



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

ENQUADRAMENTO BIOGEOQUÍMICO DOS VEGETAIS CONSUMIDOS NA CIDADE DO LUBANGO – ANGOLA

Paulo Nachango Cassavela

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO**

Fevereiro, 2014





UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

ENQUADRAMENTO BIOGEOQUÍMICO DOS VEGETAIS CONSUMIDOS NA CIDADE DO LUBANGO ANGOLA

Paulo Nachango Cassavela

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO**

Orientadores científicos

Prof. Doutor João António Mendes Serra Pratas, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Nelson Edgar Viegas Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade de Coimbra

Fevereiro, 2014

Agradecimentos

Aos meus Orientadores, Professor Doutor João António Mendes Serra Pratas e Professor Doutor Nelson Edgar Viegas Rodrigues. Pela paciência, e Compreensão.

Ao Mestre Igor Fernando Batista Pereira Morais, pela ajuda no Laboratório de Biogeoquímica.

A Mãe, Celina Nachango Cassavela, pelo bom exemplo de vida e pela maravilhosa pessoa que és.

A minha Esposa, Manuela Andreia Fernandes Neto Cassavela, pelo amor, cuidado, compreensão e amizade.

Aos que acompanharam-me na árdua tarefa de recolha das amostras, Manuela Andreia Fernandes Neto Cassavela, Luciano Ngola Cassavela, e Dr Emanuel Gabriel Chingando.

Pelo apoio moral e financeiro, Dr Timóteo Pimentel, Dr Carmo Lupito Bongue e Mestre Gelson Francisco Catimba Cassavela.

Aos meus Manos, Mestre Guido Joaquim Prego e Mestre José Macosso Cumbo.

Ao Mestre Francisco Pedro – Pai Chico (Director Adjunto Para Área Científica Do ISCED-HUÍLA), pela confiança e paciência que sempre demonstrou.

Ao Professor Pessela, da escola do Capangombe, pela ajuda prestada.

A todos os fazendeiros e vendedoras, que pacientemente forneceram os legumes amostrados.

A todos que directa e indirectamente tornaram possível esta realização.

O MEU MUITO OBRIGADO.

Paulo Nachango Cassavela

Resumo

A qualidade da vida depende da qualidade do alimento ingerido. Sendo os vegetais parte fundamental da dieta humana, é importante conhecer a composição físico-química daqueles que são consumidos. É com este propósito que o presente trabalho visa enquadrar a biogeoquímica dos vegetais cultivados e consumidos na cidade do Lubango e localidades em redor.

Para tal foram recolhidas 12 espécies de vegetais em 6 locais diferentes: Mangueiras, Humpata, Quihita, Chibia, Hoque e Lubango. Os materiais foram analisados no Laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, utilizando espectrofotometria de absorção atômica por chama (AAS), e espectrofotometria de absorção atômica com câmara de grafite (GFAAS). As análises incidiram sobre os seguintes elementos: Arsénio (As), Cobalto (Co), Crómio (Cr), Ferro (Fe), Lítio (Li), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn).

Como conclusão fundamental verificámos que os vegetais amostrados não apresentavam um significativo enriquecimento em elementos tóxicos e as concentrações estão dentro dos valores normais encontrados na bibliografia.

Para a generalidade dos elementos analisados verificou-se que as espécies de folhosas comestíveis acumularam mais do que os tubérculos, caules ou frutos.

A resposta ao excesso de determinados elementos nos solos pode ser detectada por várias espécies de vegetais. Assim: a abóbora pode ser indicadora de As, Ni e Pb; o agrião pode ser indicador de Cr, Fe, Ni, Pb; a alface pode indicar As e Pb; a cebola pode indicar Co, Cr, Cu, Ni e Mn; a Jimboa parece ser uma importante indicadora de toda contaminação das águas e, em especial, do As; a mandioca pode ser indicadora de As; e o tomate é indicador de As, Ni e Pb.

A variação sazonal não apresentou uma tendência importante para a maioria dos vegetais analisados sendo mais significativa para as espécies folhosas.

