENDONÇA; NODA, 2014). As espécies vegetais selecionadas foram coletadas em canteiro de casa localizada na comunidade da Vila do Elesbão, figura 2. As amostras de plantas, água e solo foram coletadas nos meses de julho de 2016 a fevereiro de 2017, em períodos de inverno e verão na região do estado do Amapá.

Figura 2 - Canteiros das plantas coletadas na Vila do Elesbão em Santana-AP.



FONTE: Autor.

Também foram realizadas coletas de plantas nas áreas centrais dos Municípios de Santana e Macapá, no Bairro Novo Horizonte e Bairro central respectivamente (figura 3 e 4).

Figura 3- Plantas coletadas no centro do Município de Santana-AP.



FONTE: Autor.

Figura 4- Plantas coletadas no centro do Município de Macapá-AP.



FONTE: Autor.

Foram selecionados quatro pontos de coleta de água superficial e solo na Vila do Elesbão (figura 5), também houve a coleta de água proveniente da estação de

abastecimento de água da comunidade (figura 6). Nas áreas urbanas de Macapá e Santana foram coletadas amostras de solo destes Municípios.

Figura 5 - Pontos de coleta de água e solo na Vila do Elesbão no Município de Santana-AP.



FONTE: Autor.

Figura 6 – Subestação de tratamento de água da Vila do Elesbão no Município de Santana-AP.



FONTE: Autor.

Para todas as amostras coletadas foram averiguados os níveis dos metais Mg e Ca, Cr, Cd, Pb, Cu, Ni, Mn, Co e Fe por Espectrofotômetro de Absorção Atômica (AAS-Model-6300 Shimadzu) (figura 7) (SANTOS et al., 2014).

Figura 7 – Espectrofotômetro de Absorção Atômica da Universidade Federal do Amapá.



FONTE: Autor.

O método de espectrometria de absorção atômica utiliza atomização por chama para excitar os elétrons das amostras liberando assim um comprimento de onda característico do elemento químico averiguado. No atomizador por chama a amostra é nebulizada por um fluxo que combina um oxidante, o ar, gasoso e um gás combustível, neste caso foi utilizado o gás acetileno, e é levada a chama onde ocorre a atomização. As moléculas, átomos e íons produzidos são excitados pelo calor da chama resultando em espectros de emissão atômico, iônico e molecular. O equipamento de absorção atômica utiliza para a medida da absorção uma lâmpada de catodo oco, que consiste em um anodo de tungstênio e de um catodo cilíndrico selado em um tubo de vidro preenchido com Neônio à pressão de 1 a 5 torr, este catodo possui o metal cujo espectro se deseja saber. O limite de detecção para a espectrometria de absorção atômica por chama está no intervalo de 0.001 a 0.020 ppm, sendo que em alguns casos este limite pode está fora deste intervalo (HOLLER, et al., 2009).

Tendo em vista que elemento possui uma linha espectral, os parâmetros usados para as análises dos metais averiguados neta pesquisa estão na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros usados para determinação de metais em amostras de água, planta e solo.

Analito	Comprimento de onda (nm)	Corrente da lâmpada (mA)	Resolução espectral (nm)
Fe	248,3	12	0,2
Mg	285,2	8	0,5
Zn	213,9	10	0,5
Pb	217,0	12	0,5
Cu	324,8	6	0,5
Cr	357,9	10	0,5
Ni	232,0	12	0,2
Mn	279,5	10	0,2
Cd	228,8	10	0,5
Co	240,7	12	0,2
Ca	422,7	10	0,5

4.2.1 Preparação das amostras vegetais

As amostras vegetais das espécies, *Bryophyllum pinnatum* L., *Friderichia chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann, *Aloe vera* L. ex Webb e *Plectranthus ornatus* Codd., foram separadas em partes, folhas, caule e raízes, bem como a separação e descarte de partes em decomposição, e partículas de solo. Em seguida, foram lavadas com água destilada e cortadas em pequenos pedaços. O material passou pelo processo de secagem em estufa à 45°C para a eliminação da água (MIYAZAWA, 1999).

As amostras secas das folhas foram separadas e retiradas 0,250 g de cada espécie vegetal, em seguida foram transferidas para um Erlenmeyer. Posteriormente iniciou-se o processo de extração por solução de água régia, na qual se tem dois ácidos na proporção de 3:9, de Ácido Clorídrico (HCl) concentrado e Ácido Nítrico (HNO₃) concentrado, respectivamente, a solução ácida foi colocada em contato com as amostras durante 1 hora, a temperatura de 100°C até a digestão completa. As soluções resultantes do processo foram resfriadas a temperatura ambiente e filtradas para um balão volumétrico de 100 mL, avolumado com água destilada e

acondicionado, a 10°C, em refrigerador até o momento da análise (SANTOS, 2014; RIBEIRO et al., 2016).

4.2.2 Determinação dos minerais e metais em solo

As amostras de solo foram coletadas nas áreas próximas às raízes das quatro plantas medicinais estudadas, sendo nomeadas como Sopl1 (solo planta *Friderichia Chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann), Sopl2 (solo planta *Bryophyllum ornatos* Cood.), Sopl3 (solo planta *Aloe vera* L. ex Webb) e Sopl4 (e em três pontos próximos as fontes de água da região, sendo classificados como Sop1 (Solo ponto 1), Sop2 (Solo ponto 2) e Sop3 (Solo ponto 3). As amostras de solo passaram por um processo de secagem em estufa a 50°C para eliminação da água, após o processo foram pulverizadas em almofariz por pressão com pistilo e peneiradas em tamis 2 mm para retirar partículas maiores. O objetivo da análise química do solo foi verificar os minerais e metais traços disponíveis para a absorção pela planta, o solo passará por uma segunda peneiração em uma peneira de 0,149 mm para obter sua fração da granulometria areia fina, estabelecida pela ABNT 7217 como frações de sedimento pelo tamanho dos grãos (EPA, 2007).

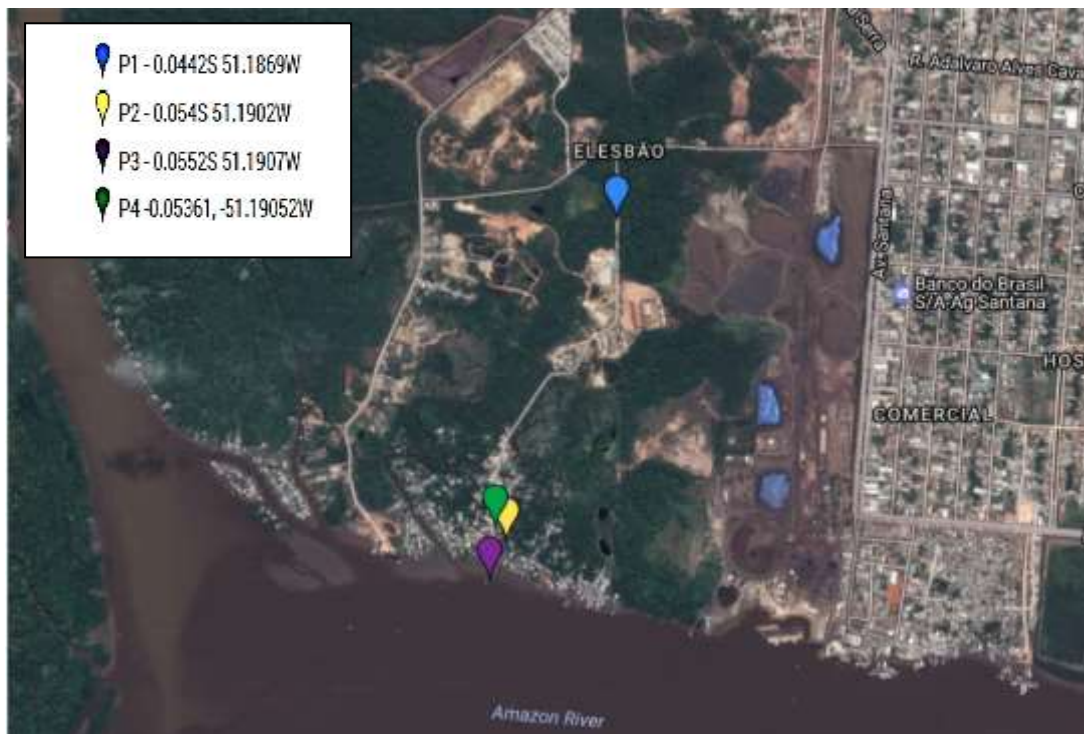
Para o processo de digestão foi pesado na balança analítica 1,0 g das amostras de solo. O processo de extração foi feito com solução de água régia, pela combinação de dois ácidos na proporção de 3:9, de Ácido Clorídrico (HCl) concentrado e Ácido Nítrico (HNO₃) concentrado, respectivamente, colocados 20 ml da solução em um Erlenmeyer com a amostra de solo, e aquecidos a temperatura de 100 – 150°C. Após conectar o Erlenmeyer a um condensador de refluxo, deixou-se a mistura em ebulição branda por seis horas, em chapa de aquecimento (EPA, 2007). As soluções resultantes do processo de digestão foram filtradas para um balão volumétrico de 100 mL, o volume completado com água destilada. (SALDANHA et al., 1997).

4.2.3 Determinação dos minerais e metais em água

As amostras de água foram coletadas em quatro pontos localizados na Vila do Elesbão em Santana-AP, sendo dois destes em área de Igarapé, um ponto no Rio Amazonas, que banha a comunidade, e o último na estação de tratamento,

sendo identificados como P₁ início do Igarapé, P₂ meio do Igarapé, P₃ término do Igarapé, P₄ Rio Amazonas (figura 8) e P₅ água da estação de tratamento (figura 6).

Figura 8- Pontos de coleta de água na vila do Elesbão em Santana.



Fonte: Adaptado do Google Maps, 2017.

4.2.3.1 Processo de coleta das amostras

As amostras de águas foram coletadas em frascos de polietileno de 130 mL previamente lavados com solução de HNO₃ a 10%. As amostras foram imediatamente acidificadas com HNO₃ concentrado e acondicionadas a 10°C até o momento das análises para determinação de elementos traços por método de espectrometria de absorção atômica (AAS-Model-6300 Shimadzu) (EPA, 1994).

4.2.3.2 Avaliação de contaminação da água

Para avaliar a possível contaminação da água por metais traços, as concentrações das amostras foram comparadas com os parâmetros das agências de regulamentação dos índices limites de metais traços em água, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), instituídos pela Resolução nº 357, de Março de 2005, a OMS (Organização Mundial da Saúde) e o EPA (United States Environmental Protection Agency), como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2- Substâncias potencialmente prejudiciais à saúde (teores máximos) em águas potáveis, para as instituições governamentais, CONAMA, OMS e EPA.

Metais-Traços	Quantidades em mg/L		
	CONAMA	OMS	EPA
Alumínio	0,1	0,2	0,05 a 0,2
Arsênio	0,01	-	0,010
Bário	1,0	-	2,0
Berílio	0,1	-	0,004
Boro	0,75	-	-
Cádmio	0,001	0,01	0,005
Cianetos	0,01	-	-
Chumbo	0,01	0,05	-
Cloretos	250	-	-
Cobalto	0,05	-	-
Cobre	0,009	1,0	1,0
Cromo Trivalente	0,05	0,05	0,1
Estanho	2,0	-	-
Ferro solúvel	0,3	0,3	0,3
Lítio	2,5	-	-
Manganês	0,1	0,1	0,05
Mercúrio	0,0002	-	0,002
Níquel	0,025	-	-
Zinco	0,18	5	5

Fonte: CONAMA, OMS e EPA.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada uma distribuição amostral das médias e desvio padrão para representar as concentrações de metais traços encontrados nas amostras analisadas. Da mesma forma, foi utilizado a ANOVA One-Way para averiguar se há diferença entre as concentrações de metais nas amostras de solo, e de plantas. Quando encontrado diferenças significativas, utilizou o teste posteriore Tukey. Foi utilizada a análise de correlação para verificar se há relação entre os teores de metais encontrados no solo com os das plantas. Utilizou-se também a ANOVA One-Way, entre as contrações das amostras de planta e solo da Vila do Elesbão com amostras do Centro de Santana e Macapá para avaliar a diferença entre estas localidades, seguido de um teste Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando o valor obtido para p foi igual ou menor que 0,05 ($p \leq 0,05$). Os testes estatísticos foram realizados no programa Statistica 7.0 (OLIVEIRA, 2010; FERREIRA et al., 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS PLANTAS MEDICINAIS UTILIZADAS NA VILA DO ELESBÃO

Por meio de entrevistas realizadas na Comunidade do Elesbão foi possível constatar o cultivo e o uso de plantas medicinais. Segundo relatos dos entrevistados as plantas cultivadas na região são em sua maioria utilizadas para tratamento de diversas doenças, para o preparo de alimentos e como cosméticos. Ao serem questionados sobre os fins terapêuticos os entrevistados relataram diversos tratamentos, como por exemplo, dores de barriga, cólicas, anemia, cicatrização e gripe.

De acordo com os entrevistados as plantas mais cultivadas e utilizadas por todos os moradores de sua residência são *Friderichia Chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann (Pariri), *Eupatorium triplinerve* Vahl. (Japana), *Aloe vera* L. ex Webb (Babosa), *Plectranthus ornatos* Codd. (Boldo), *Mentha* s.p. (Hortelã), *Ocimum basilicum* L. (Manjerição), *Tanacetum vulgare* L. (Catinga de mulata), *Origanum majorana* L. (Manjerona), *Bryophyllum calycinum* L. (Pirarucu), *Alternanthera pungens* H.B.K. (Periquitinho), *Costus spicatus* (Jacq.) S.w. (Cana fixe) e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. (Erva Cidreira).

5.2 DETERMINAÇÃO DE METAIS EM PLANTAS MEDICINAIS E SOLO DA VILA DO ELESBÃO

Os metais naturalmente estão presentes no solo e a disponibilidade destes está relacionada com as formas geoquímicas, as trocas catiônicas e as condições mineralógicas do solo de cada região (MATOS et al., 2001; PLASSARD et al., 2000; ALEONI et al., 2005). De tal modo, a composição mineralógica do solo é resultado do intemperismo químico e físico sofrido pela rocha matriz (CARVALHO, 1995). Solos de diferentes partes do mundo serão tão análogos quanto mais análogos sejam as rochas-mãe que os originaram e quanto mais similar for o clima destas regiões (DE OLIVEIRA; MARINS, 2011).

Alguns metais são essenciais à nutrição e desenvolvimento de plantas, contudo, estes são exigidos em pequenas quantidades, existindo um limite de tolerância a estes microelementos (KLASSEN; WATKINS, 2001). As plantas podem acumular estes metais em todos os tecidos e em diversas concentrações, algumas podem possuir níveis elevados de metais, sendo chamadas de hiperacumuladoras (MAIGA et al., 2005).

As médias e o desvio padrão das concentrações de metais encontradas, por meio de análises de espectrometria de absorção atômica, realizada em amostras de solo e plantas medicinais na Vila do Elesbão podem ser observados na Tabela 3 e 4.

Tabela 3- Concentrações dos metais, em mg/g, encontradas nas amostras de Solos coletados na Vila do Elesbão em Santana-AP.

Amostras	Médias±DP							
	Fe	Cr	Cu	Ni	Ca	Mn	Pb	Mg
Sop1	11.8±0.28^B	0.15±0.001^A	0.22±0.00 ^A	0.19±0.001^C	1.84±0.00^C	10.1±0.26^A	0.36±0.003 ^A	0.54±0.004 ^A
Sop2	11.8±0.76^B	0.15±0.001^A	0.22±0.00 ^A	0.19±0.001^C	1.84±0.01^C	10±0.20^A	0.36±0.004 ^A	0.56±0.004^A
Sop3	9.51±0.10 ^A	0.15±0.00^A	0.20±0.001 ^D	0.16±0.003 ^D	1.80±0.004 ^D	4.46±0.003 ^C	0.43±0.001 ^D	0.53±0.00 ^A
Sopl1	9.8±0.57 ^A	0.10±0.00 ^B	0.39±0.002^C	0.11±0.00 ^B	0.54±0.01 ^B	6.07±0.02 ^B	0.77±0.004^C	0.53±0.001 ^A
Sopl2	9.9±0.42 ^A	0.12±0.00 ^D	0.31±0.008 ^B	0.10±0.001 ^A	0.46±0.00 ^A	9.7±0.47 ^A	0.64±0.002 ^B	0.54±0.002 ^A
Sopl3	9.8±0.57 ^A	0.10±0.00 ^B	0.39±0.002^C	0.11±0.00 ^B	0.55±0.03 ^B	6.09±0.01 ^B	0.64±0.00 ^B	0.53±0.002 ^A
Sopl4	9.9±0.42 ^A	0.11±0.00 ^C	0.32±0.005 ^B	0.10±0.001 ^A	0.47±0.02 ^A	9.6±0.47 ^A	0.77±0.00^C	0.54±0.002 ^A

DP – Desvio Padrão/ **Sop** – Solo ponto 1, 2 e 3/ **Sopl** – Solo das plantas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 4- Concentrações dos metais, em mg/L, encontradas nas amostras de Plantas coletadas na Vila do Elesbão em Santana-AP.

Plantas	Médias±DP					
	Fe	Cu	Mn	Pb	Mg	Ca
<i>Bryophyllum pinnatum</i>	0.91±0.018 ^A	0.056±0.00 ^B	0.33±0.003 ^B	0.25±0.007 ^A	0.53±0.001 ^B	15.9±0.03 ^C
<i>Arrabidaea chica</i>	1.33±0.21 ^C	0.05±0.00 ^A	0.12±0.007 ^A	0.22±0.007 ^B	0.52±0.003 ^A	8.91±0.10 ^A
<i>Aloe vera</i>	0.85±0.00 ^A	0.049±0.001 ^A	4.83±0.004 ^C	0.25±0.003 ^A	0.53±0.004 ^{A,B}	10.1±0.18 ^B
<i>Plectranthus ornatus</i>	0.45±0.03 ^B	0.06±0.001 ^C	1.07±0.01 ^C	0.26±0.00 ^A	0.54±0.002 ^C	16.6±0.06 ^D

DP – Desvio Padrão.

Por meio das análises foram encontrados nas amostras de solo os metais Fe, Cr, Cu, Ni, Ca, Mn, Pb e Mg, também realizou-se testes para os metais Cd e Co, porém, estes metais não foram detectados. Nas amostras de plantas foram constatadas as presenças de Fe, Cu, Mn, Pb, Mg e Ca, contudo, não foram encontrados níveis dos metais Cr, Co e Cd, também testados.

O teste estatístico (ANOVA) demonstrou que há diferenças significativas entre as médias das concentrações dos metais, Fe (G.L= 6, F=12.384, p=0.0007), Cr (G.L= 6, F= 212.70, p=0.0000), Cu (G.L= 6, F= 1210.4, p=0.0000), Ni (G.L= 6, F= 3070.4, p=0.0000), Ca (G.L= 6, F= 2685.4, p=0.0000), Mn (G.L= 6, F= 207.69, p=0.0000) e Pb (G.L= 6, F= 15731, p=0.0000) nas amostras de solos coletados da Vila do Elesbão, sendo, três provenientes das margens do Igarapé que percorre a Vila, e uma do Rio Amazonas e quatro solos das plantas coletadas na região. As médias averiguadas possuem nível de significância $p \leq 0.05$ e o teste Tukey apontou as amostras que apresentaram diferenças significativas e aquelas que detiveram médias iguais, bem como, as amostras com a maior e a menor concentração do metal, como pode ser observado nas tabelas 3, e nos gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Para o Fe a maior concentração foi verificada nos solos do ponto 1 e 2 e as menores no solo Rio Amazonas e no solo de todas as plantas, tendo em vista, que obtiveram médias similares. As maiores concentrações de Cr foram observadas nos pontos 1 e 2 e as menores nos solos das plantas *Arrabidaea chica* e *Aloe vera*. Para o Ni os índices de concentração foram maiores nos solos do ponto 1 e 2, e as menores nos solos das plantas *Bryophyllum pinnatum* e *Plectranthus ornatus* Codd. O Ca está em maior concentração nos pontos 1 e 2, e em menor nos solos das plantas *Bryophyllum pinnatum* e *Plectranthus ornatus* Codd. Para o Mn os maiores níveis de metais foram averiguados nos solos ponto 1 e 2, e nos solos das plantas *Bryophyllum pinnatum* e *Plectranthus ornatus* Codd., já a menor concentrações de Mn se encontra no solo do Rio Amazonas. As amostras do ponto 1 e 2 obtiveram maiores concentrações dos metais Fe, Cr e Ni por estarem possivelmente mais próximas a área de depósito de minério que se encontra ao lado da Vila do Elesbão (SILVA et al., 2001).

O Cu apresentou maior concentração nos solos das plantas *Arrabidaea chica* e *Aloe vera* e a menor no solo do Rio Amazonas, esta ocorrência pode estar relacionada com a localização das amostras que se encontram em áreas residenciais com um grande número de matéria orgânica distribuída no solo, o que segundo o autor Cielas et al. (2004) favorece a disponibilidade deste metal no solo, estudos realizados por Prado et al. (2006) demonstram que o Cu possui uma interação maior com ácidos húmicos (AH) quando comparado com outros metais, como por exemplo o Zinco, observando que a formação dos complexos Me-AH é

termodinamicamente favorecida, e que o complexo AH-Cu é mais estável quando comparado com o AH-Zn, aumentando a movimentação do metal no solo.

O Pb apresentou maior concentração nos solos das plantas *Arrabidaea chica* e *Plectranthus ornatus* Codd., e menor nos solos dos pontos 1 e 2. A ocorrência de concentrações maiores deste metal nos solos das plantas pode ser em decorrência destas amostras estarem em locais com grande acúmulo de lixo doméstico, segundo De Capitani (2009), as maiores fontes de Pb são as antropogênicas, logo o acúmulo de lixo na região seria uma via de disponibilidade do metal. Outras fontes presentes na região são as de mineração e a portuária que abriga pequenas embarcações que utilizam combustíveis como diesel e gasolina que possuem em sua composição este metal, a queima destes combustíveis emite o metal nas formas PbBr, PbBrCl, Pb(OH)Br e (PbO)₂PbBr₂. Desta forma, o Pb é encontrado nas partes mais superficiais do solo, por ser convertido em sulfato, forma mais insolúvel quando comparada ao carbonato ou fosfato (KABATA-PENDIAS, 2001).

As concentrações de Magnésio no solo também foram testadas, porém, não houve diferença significativa entre as médias das concentrações do metal (G.L= 6, F=4,3, p=0.0112) (tabela 3). Os níveis de metais Pb, Cu, Cr e Ni encontrados em solos da região da Vila do Elesbão estão dentro dos limites permitidos pela resolução do CONAMA nº 420 de Dezembro de 2009 que regulariza os limites de metais pesados em solos residenciais e agrícolas. Porém, a resolução não regulariza os níveis de Fe e Mn, mas, segundo os autores Backer e Brooks (1989) os níveis considerados normais de Ni, Cr, Cu, Pb e Mn em solo são, respectivamente, 40 mg/g, 60 mg/g, 20 mg/g, 10 mg/g, 850 mg/g, contudo todas as amostras estão de acordo com os níveis de metais recomendados pelos autores.

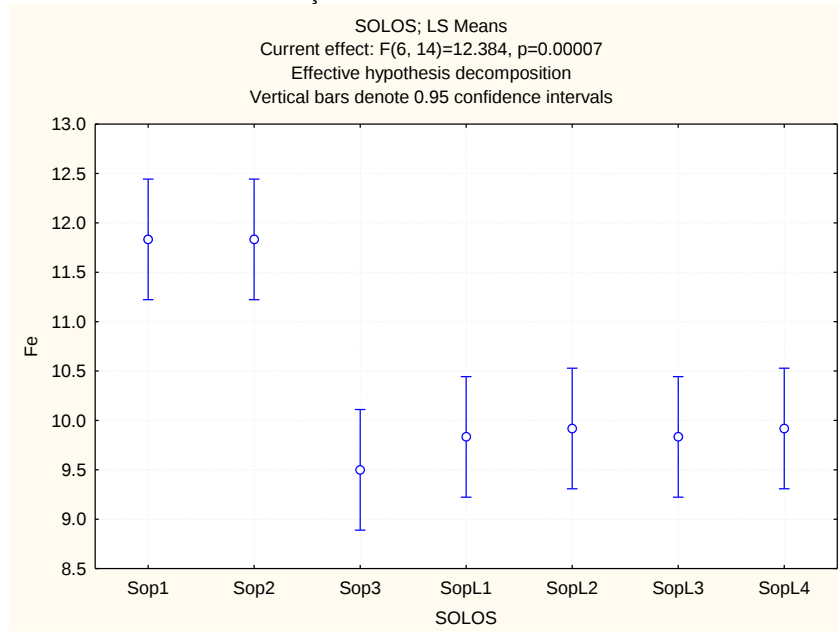
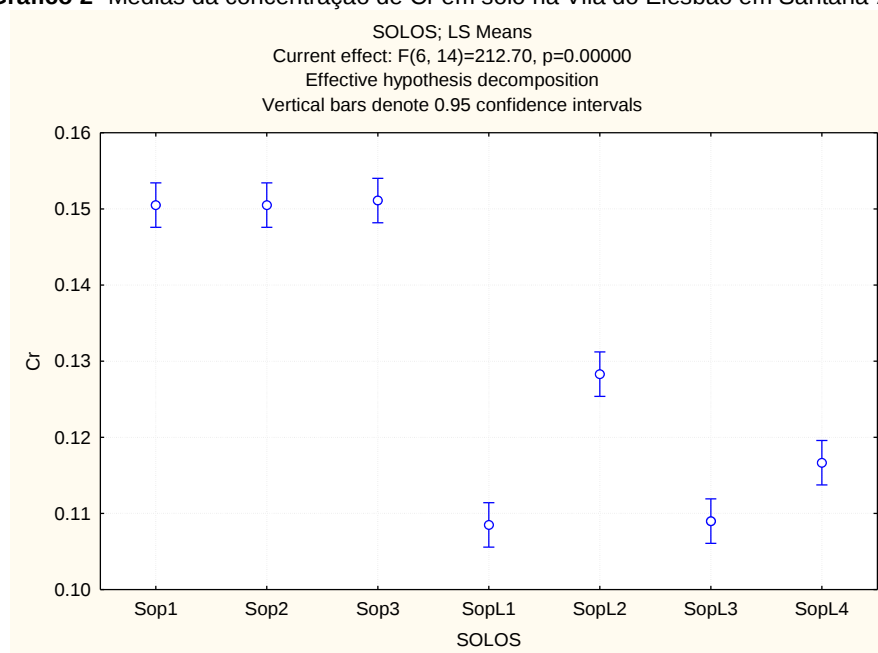
Gráfico 1- Médias da concentração de Fe em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.**Gráfico 2-** Médias da concentração de Cr em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.

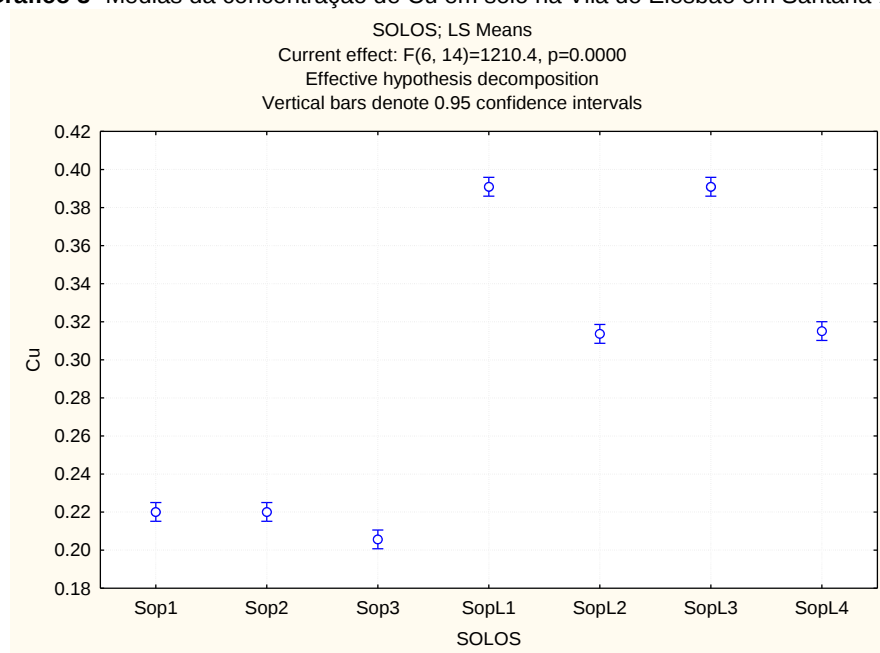
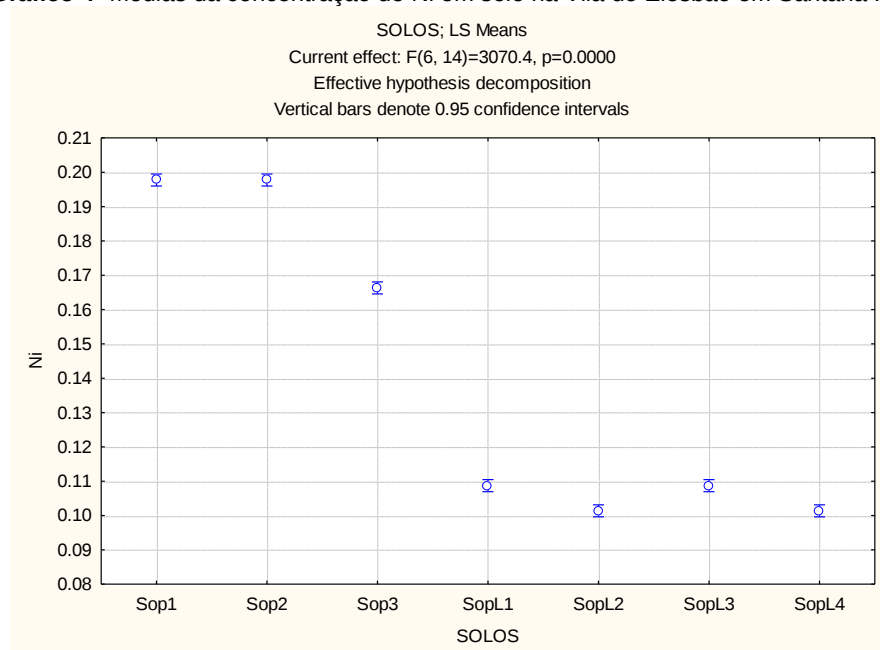
Gráfico 3- Médias da concentração de Cu em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.**Gráfico 4-** Médias da concentração de Ni em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.