Palavras-chave: elementos-traço, relação solo-planta, vegetais comestíveis, biogeoquímica, Lubango.

ABSTRACT

The quality of life depends on the quality of ingested food. The vegetables are an essential part of the human diet so it is important to know the physical and chemical composition of plants consumed. It is with this purpose that the present work aims at analyzing the biogeochemistry of cultivated and consumed vegetables in Lubango City, Angola, and in its surroundings.

For this 12 plant species have been collected at 6 different places: Mangueiras, Humpata, Quihita, Chibia, Hoque and Lubango. The materials were analyzed in the Laboratory of Biogeochemistry of the Earth Sciences Department of the University of Coimbra, using atomic absorption spectrometry (AAS), and graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS). The analyses focused on the following elements: arsenic (As), cobalt (Co), chromium (Cr), iron (Fe), lithium (Li), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn).

As a main conclusion it was found that the sampled plants showed no significant enrichment in toxic elements and concentrations they are within the normal ranges found in literature.

For the majority of the analyzed elements it was found that the species of edible leafs accumulated more than tubers, stems or fruits.

The response to the excess of certain components in the soil can be detected by various plant species. Pumpkin can be an indicator of As, Ni and Pb; watercress can be an indicator of Cr , Fe , Ni , Pb; lettuce may indicate As and Pb; onion may indicate Co, Cr, Cu , Ni, and Mn; Jimboa seems to be an important indicator of all water contamination in particular of As; cassava may be indicative of As; and tomatoes are an indicator of As, Ni and Pb.

The seasonal variation was not significant for most plants analyzed. The effect was somewhat more noticeable on the leafy species.

Keywords: Trace elements, soil-plant relationship, edible vegetables, biogeochemistry, Lubango-Angola.

Índice Geral

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Esquema	2
CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Acumulação de metais por vegetais	6
2.2. Efeito de toxicidade para o homem	10
2.3. Concentração de elementos em função do tipo de solo	14
CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
3.1. Introdução.....	17
3.2. Aspectos gerais da área de estudo.....	17
3.2.1 Localização global.....	17
3.2.2. Hidrologia	18
3.2.3 Geologia	26
3.2.3 Clima.....	29
3.2.4. Práticas agrícolas.....	30
3.3. Aspectos particulares dos locais de colheita.....	31
3.3.1 Mangueiras.....	31
3.3.2. Humpata.....	33
3.3.3. Quihita	36
3.3.4. Chibia.....	39
3.3.5. Hoque	42
3.3.6. Lubango	43
CAPÍTULO 4. MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1. Caracterização dos vegetais utilizados.....	46
4.1.1. Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	46
4.1.2. Agrião (<i>Nasturtium officinale</i>).....	47
4.1.3. Beringela (<i>Solanum melongena</i>)	48

4.1.4. Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	49
4.1.5. Cenoura (<i>Dalcus carota L.</i>)	50
4.1.6. Cebola (<i>Allium cepa L.</i>)	51
4.1.7. Feijão (abrange grãos de várias espécies do género Phaseolus (<i>Phaseolus vulgaris L.</i> , <i>Phaseolus lunatus L.</i> , <i>Phaseolus acutifolius A. Gray</i> , <i>Phaseolus coccineus L.</i> e <i>Phaseolus</i> <i>polyantus Green</i>), além das espécies <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Cajanus cajan</i> (principalmente na variedade arbórea) e <i>Vicia faba</i>	52
4.1.8. Jimboa (<i>Amaranthus hybridus</i>)	52
4.1.9. Lombi de abóbora (<i>Cucurbita maxima</i>).....	53
4.1.10. Mandioca (<i>Manihot esculenta L.</i>)	54
4.1.11. Pimento (<i>Capsicum annuum L.</i>)	55
4.1.12. Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).....	57
4.2. Locais de amostragem.....	58
4.3. Técnicas de campo e analíticas	58
4.3.1. Técnicas de Campo.....	58
4.3.2. Técnicas analíticas	59
4.3.3. Tratamento de dados	61
CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 – Concentração elementar	62
5.1.1 - O Arsénio:.....	62
5.1.2 - O Cobalto:	64
5.1.3 - O Crómio:	66
5.1.4 - O Cobre:	68
5.1.5 - O Ferro:	70
5.1.6 - O Lítio:	72
5.1.7 - O Manganésio:	74
5.1.8 - O Níquel:	76
5.1.9 - O Chumbo:	78
5.1.10 - O Zinco:	80
5.2 Selecção de espécies	82
5.3 Acumulação de metais nas diferentes espécies.....	84
5.3.1 – Abóbora.....	84
5.3.2 – Agrião	84
5.3.3- Alface.....	85
5.3.4 – Batata-Doce	86