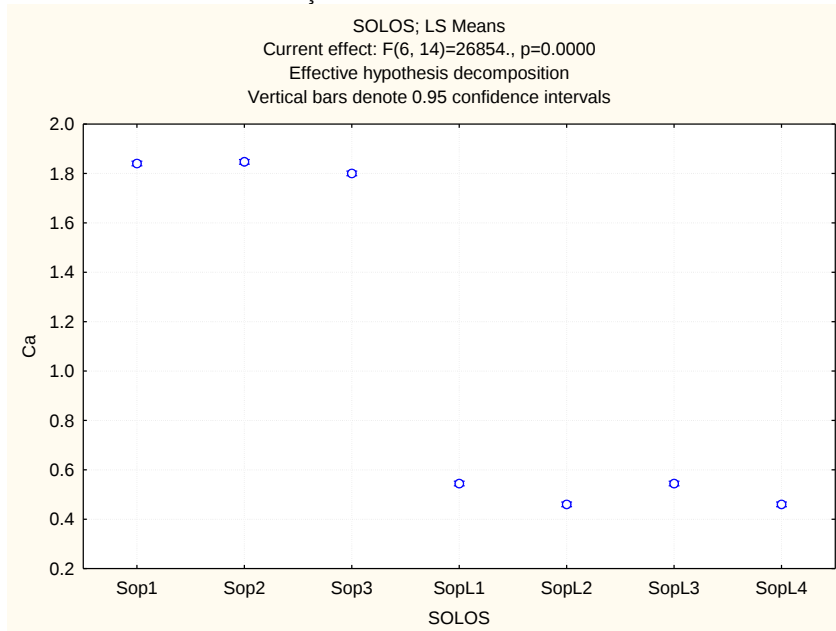
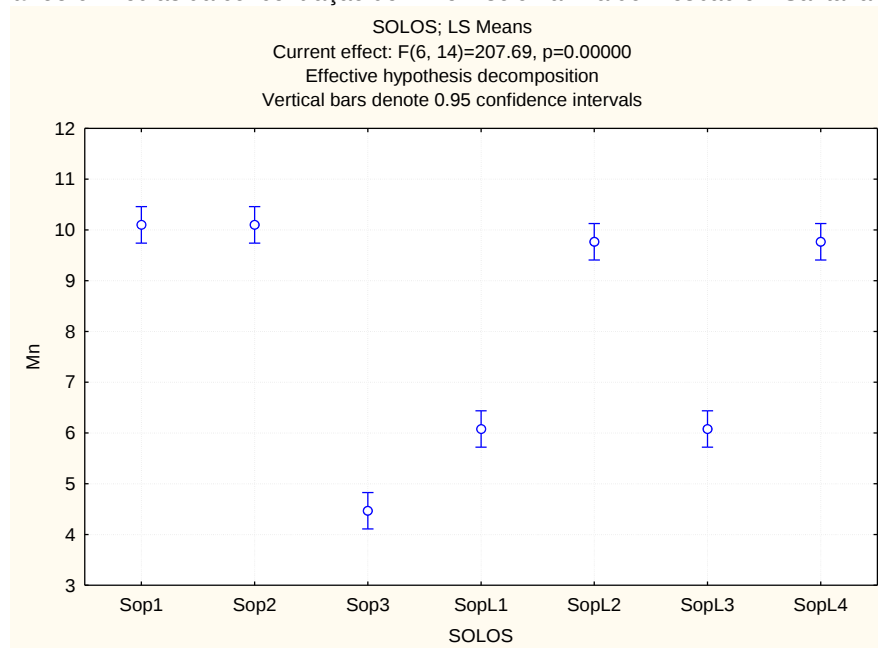
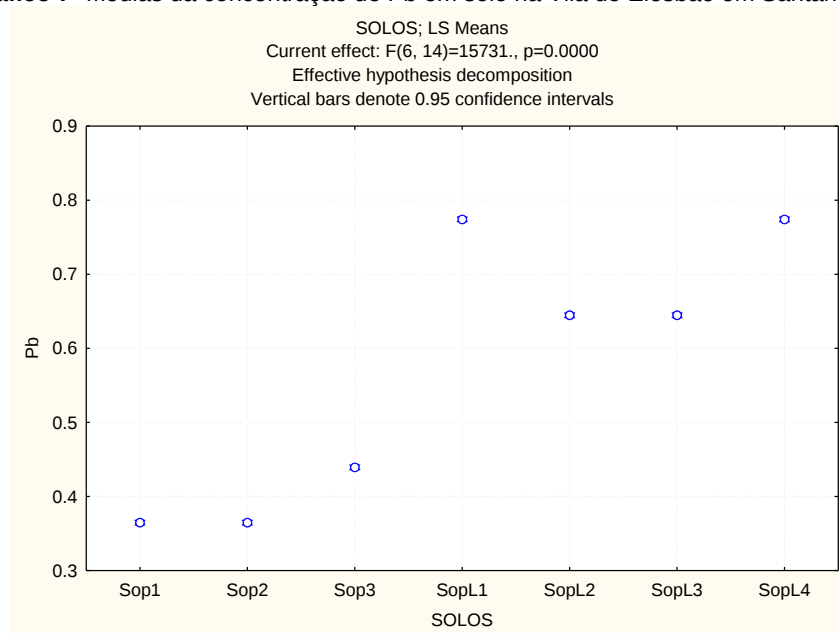
Gráfico 5- Médias da concentração de Ca em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.**Gráfico 6-** Médias da concentração de Mn em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.

Gráfico 7- Médias da concentração de Pb em solo na Vila do Elesbão em Santana-AP.

O teste ANOVA realizado com as concentrações de metais encontrados em plantas evidenciou que há diferenças significativas entre as médias das concentrações dos metais Fe (G.L= 3, F= 34.099, p= 0.00007), Cu (G.L= 3, F= 254.03, p= 0.00000), Ca (G.L= 3, F=33773.9, p= 0.00000), Mn (G.L= 3, F=1453, p= 0.0000), Pb (G.L= 3, F= 31.877, p= 0.00008), Mg (G.L= 3, F=19.236, p= 0.00051) com níveis de significância de $p \leq 0.05$, deste modo, realizou-se um teste Tukey para saber quais as plantas apresentaram diferenças significativas nas médias de concentração dos metais averiguados, como pode ser observado nas Tabelas 4, e nos gráficos 8, 9, 10, 11, 12 e 13.

Deste modo, foi possível verificar que o metal Fe apresentou maior concentração na planta *Arrabidaea chica* e menor na planta *Plectranthus ornatus* Codd. Para o Cu a maior concentração foi verificada na planta *Plectranthus ornatus* Codd., e a menor nas plantas *Aloe vera* e *Arrabidaea chica*. As maiores concentrações de Ca foram observadas no *Plectranthus ornatus* Codd., e a menor na *Arrabidaea chica*, para o Mn as maiores concentrações foram registradas na planta *Aloe vera* e a menor na *Arrabidaea chica*. O teste realizado indicou a maior concentração de Pb nas plantas *Plectranthus ornatus* Codd., *Aloe vera* e *Bryophyllum pinnatum*, e a menor no *Arrabidaea chica*, para o Mg a maior concentração foi verificada na *Plectranthus ornatus* Codd., e a menor na *Arrabidaea chica*.

Os metais Ca e Mg encontrados nas plantas segundo Malavolta (1997) são considerados macronutrientes, ou seja, elementos essenciais para o desenvolvimento da planta, participando diretamente de reações sem as quais a planta não viveria. O estudo realizado por Almeida et al. (2002) em plantas medicinais constatou a existências dos minerais Ca e Mg em todos as espécies avaliadas. Pesquisas realizadas por Conceição et al. (2013) encontraram diferentes concentrações em espécies de Poaceae oriundas do cerrado maranhense. A presença destes metais nas amostras é considerada normal visto sua essencialidade.

Os metais Fe, Cu e Mn são considerados segundo Faquin (2005) micronutrientes, pois, participam direta ou indiretamente de diversas reações químicas importantes para as plantas, porém, estes metais podem ser substituídos por outros de acordo com a necessidade. Já o Pb não possui função determinada no metabolismo de espécies vegetais.

De acordo com Nazir et al. (2015) altas concentrações de metais podem ser tóxico para as plantas e prejudiciais para outros organismos vivos que fazem uso destas, ainda, segundo a OMS para o consumo humano de plantas o limite de Cu é de 0,01 mg/g, de Pb 0,002 mg/g, de Cr 0,001, de Fe 0,02 mg/g. As amostras de espécies vegetais avaliadas obtiveram valores superiores aos limites permitidos pela organização, evidenciando a possível intoxicação dos consumidores destes vegetais.

Os níveis de Mn nas plantas estão de acordo com a recomendação diária, que segundo Maiga et al. (2005) é de 2 a 5 mg. Contudo, os valores encontrados para a concentração de Pb nas plantas estão acima do limite permitido para diversas organizações de controle, pois, conforme a Portaria 685 da ANVISA (BRASIL, 1998) o limite permitido de Pb em alimentos é de 0,00005 mg/g, e de acordo com a Farmacopeia Europeia o limite máximo de Pb em plantas medicinais é de 0,005 mg/g.

A presença de Chumbo nas amostras de plantas é um dado importante para a saúde publica, tendo em vista, as características tóxicas deste metal, estudos mostram que o metal pode afeta o aparelho gastrointestinal, os rins, o sangue e o sistema nervoso (RADOJEVIC; BASHKIN, 1999). No sistema nervoso o metal pode causar neuropatias periféricas, alterações cognitivas e doenças cerebrovasculares (ROSENSTOCK; CULLER, 1994). O íon Pb^{2+} acumula-se no sangue, chegando aos

tecidos, em particularmente o cérebro, e por fim se fixando nos ossos e substituindo os íons Ca^{2+} (BAIRD, 1998). Nas plantas analisadas o teor deste metal foi consideravelmente baixo, porém, mesmo em pequenas quantidades este pode afetar a capacidade do organismo de utilizar outros metais, como por exemplo, Mg e Ca e outros minerais, pois apresenta características químicas semelhantes de absorção, visto que são todos encontrados na solução do solo como íons bivalentes, contudo, o Pb é um metal de transição considerado tóxico para diversos organismos vivos (WILKE, 2004). Pesquisas realizadas por Bertoli et al. (2014) submeteram cultivos de *Brassica juncea* a diferentes concentrações de Pb para avaliar o efeito deste metal, observaram a perda de massa seca, falta de crescimento e a diminuição dos minerais Mg, P, Fe e Zn.

É importante a realização de monitoramentos de metais em regiões que fazem uso constante de plantas como alimentos ou para fins medicinais, e que possuem uma extensa diversidade de plantas com ações farmacológicas (CALDAS; MACHADO, 2004). Contudo, é relevante observar a presença de metais também em solos, visto que, os vegetais absorvem do solo por meio das raízes os metais essenciais e não essenciais (FAQUIN, 2005).

Gráfico 8- Médias da concentração de Fe em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP.

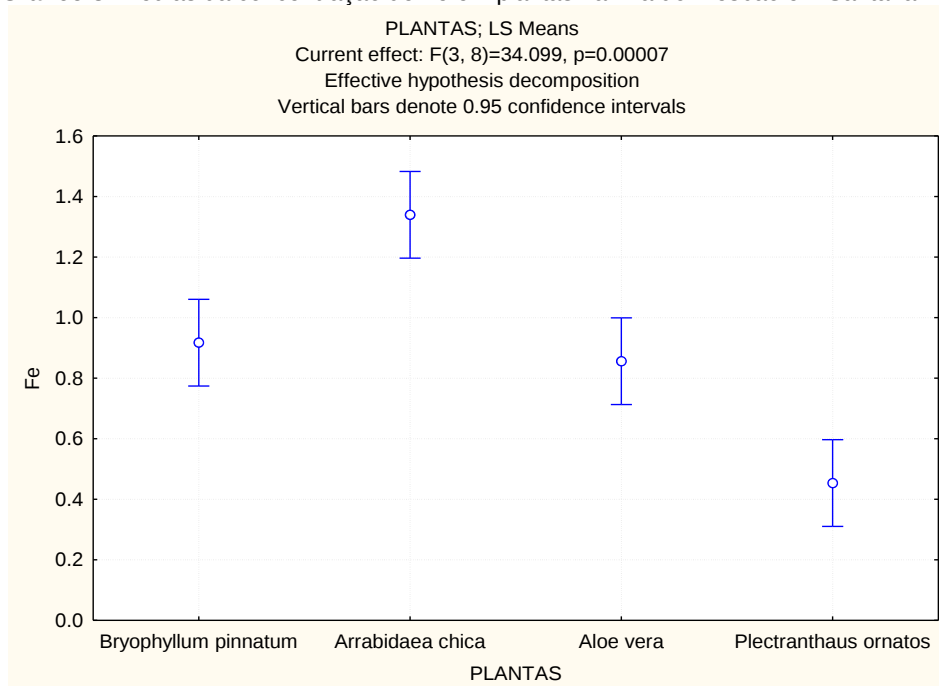


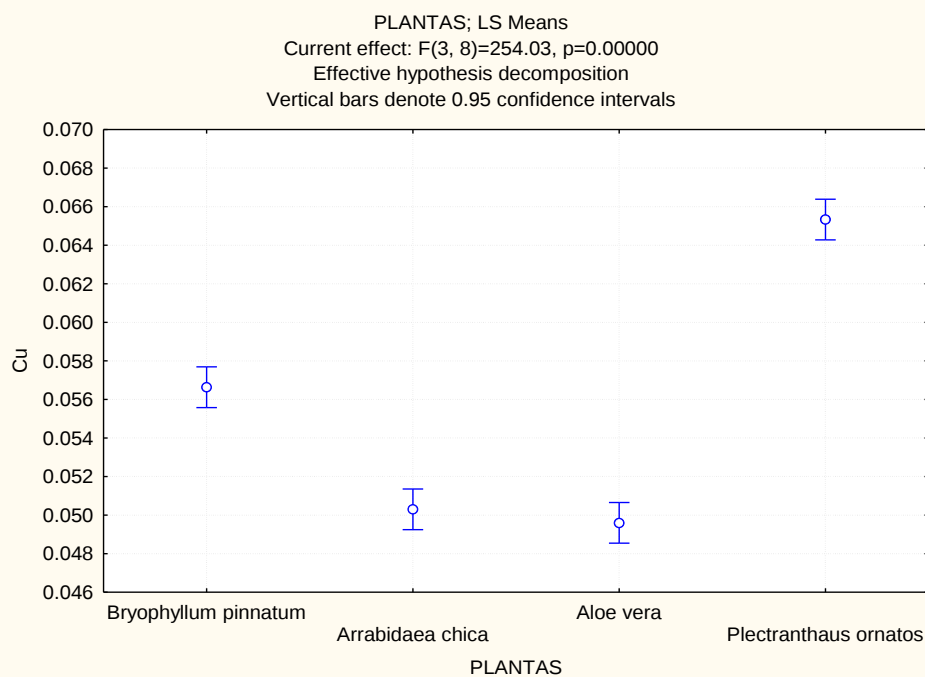
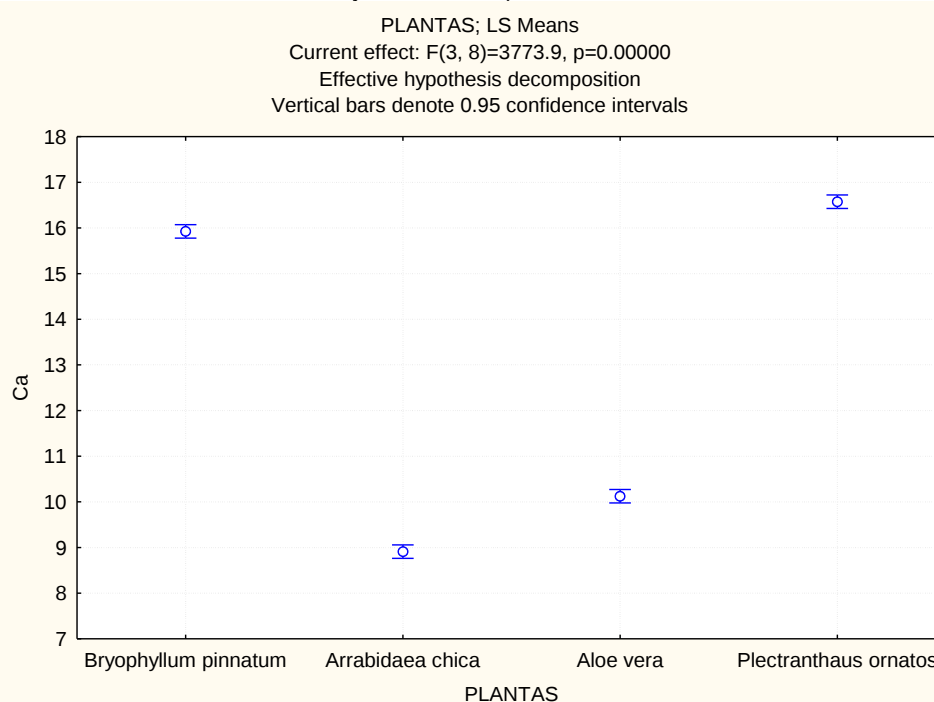
Gráfico 9- Médias da concentração de Cu em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP**Gráfico 10-** Médias da concentração de Ca em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP

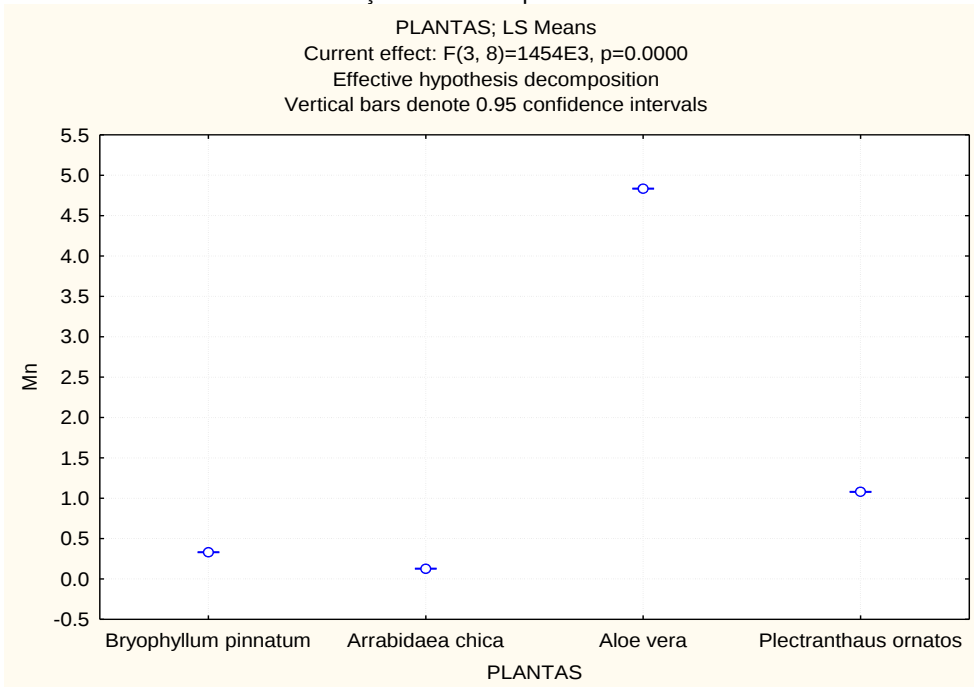
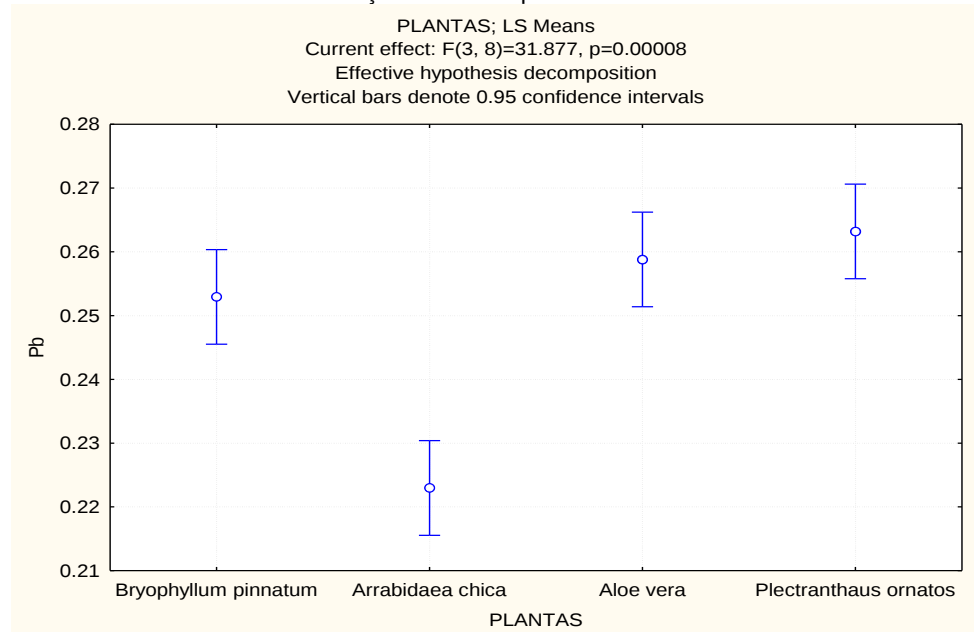
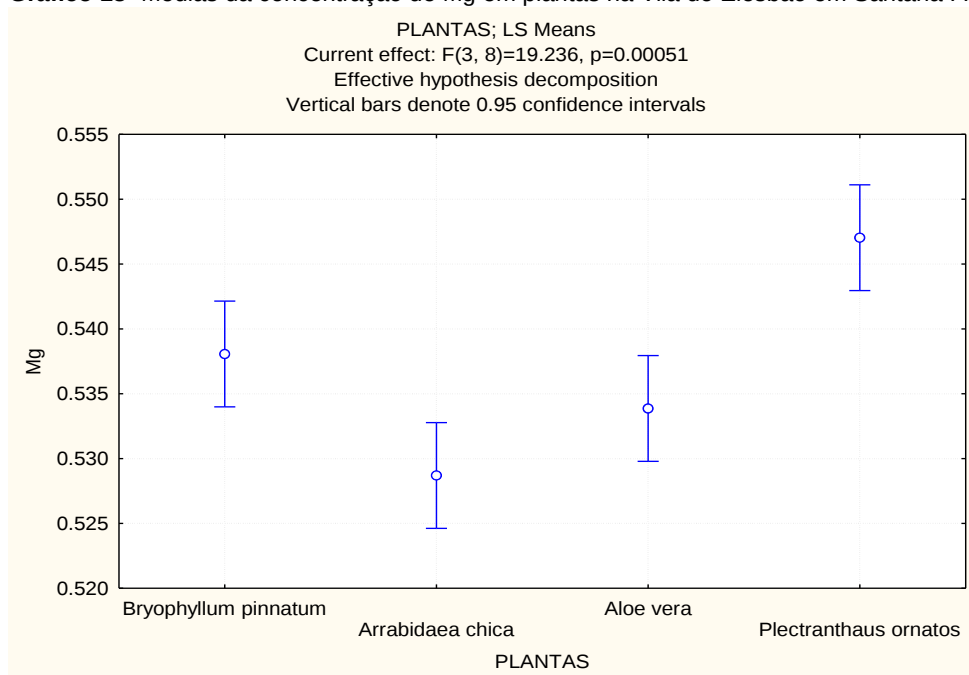
Gráfico 11- Médias da concentração de Mn em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP**Gráfico 12-** Médias da concentração de Pb em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP

Gráfico 13- Médias da concentração de Mg em plantas na Vila do Elesbão em Santana-AP

5.3 CORRELAÇÃO ENTRE METAIS EXISTENTES NO SOLO E ESPÉCIES VEGETAIS DA VILA DO ELESBÃO

A planta e o solo estão intimamente ligados, pois, por meio de seu sistema radicular, o vegetal retira do solo macronutrientes e micronutrientes necessários para seu desenvolvimento. Por um longo tempo acreditou-se que os elementos contidos na solução do solo fossem absorvidas por difusão, ou seja, partindo de um local de maior concentração, neste caso o solo, para outro de menor concentração, a planta, porém pesquisas demonstraram que há na verdade uma seletividade nos elementos que são absorvidos levando em consideração sua disponibilidade no solo (FAQUIN, 2005; HAGLAND, 1948; MARSCHNER, 1986).

A correlação realizada com as concentrações dos metais Fe, Cu, Ca, Mn, Pb e Mg encontrados nas amostras de plantas e de seus respectivos solos, avaliados nesta pesquisa, pode ser observada na Tabela 5 e nos gráficos 14, 15, 16, 17, 18 e 19. Apenas o metal Cr não foi relacionado nesta análise, pois, não houve detecção deste metal nas amostras de plantas, somente foi constatada sua presença no solo.

Tabela 5- Valores do coeficiente de correlação entre a concentração de metais em plantas e solo.

Metal	Planta/Solo Valor de r
Fe	- 0.0905
Cu	- 0.3615
Ca	0.04257
Mn	- 0.5140
Pb	0.52366
Mg	0.19105

r – Coeficiente de correlação.

Nas análises de correlação realizadas pode-se constatar que há relação fraca entre os metais Ca e Mg presentes no solo com aqueles encontrados nas plantas, ressaltando que o metal que apresenta uma relação forte é Pb, com o valor de coeficiente de correlação de 0.52, ou seja, há um grau relevante de relação entre os níveis de concentração deste metal no solo com os níveis das concentrações encontradas nas plantas. Os metais Fe, Cu e Mn apresentaram correlação negativa entre os níveis da concentração destes metais nas amostras de solo e planta.

As plantas absorvem íons metálicos do solo através das raízes e o aumento da concentração de metais é influenciado por vários fatores (ABOU-ARAB et al., 1999; CALDAS E MACHADO, 2004), de acordo com Ernst (2002), a contaminação de espécies vegetais com metais ocorre geralmente em consequência da contaminação do solo por fertilizantes, pela água proveniente de esgotos domésticos, da ação industrial, da mineração, ou ainda, pelo ar atmosférico poluído por emissões de resíduos industriais.

Segundo Beker e Brooks (1989) a concentração livre de íons metálicos não depende apenas do teor total de metal nos solos, mas também das espécies metálicas que existem no solo, além disso, algumas condições ambientais como pH, concentração de ligantes complexantes em solução e coloides do solo devem ser levadas em consideração. Provavelmente é verdade que as concentrações de todos os elementos nos solos podem ser refletidas até certo ponto na matéria seca das plantas que crescem neles.

Na pesquisa realizada em amostras de plantas e solos provenientes da Vila do Elesbão foi possível constatar a relação nas concentrações de Ca e Mg presentes no solo com as observadas em plantas medicinais da região. A ocorrência de relação na absorção destes metais sobrevém do fato destes dois serem macronutrientes para as plantas. Segundo Faquin (2005) o Ca, encontra-se absorvido nos coloides do solo ou em componentes da matéria orgânica e disponível para a planta como íon Ca^{2+} presente na solução do solo, é importante para a fixação simbiótica do Nitrogênio, estimula o crescimento da raiz e aumenta a resistência a pragas, a quantidade necessária de Cálcio depende da espécie vegetal, porém, em geral são necessários cerca de 10 a 200 Kg/ha. O autor apresenta ainda o Mg como um elemento presente na solução do solo na forma de íon Mg^{2+} , e como um importante nutriente para a planta por colaborar com o metabolismo do fósforo e fazer parte da clorofila, a exigência deste metal pela planta é baixo, pois, o Ca é um metal competidor que diminui a absorção do Mg.

No estudo foi possível verificar a relação das concentrações de Pb presentes no solo com as encontradas nas plantas, o que evidencia um dado importante, pois, este metal é altamente tóxico para o solo e as plantas. De acordo com McBride (2002) o Pb é considerado um dos metais menos móveis no solo e pode ser complexado pela matéria orgânica, em óxidos e minerais de silicato e precipitado como carbonato, hidróxido ou fosfato em condições de alto pH. O autor Haider et al. (2004) ressalta que o Pb, é um elemento denso e solúvel em água podendo desta forma ser facilmente absorvido pelos organismos vivos, a ocorrência de Pb no solo pode dar-se por fatores naturais ou antropogênicos.

Embora o Pb não seja um metal essencial para a planta sua ocorrência em espécies vegetais se justifica por ter características que se assemelham a outros metais essenciais para a está. O Ca é um dos elementos cuja absorção pode ser reduzida na presença dos íons Pb^{2+} , resultando na inibição da ação enzimática (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 2000). A interação entre o Pb e os elementos utilizados para o desenvolvimento das plantas pode causar desbalanço nutricional e consequente prejuízo para o crescimento, clorose das folhas e inibição da fotossíntese (SHAMA; DUBEY, 2005).

Entretanto, a absorção de Pb pode variar de acordo com a espécie vegetal, análises realizadas por Santiago et al. (2011) em espécies vegetais de *Mentha spicata* (Hortelã) e *Matricaria recutita* (Camomila) expostas a concentrações

diferentes de Pb, verificou que estas plantas não absorveram quantidades relevantes do metal que fossem detectadas pelas análises, todavia, as plantas submetidas a este metal não obtiveram desenvolvimento, pela provável toxidez do elemento. Pode-se ressaltar ainda pesquisas realizadas por Santos et al. (2014) na cidade de Macapá-AP, na qual foi determinada a concentração de Pb em amostras de *Cenchrus echinatus* L. (Capim-Carrapicho), as análises constataram a presença de 0.4 mg/L e 0.06 mg/L deste metal em espécies de dois locais diferentes da cidade, evidenciando a contaminação das plantas e do ambiente pesquisado por este metal.

Portanto, as espécies vegetais *Bryophyllum pinnatum* L., *Friderichia chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann, *Aloe vera* L. ex Webb e *Plectranthus ornatus* Codd., analisadas nesta pesquisa possuem capacidade de acumular Pb proveniente do solo em que estas se encontram. Desta forma, pode-se ressaltar a importante atenção no consumo destas espécies vegetais haja vista o elevado nível de toxidez do metal para o ser humano, assim como, o uso destas como bioindicadores de solos contaminados por Pb e plantas biorremediadoras.

Gráfico 14 – Correlação das concentrações de Fe em plantas e solo.

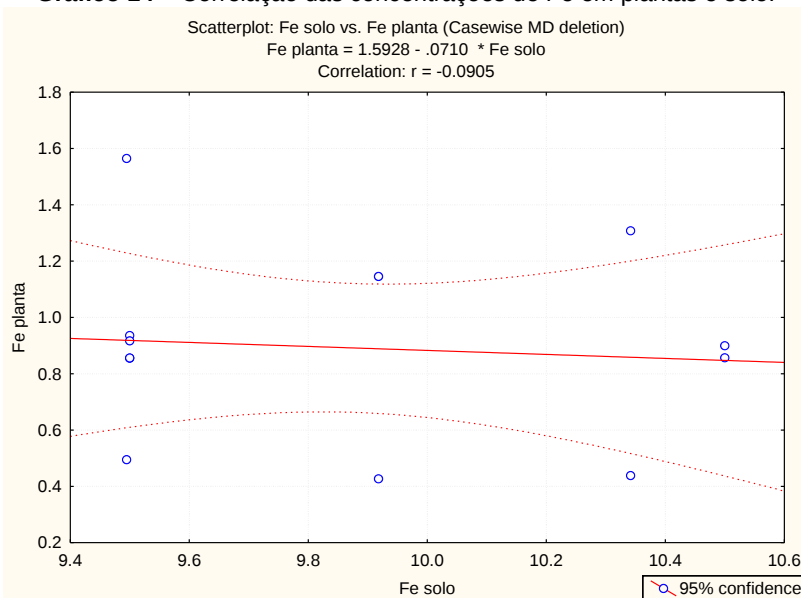


Gráfico 15 – Correlação das concentrações de Cu em plantas e solo.

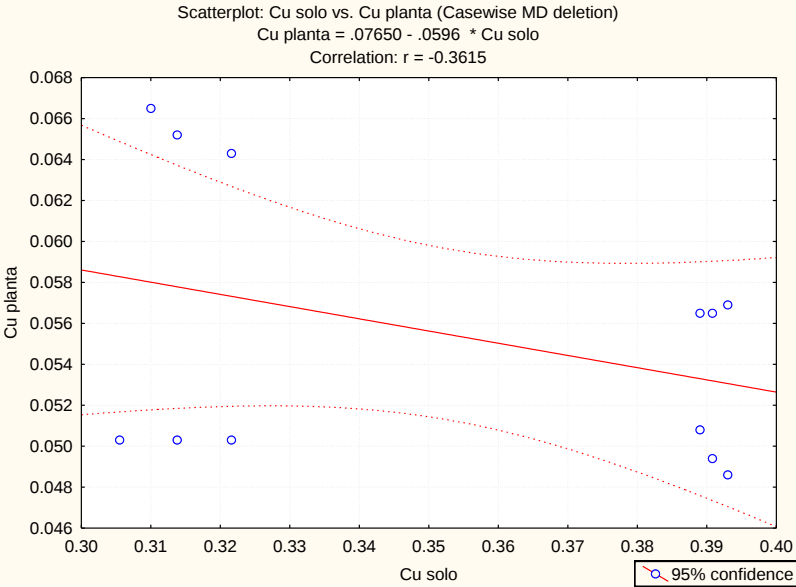


Gráfico 16 – Correlação das concentrações de Ca em plantas e solo.

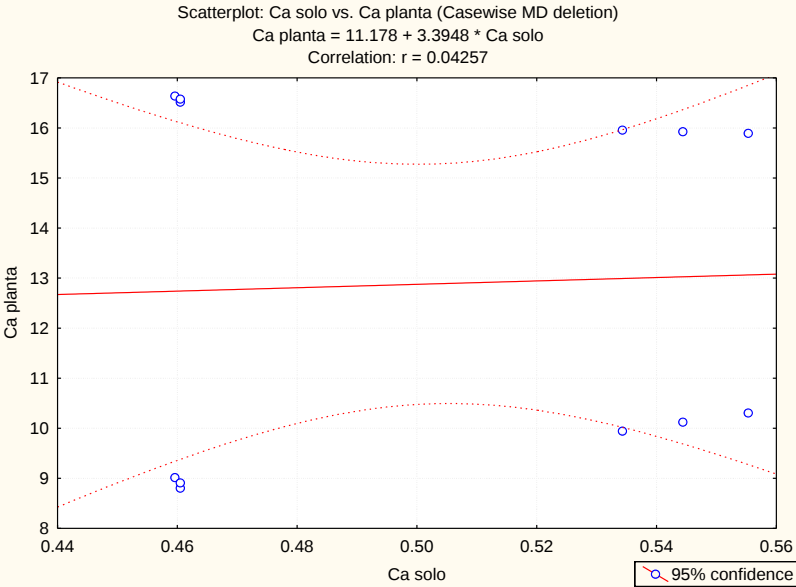


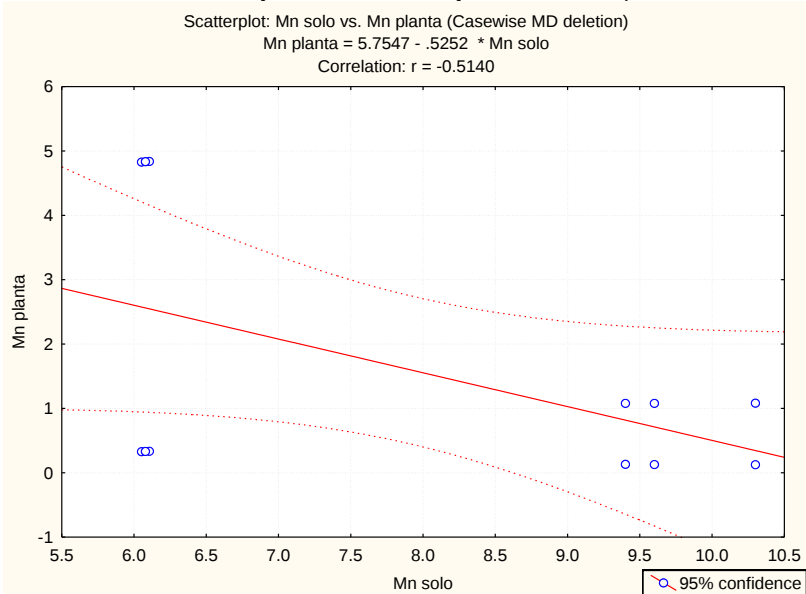
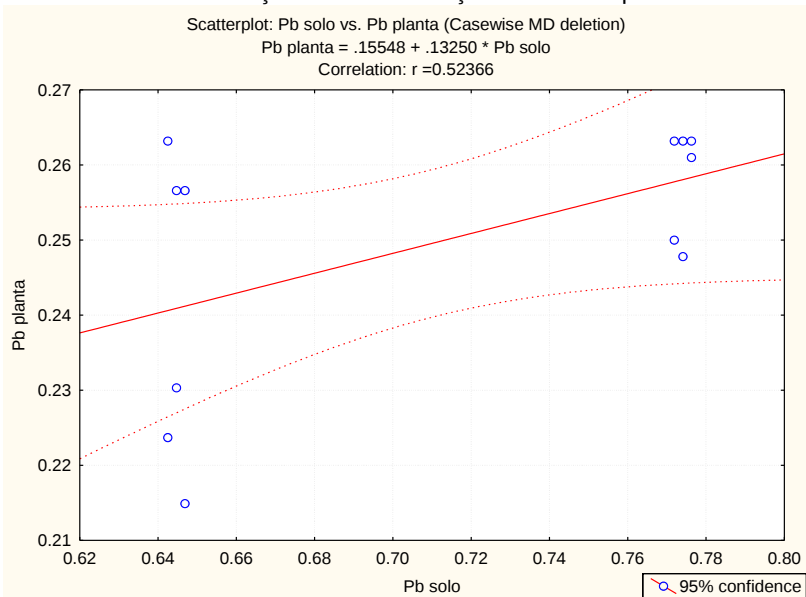
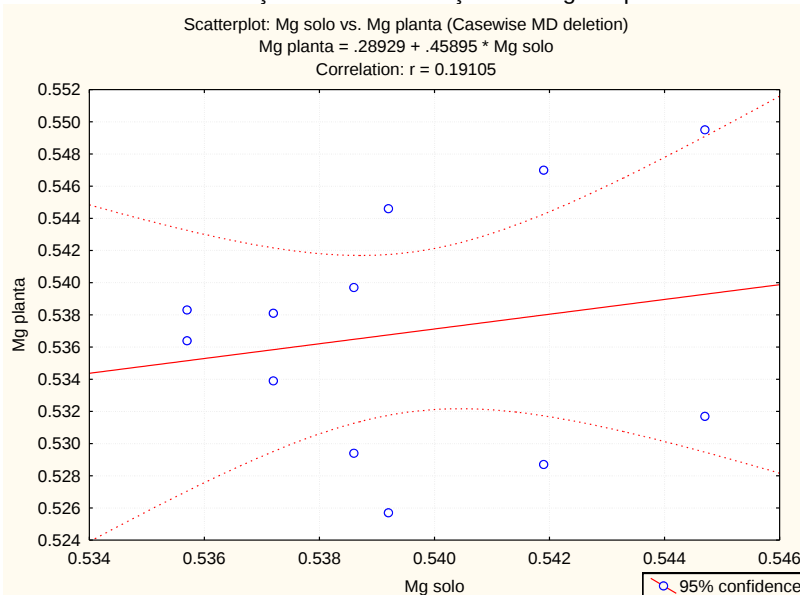
Gráfico 17 – Correlação das concentrações de Mn em plantas e solo.**Gráfico 18 – Correlação das concentrações de Pb em plantas e solo.**

Gráfico 19 – Correlação das concentrações de Mg em plantas e solo.

5.4 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS EM AMOSTRAS DE ÁGUA DA VILA DO ELESBÃO

Os reservatórios naturais de água atualmente são afetados pelo depósito de uma variedade de subprodutos, originários da atividade antrópica. A presença de elementos potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, com grande impacto na economia e na saúde pública. A introdução de metais nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, no intemperismo e na contribuição atribuída à atividade humana, que é um reflexo de sua ampla utilização pela indústria (YABE; OLIVEIRA, 1998).

A Vila do Elesbão é uma região localizada próxima de depósitos de minério de Ferro, e que em anos anteriores abrigou uma usina de pelotização de Manganês, este tipo de região representa uma via de contaminação para os recursos hídricos existentes na área de abrangência (LIMA et al., 2007). Por este fato foram realizadas análises para determinar a quantidade de metais presentes em amostras de água coletadas de Igarapés e do Rio Amazonas que percorrem a região, assim como da subestação de tratamento de água, os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 6, assim como, a comparação com os parâmetros que determinam a qualidade da água para o consumo humano, CONAMA, OMS e EPA.

Tabela 6- Média dos valores de metais encontrados nas amostras de água da Vila do Elesbão em Santana-AP e os parâmetros de qualidade da água do CONAMA, OMS e EPA.

Metais	Média±DP					1	2	3
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	CONAMA	OMS	EPA
Fe	0.46±0.006 ^{1,2,3}	0.42±0.042 ^{1,2,3}	0.73±0.003 ^{1,2,3}	0.59±0.007 ^{1,2,3}	1.12±0.236 ^{1,2,3}	0.3	0.3	0.3
Mn	0.52±0.002 ^{1,2,3}	0.06±0.003 ³	0.06±0.003 ³	0.12±0.003 ³	ND	0.1	0.1	0.05
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	0.005	0.005
Co	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	-	-
Ni	ND	ND	ND	ND	ND	0.25	-	-
Pb	0.28±0.001 ^{1,2,3}	0.25±0.001 ^{1,2,3}	0.24±0.03 ^{1,2,3}	0.24±0.00 ^{1,2,3}	0.26±0.009 ^{1,2,3}	0,01	0.05	0
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	0.1
Cu	0.04±0.0002 ¹	0.04±0.001 ¹	0.03±0.02 ¹	0.04±0.001 ¹	0.03±0.004 ¹	0.009	1	1.3

DP – Desvio Padrão, **ND** – Não detectado.

Na análise das amostras de água foram detectados os metais Fe, Mn, Pb e Cu em todos os pontos de coleta, porém, os metais Cd, Co, Ni e Cr também averiguados nesta pesquisa não foram encontrados em nenhuma das cinco amostras. Ao comparar as médias das concentrações de metais com os parâmetros que limitam a concentração destes em água, CONAMA, OMS e EPA (Tabela 5), é possível constatar que os níveis de Fe estão acima do permitido pela legislação em todas as amostras avaliadas, estando presente em concentração três vezes maior que o permitido na amostra do ponto 5, referente a água da subestação de tratamento que abastece a Vila do Elesbão.

O metal Mn também foi encontrado acima do limite permitido pelo CONAMA, OMS e o EPA no ponto 1, nas amostras dos pontos 2, 3 e 4 as concentrações ficaram superiores somente aos índices do EPA e na amostra do ponto 5 não houve detecção para o metal (Tabela 6). Foram encontradas ainda concentrações do metal Pb em todas as amostras de água, e quando comparados com os parâmetros de referência constatou-se que os níveis deste metal são superiores a todos os limites permitidos pelos órgãos de controle (Tabela 6). Contudo, o foi detectada a presença

do metal Cu em todas as amostras, e ao comparar com os valores limites de referência, a concentração do metal está acima somente dos índices do CONAMA (Tabela 6).

Os metais encontrados nas amostras possuem conhecida toxidez, os efeitos tóxicos destes metais podem ser expressos na forma aguda ou crônica, dependendo da concentração à que o indivíduo foi exposto. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais é possível observar as interações com o sistema enzimático, com as membranas celulares, especificamente, efeitos sobre determinados órgãos e no metabolismo celular em geral (GOYER et al., 1986). As altas concentrações de Fe em amostras de água da subestação da Vila do Elesbão, nos Igarapés e no Rio Amazonas indicam que estas águas são impróprias para o consumo humano, haja vista, que segundo Nazir et al. (2015), o Fe na água potável está presente como íon Fe^{2+} ou Fe^{3+} em forma suspensa, o excesso de Fe provoca um aumento rápido dos batimentos cardíacos e da coagulação do sangue nos vasos sanguíneos, hipertensão e sonolência, pode também provocar mudanças na coloração de roupas e dar um gosto amargo a água. O Fe está naturalmente presente na água proveniente de fontes geológicas, ou pode advir de fontes antropológicas como os resíduos industriais, descarga doméstica e mineração.

Os níveis de Pb encontrados nas amostras também demonstram a elevada toxidez na água por este metal, segundo Novotny et al. (1995), o Pb está dentro da lista de principais metais poluentes do mundo e com prioridade de monitoramento, desta forma, pode-se afirmar que as fontes de água existentes na Vila do Elesbão estão contaminadas por este metal, pois, as concentrações encontradas estavam vinte vezes acima do permitido pela legislação Brasileira e cinco vezes superior ao recomendado pela OMS, considerando ainda que para o parâmetro EPA não deve haver concentrações de Pb em águas potáveis.

Também se constatou a ocorrência de Cu e Mn nas amostras de água, entretanto, as concentrações de Cu ficaram dentro do limite permitido pela OMS e pelo EPA, permanecendo um pouco acima dos limites permitidos pela legislação Brasileira, mas segundo Quinaglia (2001), existem poucos casos de toxicidade pelo efeito agudo de cobre, todavia, este metal pode se acumular em órgãos como o fígado, cérebro e rins. As concentrações de Mn constadas em algumas amostras de água mostram uma pequena contaminação das amostras do ponto 2, 3 e 4 quando comparadas com os parâmetros do EPA.

Pode se verificar a contaminação pelo Mn no Igarapé que se encontra as margens do ramal que dá acesso à comunidade do Elesbão, por meio da comparação com os índices limites considerando que o recomendado é de 0,1 mg/L e 0,05 mg/L deste metal em águas potáveis, no qual se constatou uma concentração de 0,52 mg/L do metal, cinco vezes maior que a preconizada pelo CONAMA e pela OMS, e dez vezes maior que as concentrações adotadas pelo EPA. De acordo, com Hernández et al. (2011) a exposição crônica a este metal principalmente durante a fase embrionária ou pós-natal, pode induzir diversos efeitos tóxicos, no qual o sistema nervoso central é o principal afetado, ainda, segundo os autores pesquisas demonstram a relação da toxicidade do Mn com doenças como o Alzheimer.

Portanto, é de primordial importância o monitoramento da água utilizada pela população da Vila do Elesbão, a fim de garantir a qualidade desta, e prevenir possíveis acúmulos de metais tóxicos no ambiente. Pesquisas realizaram o monitoramento da bacia do rio Cassiporé, igualmente localizada no estado do Amapá, constatando a ocorrência de altos níveis dos metais Pb e Cu em amostras de água (LIMA et al., 2015), ainda, segundo o estudo realizado por Costa et al. (2015), em amostras de água da Lagoa dos Índios localizada na cidade de Macapá-AP, observou-se a presença de Fe e Mn acima do limite permitido pelo CONAMA. A ocorrência destes metais em água pode ser uma característica da região, assim como, pode indicar também o crescimento de fontes poluidoras.

5.5 RELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE METAIS NAS AMOSTRAS DA VILA DO ELESBÃO, CENTRO DE SANTANA E MACAPÁ

A disponibilidade dos elementos no solo depende principalmente de características minerais, sendo que quanto menor a partícula, maior a adsorção dos metais e consequentemente menor a absorção destes pelas plantas (PANUCCIO et al., 2009). Os metais estão presentes na solução do solo na forma de íons livres, em pares ou quelatos, os quais são absorvidos pelas plantas juntamente com a água e transportados por meio do xilema para suas estruturas (FOY; CHANEY; WHITE, 1978). Segundo Wolff e Conceição (2003) a disponibilidade e a toxicidade de metais está relacionada com a forma química com que estes se encontram no ambiente, em forma de complexos com compostos orgânicos ou íons livres em solução, até

sua biotransformação em subprodutos tóxicos, podendo se modificar de acordo com a região em que se encontram e as atividades humanas.

Na tabela 7 e 8, pode-se observar as concentração dos metais Fe, Cr, Cu, Ni, Ca, Mn, Pb e Mg encontrados nas amostras de solo e planta coletadas nos municípios de Santana e Macapá, respectivamente.

Tabela 7- Médias da concentração, em mg/L, de metais em amostras de solo e planta do centro de Santana-AP.

Amostras	Média±DP							
	Fe	Cr	Cu	Ni	Ca	Mn	Pb	Mg
Sopl1	4.27±1.86	0.162±0.001	0.09±0.00	0.025±0.008	0.26±0.001	0.96±0.002	0.42±0.003	0.15±0.00
Sopl2	9.45±0.02	0.180±0.001	0.11±0.00	0.027±0.01	1.03±0.005	1.30±0.01	0.48±0.02	0.26±0.001
Sopl3	9.51±0.005	0.306±0.002	0.31±0.002	0.152±0.007	1.73±0.01	5.39±0.03	0.48±0.01	0.52±0.00
Sopl4	9.48±0.03	0.223±0.07	0.31±0.002	0.062±0.07	1.03±0.005	1.30±0.01	0.48±0.002	0.26±0.001
<i>Bryophyllum pinnatum</i>	1.01±0.03	0.003±0.001	0.08±0.00	ND	24.00±0.00	0.001±0.001	0.29±0.001	0.54±0.00
<i>Arrabidaea chica</i>	1.43±0.04	0.012±0.001	0.08±0.001	ND	18.30±0.60	0.072±0.00	0.28±0.00	0.53±0.002
<i>Aloe vera</i>	1.29±0.005	0.003±0.003	0.06±0.001	ND	19.80±0.30	1.07±0.04	0.26±0.005	0.54±0.00
<i>Plectranthus ornatus</i> Codd	2.35±0.009	0.025±0.003	0.08±0.00	ND	14.90±1.65	0.28±0.01	0.30±0.01	0.54±0.001

DP – Desvio Padrão/ Sopl – Solo da planta 1, 2, 3 e 4.

Tabela 8- Médias da concentração, em mg/L, de metais em amostras de solo e planta da cidade de Macapá-AP.

Amostras	Média±DP							
	Fe	Cr	Cu	Ni	Ca	Mn	Pb	Mg
Sopl1	11.03±0.22	0.17±0.00	0.13±0.006	0.006±0.001	0.64±0.04	1.81±0.05	0.34±0.00	0.50±0.00
Sopl2	5.82±0.01	0.21±0.006	0.12±0.00	0.02±0.01	0.69±0.01	3.33±0.04	0.35±0.00	0.51±0.00
Sopl3	8.79±0.05	0.29±0.006	0.34±0.006	0.117±0.02	1.63±0.06	1.30±0.02	0.52±0.01	0.51±0.006
Sopl4	6.98±0.17	0.19±0.006	0.11±0.00	0.057±0.006	0.34±0.00	3.70±0.02	0.47±0.00	0.17±0.00
<i>Bryophyllum pinnatum</i>	0.29±0.005	0.02±0.00	0.07±0.00	ND	13.7±0.46	ND	0.28±0.006	0.52±0.00
<i>Arrabidaea chica</i>	0.53±0.00	0.05±0.002	0.08±0.00	ND	8.0±1.65	ND	0.31±0.00	0.52±0.00
<i>Aloe vera</i>	0.61±0.008	0.02±0.00	0.10±0.00	ND	17.8±0.46	ND	0.28±0.00	0.53±0.006
<i>Plectranthus ornatus</i> Codd	5.82±0.01	0.21±0.006	0.12±0.00	0.020±0.01	0.69±0.01	3.33±0.04	0.35±0.00	0.51±0.00

DP – Desvio Padrão/ Sopl – Solo da planta 1, 2, 3 e 4.

O teste estatístico (ANOVA) realizado nas amostras de solo e plantas oriundas das regiões da Vila do Elesbão, Centro de Santana e Centro de Macapá, demonstrarão que há diferenças significativas nas médias das concentrações dos metais averiguados, em seguida o teste Tukey apontou as amostras onde ocorreu as diferenças (Tabela 9 e 10). Para as amostras de solo houve diferenças nas médias dos metais, Fe (G.L= 11, F= 19.950, p= 0.0000), Cr (G.L= 11, F= 15.911, p= 0.0000), Cu (G.L= 11, F= 3819.8, p= 0.0000), Ni (G.L= 11, F= 7.6476, p= 0.00002), Ca (G.L= 11, F= 1904.8, p= 0.0000), Mn (G.L= 11, F= 918.23, p= 0.0000), Pb (G.L= 11, F= 2278.8, p= 0.0000) e Mg (G.L= 11, F= 38723, p= 0.0000). Para as amostras de plantas as diferenças significativas foram nas médias das concentrações dos metais, Fe (G.L= 11, F= 1623.6, p= 0.0000), Cr (G.L= 11, F= 2253.7, p= 0.0000), Cu (G.L= 11, F= 3205.4, p= 0.0000), Mn (G.L= 11, F= 29561, p= 0.0000), Pb (G.L= 11, F= 99.554, p= 0.0000) e Mg (G.L= 11, F= 57.683, p= 0.0000).

As análises de comparação entre as concentrações de metais das regiões da Vila do Elesbão, do centro de Santana e de Macapá, demonstrarão tendências diferentes para a presença de metais em solo e planta. Para as amostras de plantas foi possível constatar que os teores mais elevados dos metais Cr e Cu foram encontrados nos vegetais de Macapá, e os menores valores nas amostras da Vila do Elesbão. Para o elemento Fe as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos do centro de Santana e de Macapá, os menores níveis deste metal foram detectados em plantas da Vila do Elesbão e na espécie *Bryophyllum pinnatum* L. de Macapá (tabela 10).

O Mn está presente em maior concentração em amostras vegetais da Vila do Elesbão e na espécie vegetal *Plectranthus ornatus* Codd. de Macapá, já nas espécies, *Bryophyllum pinnatum* L., *Aloe vera* L. ex Webb e *Friderichia chica* (Bonpl.) L. G. Lohmann de Macapá não foram detectados níveis do metal. Com relação ao Pb os teores mais elevados encontraram-se nas amostras de Macapá, e os menores teores nas amostras da vila do Elesbão. Os níveis mais elevados de Ca foram observados nas amostras do centro de Santana, e os menos níveis nas amostras de Macapá. O metal Mg estava em menor concentração na planta *Plectranthus ornatus* Codd. de Macapá e em maior concentração na amostra de *Plectranthus ornatus* Codd. da Vila do Elesbão (tabela 10).

Tabela 9- Diferenças significativas entre as concentrações de metais em amostras de solo da Vila do Elesbão, centro de Santana e Macapá.

SOLOS	METAIS							
	Fe	Cr	Cu	Ni	Ca	Mn	Pb	Mg
SoplElesbão 1	9.8±0.57 ^A	0.10±0.00 ^A	0.39±0.002 ^D	0.11±0.00 ^{A,B}	0.54±0.01 ^D	6.07±0.02 ^C	0.77±0.004 ^D	0.53±0.001 ^D
SoplElesbão 2	9.9±0.42 ^A	0.12±0.00 ^A	0.31±0.008 ^A	0.10±0.001 ^{A,B}	0.46±0.00 ^C	9.7±0.47 ^D	0.64±0.002 ^C	0.54±0.002 ^E
SoplElesbão 3	9.8±0.57 ^A	0.10±0.00 ^A	0.39±0.002 ^D	0.11±0.00 ^{A,B}	0.55±0.03 ^D	6.09±0.01 ^C	0.64±0.00 ^C	0.53±0.002 ^D
SoplElesbão 4	9.9±0.42 ^A	0.11±0.00 ^A	0.32±0.005 ^A	0.10±0.001 ^{A,B}	0.47±0.02 ^C	9.6±0.47 ^D	0.77±0.00 ^D	0.54±0.002 ^E
SoplSantana 1	4.27±1.86 ^A	0.22±0.001 ^{B,C}	0.30±0.00 ^A	0.061±0.008 ^A	1.03±0.001 ^A	0.96±0.002 ^A	0.48±0.003 ^A	0.25±0.00 ^A
SoplSantana 2	9.45±0.02 ^B	0.16±0.001 ^{A,B}	0.11±0.00 ^C	0.024±0.01 ^A	0.26±0.005 ^B	1.30±0.01 ^A	0.42±0.02 ^B	0.15±0.001 ^B
SoplSantana 3	9.51±0.005 ^A	0.305±0.002 ^C	0.31±0.002 ^A	0.152±0.007 ^B	1.73±0.01 ^E	5.39±0.03 ^B	0.48±0.01 ^A	0.52±0.00 ^C
SoplSantana 4	9.48±0.03 ^A	0.18±0.07 ^{A,B}	0.31±0.002 ^A	0.026±0.07 ^A	1.03±0.005 ^A	1.30±0.01 ^A	0.48±0.002 ^A	0.26±0.001 ^A
SoplMacapá 1	11.03±0.22 ^A	0.22±0.00 ^{B,C}	0.31±0.006 ^A	0.006±0.001 ^A	1.03±0.04 ^A	1.29±0.05 ^A	0.48±0.00 ^A	0.25±0.00 ^A
SoplMacapá 2	5.82±0.01 ^B	0.16±0.006 ^{A,B}	0.09±0.00 ^B	0.02±0.01 ^A	0.26±0.01 ^B	0.96±0.04 ^A	0.42±0.00 ^B	0.15±0.00 ^B
SoplMacapá 3	8.79±0.05 ^A	0.29±0.006 ^C	0.34±0.006 ^A	0.11±0.02 ^B	1.63±0.06 ^E	5.39±0.02 ^B	0.48±0.01 ^A	0.51±0.006 ^C
SoplMacapá 4	6.98±0.17 ^A	0.18±0.006 ^{A,B}	0.11±0.00 ^C	0.026±0.006 ^A	1.03±0.00 ^A	1.29±0.02 ^A	0.47±0.00 ^A	0.25±0.00 ^A

DP – Desvio Padrão/ Sopl – Solo de Planta 1, 2, 3 e 4.

Tabela 10- Diferenças significativas entre as concentrações de metais em amostras de planta da Vila do Elesbão, centro de Santana e Macapá.

PLANTAS	METAIS							
	Fe	Cr	Cu	Ni	Ca	Mn	Pb	Mg
PlaElesbão 1	0.91±0.018 ^B	ND	0.05±0.00 ^B	ND	15.9±0.03 ^{B,C}	0.33±0.003 ^B	0.25±0.007 ^A	0.53±0.001 ^{B,C}
PlaElesbão 2	1.33±0.21 ^C	ND	0.05±0.00 ^A	ND	8.91±0.10 ^A	0.12±0.007 ^E	0.22±0.007 ^E	0.52±0.003 ^A
PlaElesbão 3	0.85±0.00 ^B	ND	0.04±0.001 ^A	ND	10.1±0.18 ^A	4.83±0.004 ^F	0.25±0.003 ^A	0.53±0.004 ^A
PlaElesbão 4	0.45±0.03 ^{A,D}	ND	0.06±0.001 ^E	ND	16.6±0.06 ^{B,C,D}	1.07±0.01 ^C	0.26±0.00 ^A	0.54±0.002 ^D
PlaSantana 1	1.01±0.03 ^B	0.003±0.001 ^A	0.08±0.00 ^C	ND	24.0±0.00 ^H	0.001±0.001 ^A	0.29±0.001 ^{B,C}	0.54±0.00 ^{B,C}
PlaSantana 2	1.43±0.04 ^C	0.012±0.01 ^C	0.08±0.001 ^D	ND	18.3±0.60 ^{D,E}	0.072±0.00 ^D	0.28±0.00 ^B	0.53±0.002 ^A
PlaSantana 3	1.29±0.005 ^C	0.003±0.003 ^A	0.06±0.001 ^B	ND	19.8±0.30 ^E	1.07±0.04 ^C	0.26±0.005 ^A	0.54±0.00 ^{C,D}
PlaSantana 4	2.35±0.009 ^E	0.025±0.003 ^B	0.08±0.00 ^C	ND	14.9±1.65 ^{B,F}	0.28±0.01 ^B	0.30±0.01 ^{C,D}	0.54±0.00 ^{C,D}
PlaMacapá 1	0.29±0.005 ^D	0.02±0.00 ^B	0.07±0.00 ^F	ND	13.7±0.46 ^A	ND	0.28±0.006 ^B	0.52±0.00 ^E
PlaMacapá 2	0.53±0.00 ^A	0.05±0.002 ^D	0.08±0.00 ^D	ND	8.0±1.65 ^A	ND	0.31±0.00 ^D	0.52±0.00 ^E
PlaMacapá 3	0.61±0.008 ^A	0.02±0.00 ^B	0.10±0.00 ^G	ND	17.8±0.46 ^{C,D,E}	ND	0.28±0.00 ^B	0.53±0.006 ^{A,B}
PlaMacapá 4	5.82±0.01 ^F	0.21±0.006 ^E	0.12±0.00 ^H	0.02±0.1	0.69±0.01 ^G	3.33±0.04 ^F	0.35±0.00 ^F	0.51±0.00 ^F

DP – Desvio Padrão/ Pla – Planta 1, 2, 3, e 4.

Nos solos retirados das plantas foi possível observar diferenças significativas entre as amostras da Vila do Elesbão, do centro de Santana e Macapá, visto que as maiores concentrações dos metais Mn, Pb, Mg e Cu foram constatadas nas amostras de solo de plantas da Vila do Elesbão, e as amostras provenientes do centro de Santana e de Macapá obtiveram níveis mais elevados de Ca, Cr e Ni. O metal Fe verificado nas análises obteve diferença nas médias das concentrações apenas nas amostras de solo da planta *Bryophyllum pinnatum* L. do centro de Santana e de Macapá, as quais estavam em menor concentração quando comparadas com as demais amostras de solo das plantas averiguadas (tabela 9).

Portanto, a Vila do Elesbão possui níveis de metais presentes em plantas e solos diferentes das demais regiões avaliadas. É importante ressaltar que comparando os solos das três regiões, a Vila do Elesbão é a que possui a maior quantidade de metais em amostras de solo que atingiram os níveis de concentração mais elevados da pesquisa, e que em sua maioria são considerados poluentes, já as demais regiões possuem a maior quantidade de amostras de solo com os menores teores de metais.

Outro dado relevante que pode ser observado com as análises é o fato das plantas da Vila do Elesbão terem as menores concentrações de metais presentes em plantas, e as amostras vegetais de Macapá apresentaram as maiores concentrações de metais, mesmo tendo concentrações menores no solo, o que segundo Sheoran (2011) classifica estas espécies vegetais da Vila do Elesbão como plantas exclusoras, aquelas em que as concentrações de metal nos brotos são mantidas em um nível baixo até um valor crítico em uma ampla gama de concentrações do metal no solo, este tipo de espécie vegetal possui um limite de tolerância, ou seja, são capazes de eliminar o metal da parte aérea até determinado nível, entretanto, com a continuidade da exposição à contaminação, ocorre um desequilíbrio no metabolismo da planta, e o metal absorvido passa a ser transportado para a parte aérea de forma descontrolada. Contudo, plantas que não sejam adaptadas a ambientes expostos a metais pesados podem acumular este em seus tecidos e manter níveis elevados de metais mesmo com concentrações menores no solo. As plantas acumuladoras são próprias para fitoextração e exclusoras para fitoestabilização (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000).

Os resultados alcançados são justificados pelas atividades humanas realizadas nas áreas estudadas, pois, a Vila do Elesbão encontra-se em um espaço

de depósito e transporte de minério, o que de acordo com Abbas et al. (2011) é um fator que contribui com a acumulação de metais em solo, água e plantas, e parte destes metais, como por exemplo, o Cd, Pb e Ni são altamente tóxicos para as espécies vegetais. Segundo Larcher (2000), as plantas podem desenvolver mecanismos de proteção contra estes metais, como a imobilização destes na parede celular impedindo a permeabilidade destes, ou ainda, a compartimentalização dos metais nos vacúolos. O comportamento das espécies vegetais frente aos metais contaminantes depende da espécie de planta, do metal, do órgão em que é acumulado e das estratégias de tolerância e resistência. A existência de plantas tolerantes ainda não é completamente entendida, mas é reconhecida a participação de mecanismos tais como: acúmulo nos tricomas, translocação para as folhas mais velhas, exsudação de substâncias contendo metais quelatados, ligações de metais às paredes celulares, alterações das estruturas de membranas e permeabilidade, restrição de compostos intracelulares sequestrados do metal e ativação das bombas transportadoras de íons metálicos para os vacúolos (MARQUES et al., 2000).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados nesta pesquisa determinaram a bioacumulação do metal Pb em plantas medicinais da região da Vila do Elesbão em Santana-AP, por meio da determinação de metais existentes nas espécies vegetais, *Bryophyllum pinnatum*, *Plectranthus ornatus* Codd, *Aloe vera* e *Arrabidaea chica* coletadas na região. Este estudo pode constatar também a presença de Fe, Cu, Mn, Ca, e Mg nas amostras das plantas estudadas, confirmando assim a presença de metais essenciais e não essenciais nestas plantas demonstrando que estas espécies vegetais podem absorver metais essenciais e não essenciais como o Pb.

Nas avaliações da relação entre os níveis de metais existentes no solo e os níveis encontrados em plantas pode-se concluir a existência de relação entre os metais Ca, Mg e Pb presentes no solo com as concentrações existentes nas espécies vegetais analisadas. Observando assim níveis do metal Pb presentes em plantas e solo que requerem atenção pelas características tóxicas deste metal.

As análises de água realizadas em cinco amostras coletadas na região da Vila do Elesbão detectaram a existência dos metais Fe, Mn, Cu e Pb, ao comparar os valores encontrados com os parâmetros que regularizam a qualidade da água apropriada para o consumo humano, CONAMA, OMS e EPA, pode-se comprovar a contaminação de Fe, Pb, Mn e Cu, existentes nas amostras de água com concentrações acima dos limites preconizados pelas agências reguladoras.

A comparação de amostras de plantas e solos da Vila do Elesbão com amostras coletadas no centro de Santana-AP e Macapá-AP constataram que há diferenças significativas entre as espécies vegetais e o solo destas regiões. Comprovando ainda que a região da comunidade do Elesbão possui um solo com disponibilidade maior dos metais Fe, Mn, Pb, Mg e Cu, porém, as plantas pertencentes a esta região possuem níveis menores de metais se comparadas com as espécies vegetais das demais regiões averiguadas.

Portanto, a constatação da existência de metais considerados altamente tóxicos em plantas, água e solo, ressalta a importância do monitoramento da região para que se seja possível desenvolver mecanismos de preservação do ambiente, assim como, garantir a qualidade da saúde pública na região da Vila do Elesbão em Santana-AP.

REFERÊNCIAS

- ABOU-ARAB A. A. K. et al. Quantity stimation of some contaminants in commonty used medicinal plants in the Egyptian Market. **Food Chem.** v. 67, p. 357 – 363, 1999.
- ABBAS, U. J. et al. Comparative study of heavy metals in soil and selected medicinal plants. **Journal of Chemistry.** v. 5, p. 1-5, 2013.
- AGUIAR, J.E.; MARINS, R.V.; ALMEIDA, M.D. Comparação De Metodologias De Digestão De Sedimentos Marinhos Para Caracterização Da Geoquímica De Metais-Traço Na Plataforma Continental Nordeste Oriental Brasileira. **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, nº 3, p. 304-323, 2007.
- ALBUQUERQUE, J.M. de. **Plantas medicinais de use popular**. Brasília, DF: ABEAS/MEC, 1989. p.75.
- ALVES, A. N. L., ROSA, H. V. D. Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, nº 2, p. 129-139, 2003.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 22, nº 1, p. 1051-1063, 2013.
- AUGUSTO, A. S.; BERTOLI, A. C.; CANNATA, M. G.; CARVALHO, R.; BASTOS, A. R. R. Bioacumulação de Metais Pesados em Brassica juncea: Relação de Toxicidade com Elementos Essenciais. **Revista Virtual de Química**, v. 06, nº 05, p. 1221-1236, 2014.
- Amazônia e na Mata Atlântica**. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, p.463 - 491, 2002.
- ANJOS, José Ângelo Sebastião Araújo dos. **Estratégia para remediação de um sítio contaminado por metais pesados** - estudo de caso. 1998. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- ALLEONI, L.R.F.; IGLESIAS, C.S.M.; MELLO, S.C. et al. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, n.4, p.729-737, 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7217**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE DISTRIBUIÇÃO E DRENAGEM DE ÁGUAS. **Níquel**. p. 2, 2012.

_____. **Manganês**. p. 1, 2013.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DO ZINCO. **O Zinco no meio ambiente: compreendendo a ciência**. p. 2, 2002.

AUGUSTYNOWICZ, J. et al. Chromium(VI) bioremediation by aquatic macrophyte *Callitriche cophocarpa* Sendtn. **Chemosphere**. v. 79, n. 11, p. 1077-1083, 2010.

AZEVEDO, F.A., CHASIN, A.A.M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo, Editora Atheneu, 2003.

BAIRD, C. Toxic Heavy Metals, in. **Environmental Chemistry**. 2 ed. New York: W. H. Freeman And Company. p. 557, 1998.

BAKER, A.J.M. AND BROOKS, R.R. Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements. A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry. **Biorecovery**. v. 1, p. 81-126, 1989.

BAKER A. J. M. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 3, n. 1/4, p. 643-654, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685, de 27 de Agosto de 1998. **Diário Oficial da república Federativa do Brasil**. 1998.

BORGES, D. L. G. et al. Fundamentos da Espectrometria de Absorção Atômica de Alta Resolução com Fonte Contínua. **Revista Analytica**, n.18 p. 58-67, 2005.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. 2010. 47 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo), Universidade Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

BOSSO, S., ENZWEILER, J. Ensaios para determinar a (bio)disponibilidade de chumbo em solos contaminados: revisão. **Química Nova**, v. 31, nº 2, p. 394, 2008.

CASARA, Marques. **Mineração predatória na Amazônia brasileira: cinco décadas de irresponsabilidade social e ambiental no estado do Amapá**. Observatório Social, mai. 2003. Disponível em <<http://www.observatoriosocial.org.br/download/mineracao.pdf>>. Acesso em 25 abril. 2016.

CALDAS, E. D., MACHADO, L. L. Cadmiun, Mercury and lead in medicinal herbs in Brazil. **Food Chem Toxicol**. v. 42, p. 599 – 603, 2004.

CARVALHO, C. C. C. R.; FONSECA, M. M. R. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. **Food Chemistry**, v. 95, p. 413 - 422, 2006.

CHAVES, R.C. P. Avaliação do teor de metais pesados em tratada do município de Lavras-MG. Dissertação (mestrado em Agroquímica) UFLavras, Minas Gerais, p. 13, 2008.

CHOJNACKA, K. Biosorption and Bioaccumulation – the prospects for practical applicatinos. **Environment International**. v. 36, nº 3, p. 299 – 307, 2010.

CHOUDHURY, R. P.; KUMAR, A.; GARG, A. N. Analysis of Indian mint (*Mentha Spicata*) for essential, trace e toxic elementos and its antioxidant behaviour. In press. **Jornal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 4, nº 3, p. 825-832, 2006.

CHUGH, L. K.; SAWHNEY, S. K. Effect of cádmium on germination amylases and rate of respiration of germinating pea seeds. **Environmental Pollution**. v. 92, p. 1-5, 1996.

CIESLA, P. et al. Homogeneous photocatalysys by transition metal complexes in the environment. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, v. 224, nº 1, p.17-33, 2004.

COMMISSION OF EUROPEAN COMMUNITIES INDUSTRIAL HEALTH AND SAFETY (CECIHS). **Biological indicators for the assessment of human exposure to industrial chemicals: cobalt**. p. 51-61, 1987.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº357. p. 58-63, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº420. p. 81-84, 2009.

COSTA, S. J. et al. Physicochemical Characterization of Water Quality-Lagoa dos Índios in Macapá. **Brazil. ACSj**. v. 5, nº 2, p. 122-134, 2015.

CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1984.

CORRÊA, T. L. Bioacumulação de metais pesados em plantas nativas a partir de suas disponibilidades em rochas e sedimentos: o efeito na cadeia trófica. **Contribuições às Ciências da Terra Série M**, v. 29, nº 241, p. 2, 2006.

CORRÊA P.M.; COUTINHO D.F. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional; 1984.

CORRÊA, A.D. **Plantas medicinais: do cultivo a terapêutica**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, p. 80-82, 1998.

DE GENNARO, L. D. Lead and the developing nervous system. **Growth Dev Aging**, V. 66, Nº 1, p. 43-50, 2002.

DELLAR, J.E.; COLE, M.D.; WATERMAN, P.G. Antimicrobial abietan e diterpenoids from *Plectranthus elegans*. **Phytochemistry**, v.41, n.1, p.735-738, 1996.

DI STASI, L.C.; HIRUMA-LIMA, C.A.; SANTOS, C.M.; GUIMARÃES, E.M. Asterales Medicinais. In: Di Stasi, L. C.; Hiruma-Lima, C. A. (orgs). **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. São Paulo: UNESP, 2002. 604p.

ELIN, R. J. Assessment of magnesium status for diagnosis and therapy. **Magnesium Res**, v. 23, nº 4, p. 194, 2010.

ERNST, E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines. **Trends Pharmacol. Sci. Exeter**. v. 23, nº 136, p. 136-139, 2002.

FACKNATH, S., et al. Response of three important insect pests of horticultural crops in Mauritius to extracts of *Ayapana triplinervis*. **Journal of Applied Entomology**, 1999.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavra: UFLA/FAEPE. 2005.

FAVORITO, P. A. et al. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.13, p.582-586, 2011.

FERNANDES, P.C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; MARQUES, M.O.M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.22, p.260-264, 2004.

FRANCO, F. **Tabela de Composição de Alimentos**. 9ª ed., Atheneu, São Paulo. 1998.

FERREIRA, A. P.; WERMELINGER, E. D. Concentrações séricas de metais e suas implicações para a saúde pública. **J Health Sci Inst.**, p. 13-9, 2013.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A.; CUNHA, C. L. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Revista de Gestão Costeira**

Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 10, n. 2, p. 234, 2010.

FREITAS, E. V. et al. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1899-1907, 2009.

FREIRE, M.F.I. Metais pesados e plantas medicinais. **Revista Científica de Agronomia**, nº 08, p. 1-14, dezembro, 2005.

GAD, C.S. Acute and chronic systemic chromium toxicity. **Sci.Tot. Environ.**, p.149-157, 1989.

GÓMEZ, M. E. D. B. **Modulação da composição de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta: Estabilidade oxidativa**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Bromatologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GONÇALVES, V. C. et al. Biodisponibilidade de Cádmio em Fertilizantes Fosfatados **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2871- 2875, 2008.

GOYER, A. R.; CHERIAN, G. M. Toxicology of metals. **Heidelberg: Springer**, v. 115, p.358-360, 2014.

GROSSMAN, L. **Óleos essenciais na culinária, cosmética e saúde**. São Paulo: Optonline, 2005. 300 p.

GUIMARÃES, M. A., SANTANA, T. A., SILVA, E. V, ZENZEN, I. L., LOUREIRO, M. E. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica**, v. 1, n. 3, p. 59, 2008.

HASLAM, E. Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action. **Journal of Natural Products**, v. 59, p. 205-215, 1996.

HAIDER, S. N. et al. Heavy metal content in some therapeutically importante medicinal plants. *Bull. Environ. Comtam. Toxicol.* v. 72, p. 119-127, 2004.

HERTWINH, F. I. V. **Plantas aromáticas e medicinais**. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1991. p. 414.

HERNÁNDEZ, R.B. et al. Mechanisms of Manganese-Induced Neurotoxicity in Primary Neuronal Cultures: The Role of Manganese Speciation and Cell Type. **TOXICOLOGICAL SCIENCES**, v. 124, n. 2, p. 414-423, 2011.

HOLLER, F. J. et al. *Princípios de Análise Instrumental*. 6 ed. Porto Alegre: Brookman, 2009. 1056p.

HORN, D. et al. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. **Revista Brasileira Ci. Solo**, v. 30, p. 77-85, 2006.

INSTITUTO INTERNACIONAL DO POTÁSSIO (IPI). *Nutrição e Saúde: A importância do Potássio*. São Paulo, p. 3, 2013.

IREGREN, A. Manganese neurotoxicity in industrial exposures: proof of effects, critical exposure level, and sensitive tests. **Neurotoxicology**, v. 20, nº. 2-3, p. 315, 1999.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612p.

JUNIOR, A. I. S.; BIDART, A. M. F.; CASELLA, R. J. Absorção Atômica. Disponível em: <http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/545>. Acesso em: 14 de setembro de 2016.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. 2000. **Trace elements in soils and plants**. 3º ed. Boca Raton, USA: CRC Press. 413p.

KALIL FILHO, A. N.; KALIL, G.P. C.; LUZ, A.I. R. **Conservação de germoplasma de plantas aromáticas e medicinais da Amazônia brasileira para uso humano**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 50). LAMEIRA, O.A.; AMORIM, A.C. L. Substâncias ativas de plantas medicinais. In: LAMEIRA, O.A.; PINTO, J.E. B. P. (Ed.). **Plantas medicinais: do cultivo, uso e manipulação à recomendação popular**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 73-82.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções, Absorção e Mobilidade. **International Plant Nutrition Institute**, nº 118, p. 1-24, 2007.

KHODADOUST, A. P., REDDY, K. R., MATURI, K. Removal of nickel and phenanthrene from kaolin soil using different extractants. **Environmental Engineering Science**, vol. 21, nº. 6, p. 691-704, 2004.

KLASSEN C. D., WATKINS, J. B. **Toxicologia, a Ciência Básica dos Tóxicos**. Portugal: Editora McGraw-Hill, 2001.

KLUMPP, A.; et al. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo, V.24, n.4 (suplemento), p.511-518, dez. 2001.

KOLTE, D., VIJAYARAGHAVAN, K., KHERA, S., SICA, D., FRISHMAN, W.H. Role of magnesium in cardiovascular diseases. **Cardiol Rev**, v. 22, nº 4, p. 182, 2014.

KOTAS, J., STASICKA, Z. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. **Environ. Pollut.**, p. 263–283, 2000.

LIMA, M. O. et al. Avaliação de Arsênio total, de elementos traços e bacteriológica em águas de consumo na comunidade do Elesbão, município de Santana, estado do Amapá, Brasil. **Caderno de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 467 - 482, 2007.

LIMA, A.R.; MAGALHÃES, A.S.; SANTOS, A.R.M. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais utilizadas na cidade de Vilhena, Rondônia. **Revista pesquisa & Criação**, v.10, n.2, p.165-179, 2011.

LIMA, D. P. et al. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. **ACTA Amazonica**, v. 45, nº 4, p. 405-414, 2015.

LI, J. H.; ROSSMAN, T.C. Inhibition of DNA Ligase activity by arsenite: a possible mechanism of its comutagenesis. **Mol Toxicol**, p. 1-9, 1989.

LANS, C. Comparison of plants used for skin and stomach problems in Trinidad and Tobago with Asian ethnomedicine. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 3, nº. 3, 2007.

LOPES, C.R. Folhas de chá. Viçosa: **UFV**, 2005.

LOPES, G. F. G; PANTOJA, S. C. S. Levantamento das espécies de plantas medicinais utilizadas pela População de santa cruz - Rio de janeiro – RJ. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 15, edição especial, p. 77-78, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MAIGA, A. et al. Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. **J. Agric Food Chem.**, v. 53, nº 6, 2005.

McBRIDE, J. M. et al. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. **J. Strength Cond. Res.** v. 16, nº 1, p. 75-82, 2002.

MAGALHÃES, C. E. C. Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, p. 94-97, 2002.

MANAHAN, S.E. Toxicological Chemistry and Biochemistry. CRC Press, Limited Liability Company (LLC), 3º ed., 2003.

MASSEY, R.; TAYLOR, S. Aluminium in Food and the Environment. **Royal Society of Chemistry**, London, 1991.

MARINS, R. V.; DE OLIVEIRA, R. C. B. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: **Revisão. Ver. Virtual Quim.**, v. 3, nº 2, p. 88 – 102, 2011.

MARTÍNEZ, C. E., MOTTO, H. L. Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils. **Environmental Pollution**, v. 107, nº 1, p. 153 – 158, 2000.

MARTINS, A. G., et al. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais, alimentares e tóxicas da Ilha do Combu, Município de Belém, Estado do Pará, Brasil. **Rev. Bras. Farm**, v. 86, nº 1, p. 21-30, 2005

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MAURO, C. et al. Estudo anatômico comparado de órgãos vegetativos de boldo miúdo, *Plectranthus ornatos* Codd. e malvariço, *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. – Lamiaceae. **Revista brasileira de farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 608-613, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MERCK INDEX. **An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals**. Whitehouse Station: Merck, 12.ed., p.2488-2504, 1996.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos/ Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. p.171-223.

MOREIRA, F. R., MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Ver. Panam. Salud. Publica**, v. 15, nº 2, p. 119, 2004.

MONTEIRO, M.A. A ICOMI no Amapá: meio século de exploração mineral. **Novos Cadernos NAEA**, Pará, v. 6, n. 2, p. 113 - 168, Dez., 2003.

NAZIR, R. et al. Accumulation of Heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants na analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam Kohat. **Pham. Sci e Res**. v. 7, nº 3, p. 89 – 97, 2015.

NERY, M. I. S. et al. Morfoanatomia do eixo vegetativo aéreo de *Ayapana triplinervis* (Vahl) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae). *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas, v.16, nº.1, p.62-70, 2014.

OLIVEIRA, M. J. (Org.). **Diagnóstico do setor mineral do Estado do Amapá**. Macapá: Iepa, 2010. 24 p.

OLIVEIRA, M. A. P; PARENTE, R.C. M. Noções básicas de bioestatística. **Bras. J. Video-Sur**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2010.

PARENTE, L. M. L., et al. Aloe vera: características botânicas, fitoquímicas e terapêuticas. **Arte Médica Ampliada**, v. 33, nº 4, p. 160 – 163, 2013.

PASCALICCHIO, A. E. **Contaminação por metais pesados**: Saúde pública e medicina ortomolecular. São Paulo: Annablume, p. 25-46, 2002.

PEIXOTO, E. M. A. Elemento Químico: Magnésio. **Química Nova na Escola**, nº 12, p. 1, 2000.

_____. Elemento Químico: Potássio. **Química Nova na Escola**, nº 19, p. 1, 2004.

_____. Elemento Químico: Cálcio. **Química Nova na Escola**, nº 20, p. 1, 2004.

PENDIAS, A. K. *Trace Metals in Soils and Plants*. Ed. CRC Press, Boca Raton, USA, 2º ed., 2001.

PEREIRA, G.A. P., GENARO, P.S., PINHEIRO, M. M., SZEJNFELD, V. L., MARTINI, L. A. Cálcio dietético: Estratégias para otimizar o consumo. **Rev Bras Reumatol**, v. 49, nº 2, p. 164 – 171, 2009.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2015. 81 p.

PIMENTEL, A.A.M.P. **Cultivo de plantas medicinais na Amazônia**. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1994. 114 p.

PRADO, A.G.S. et al. Studies on copper (II)- and zinc (II)-mixed ligand complexes of humic acid. **Journal of Hazardous Materials B**, v. 136, p. 585-588, 2006.

PRISTA J, Uva JS. A utilização de indicadores biológicos em Saúde Ocupacional. **Rev. Port. Saúde Pública**, p. 45-54, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 738 p.

RADOJEVIC, M.; BASHKIN, V. N. **Practical environmental analysis**. Londres: Royal Society of chemistry, 1999, 466 p.

RIBEIRO, J. R. et al. Determinação de metais em água e folha de *aechmea blanchetiana* (baker) l.b. **Química Nova**, v. 39, nº 4, p. 443, 2016.

RODRIGUES M.F; DOS SANTOS E.C. Estudo da viabilidade financeira: implantação da cultura do manjeriço para exportação. **UPIS**, 2005. Disponível em: <http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/projeto_empresarial/pesquisas/implantacao_manjericao1.pdf>. Acesso em 12 Nov. 2016.

RODRIGUÊS, T. S. et al. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.13, especial, p.587-590, 2011.

ROSENSTOCK, L.; CULLEN, M. R. **Textboock of clinical occupational and environmental medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994.
SANTOS, E. C. O. Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2, p. 171 - 185, 2003.

SANTOS, K. N. R. et al. Dtermination of trace-metals in sediments and plants on Canal of Jandiá and Igarape of Fortaleza in Macapá-AP-Brazil. **American Chemical Journal**. v. 4, nº 6, p. 706 – 714, 2014.

SANTIAGO, D. M. et al. Teores de cádmio, chumbo e zinco em plantas medicinais cultivadas em solos contaminados. **PERQUIRERE**. Patos de minas Gerais, v. 1, nº 8, p. 195 -202, 2011.

SARGENTELLI, V., MAURO, A. E., MASSABNI, A. C. Aspectos do metabolismo do Cobre no homem. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, nº 3, p. 290, 1996.

- SERRAT, B. M. et al. **Conhecendo o solo**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias/Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002, 27 p.
- SCHWARTZ, K., MERTZ, W. Chromium(III) and the glucose tolerant factor. *Arch. Biochem. Biophys.*, p. 292–295, 1959.
- SCHENKEL, E.P.; GOSMAN, G.; PETROVICK, P.R. Produtos de origem vegetal e o desenvolvimento de medicamentos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3 ed. Florianópolis: Ed. UFRGS/UFSC, 2000. p.15.
- SATARUG, S.; BAKER, J.R.; URBENJAPOL, S.; ELKINS, M.H.; REILLY, P.E.B.; WILLIAMS, D.J. MOORE, M.R. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. **Toxicology Letters**, p. 65-83, 2003.
- SALDANHA, M. F. C. et al. Avaliação de cinco tipos de aberturas para determinação de teores de Ferro, Manganês e Zinco em alguns solos Brasileiros. **Pesq. And. CNPS**, n. 1, Agosto, p. 1-10, 1997.
- SARMA, H. Metal Hyperaccumulation in Plants: A Review Focusing on Phytoremediation Technology. **Journal of Environmental Science and Technology**, p. 118-138, 2011.
- SANTOS, L. A. et al. Determinação da atividade antimicrobiana do extrato hidroalcoólico da planta *Plectranthus ornatus* Codd (boldo chinês). **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 1, p 119-129, 2014.
- SCANSETTI, G.; MAINA, G.; BOTTA, G.C.; BAMBACE, P.; SPINELLI, P. Exposure to cobalt and nickel in the hard-metal production industry. **Int. Arch. Occup. Environ. Health**, Berlin, v. 71, p. 60-63, 1998.
- SCUDELLER, V.V. **Diversidade Sociocultural. Etnoconhecimento de plantas de uso medicinal nas comunidades São João do Tupé e Central** (Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé). In: Santos-Silva, E.N e Scudeller, V.V (orgs). **Amazônia Central. Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro**. p.185-199, 2009.
- SHARMA, V. K.; SOHN, M. Aquatic arsenic: toxicity, speciation, transformations, and remediation. **Environ Int**, 2009.
- SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p.35-52, 2005.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A. S.; POONIA, P. Role of Hyperaccumulators in Phytoextraction of Metals From Contaminated Mining Sites: A Review.

Environmental Science And Technolo, v. 1, nº 41, p.168-214, 2011.

SIEGEL F. R. **Environmental geochemistry of potentially toxic metals**. Springer – Verlag, Berlin, p. 218, 2002.

SILVA, A. C. et al. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Rev. Esc. Minas**, v. 54, nº 2, p.133-136, 2001.

SIMÕES, H. C. G. A história e os efeitos sociais da mineração no estado do Amapá. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais**, n. 2, Dez., p. 1, 2009.

SMITH, L.A., MEANS, J. L., CHEN, A., ALLEMAN, B., CHAMPMAN, C. C., TIXIER, J. S., BRAUNING, S. E., GAVASKAR, A. R., ROYER, M. D. Remedial options for metals-contaminated sites. **CRC**, New York, p. 17-33, 1995.

SMITH, D. G., CAPPAL, R., BARNHAM, K. J. The redox chemistry of the Alzheimer's disease amyloid beta peptide. *Biochim Biophys Acta.*, Austrália, p. 1980, 2007.

SOUZA, N.N.; SILVA, A.F.C.; MARTINS, F.S.; FERREIRA, G.S.; FERREIRA, C.F.A.; RAMOS, F.M.; PEREIRA, R.O. **Plantas Medicinais: Etnobotânica na várzea do Mamirauá**. Manaus. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. SEBRAE. 2003. 218 p.

STUMM, W.; Morgan, J. J. **Aquatic chemistry – Chemical Equilibria and Rates in Natural waters**. John Wiley & Sons , Nova Iorque, 3 ed., 1996.

United States Department of Health and Human Services (USDHHS). *Toxicological profile for lead*. Atlanta, Ga, USA, 1999.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Method 3051a - Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Feb 2007. 30p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Method 200.7, Revision 4.4: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. Revision 1.0, 1994.

VAHTER, M. Mechanisms of arsenic biotransformation. **Toxicology**, p. 181-182, 2002.

VAN DEN BERG M.E. **Plantas medicinais da Amazônia: contribuição ao seu conhecimento sistemático**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi; 1996.

NASCIMENTO, L. C., GARDIN, N. E., VOLKMANN, P. R. *Bryophyllum calycinum* na terapêutica antroposófica. **Arte Médica Ampliada**, V. 34, N. 2, p. 58-59, 2014.

VASCONCELOS, D. A., LIMA, M. M. O., ALCOFORADO, G. G. Plantas medicinais de uso caseiro: conhecimento popular na região do centro do município de Floriano/PI. In: V Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Maceió, 2010. Anais CONNEPI 2010, 2010.

VÁSQUEZ, S. P. F.; MENDONÇA, M. S.; NODA, S. N. Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do Município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. **ACTA Amazônica**, v. 44, n. 04, p. 461-467, 2014.

VERA, R. R.; CHANE-MING, J. Chemical composition of the essential oil of marjoram (*Origanum majorana*) from Reunion Island. **Food chemistry**, v. 66, n. 2, p. 143-145, 1999.

VIEIRA, L.S. **Fitoterapia da Amazônia**: manual de plantas medicinais (A farmácia de Deus). 2. ed. São Paulo: Ceres, 1992. 347 p.

VEIGA, V.F.J.; et al. Plantas Medicinais: cura segura?. **Química Nova**, v. 28, p. 519-428, 2005.

YABE, R. et al. Accumulation of Heavy Metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, ZN, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water Collected from Tanda Dam Kohat. **Pham. Sci. e Res.** v. 7, nº 3, p. 89-97, 2015.

WOLFF, E., CONCEIÇÃO, S. V. **Resíduos sólidos: a reciclagem de pilhas e baterias no Brasil**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR104_0146.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Arsenic and Arsenic Compounds. **Environmental Health Criteria Series**, Geneva, nº 224, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Geneve, p. 224, 2001.

WUANA, R. A., OKIEIMEN, F. E. HeavyMetals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. **ISRN Ecology**, Nigeria, p. 6, 2011.