5.3.5 – Beringela.....	86
5.3.6 – Cebola.....	87
5.3.7 – Cenoura	87
5.3.8 – Feijão	87
5.3.9 – Jimboa	88
5.3.10 – Mandioca.....	88
5.3.11 – Pimento	89
5.3.12 – Tomate	89
CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS	96

Índice de Figuras

Figura 3. 1. Divisão da Huíla (Sinfic 2007) e mapa de Angola, em http://www.portalangop.co.ao/angola/pt_pt/noticias/provincias/huila.html	18
Figura 3. 2. Localização da sub-bacia do Caculuvar na bacia hidrográfica do Cunene (Baptista, 2010).....	19
Figura 3. 3. Rio Mapunda (área da Tundavala).....	21
Figura 3. 4. Rio Mucufi (atravessando a cidade do Lubango).....	21
Figura 3. 5. Rio Unene (Humpata).....	22
Figura 3. 6. Rio Mbelekehe (Humpata).....	23
Figura 3. 7. Rio Tchimpumpunhime (Chibia)	24
Figura 3. 8. Rio Caculuvar (Quihita)	24
Figura 3. 9. Rio Cambalombo (Hoque)	25
Figura 3. 10. Rio Sondjo (frente a Escola do Kapangombe, Mangueiras)	26
Figura 3. 11. Excerto da Folha nro 3 da Carta Geológica de Angola na escala 1:1000000.....	28
Figura 3. 12. Sequência litostratigráfica do Grupo da Chela (Pereira <i>et al.</i> , 2011).	29
Figura 3. 13. Características representativas das Mangueiras (aldeia rural do Kapangombe).....	32
Figura 3. 14. Características representativas da Humpata (beira estrada)	34
Figura 3. 15. Características representativas da Quihita.	37
Figura 3. 16. Características representativas da Chibia	40
Figura 3. 17. Características representativas do Hoque.....	42
Figura 3. 18. Características representativas do Lubango	44
Figura 4. 1. Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	46
Figura 4. 2. Agrião (<i>Nasturtium officinale</i>).....	47
Figura 4. 3. Beringela (<i>Solanum melongena</i>)	49
Figura 4. 4. Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	49
Figura 4. 5. Cenoura (<i>Daucus carota L.</i>).....	50
Figura 4. 6. Cebola (<i>Allium cepa L.</i>).....	51
Figura 4. 7. Feijão (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).....	52
Figura 4. 8. Jimboa (<i>Amaranthus hybridus</i>)	53
Figura 4. 9. Lombi de abóbora (<i>Cucurbita maxima</i>)	54
Figura 4. 10. Mandioca (<i>Manihot esculenta L.</i>)	55
Figura 4. 11. Pimento (<i>Capsicum annum L.</i>)	56
Figura 4. 12. Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>).....	57
Figura 4. 13. Localização dos locais de amostragem.....	58
Figura 4. 14. Microondas Multiwave 3000 da Anton Paar.	60
Figura 4. 15. Espectrofotómetro de absorção atómica.	61
Figura 5. 1. Gráfico da variação da concentração do arsénio nas diferentes espécies nos diferentes locais.	62

Figura 5. 2. Gráficos com as variações das concentrações de As nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (As1 – Setembro; As2 – Maio).	64
Figura 5. 3. Gráfico da variação da concentração do cobalto nas diferentes espécies nos diferentes locais.	64
Figura 5. 4. Gráficos com as variações das concentrações de Co nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Co1 – Setembro; Co2 – Maio).	66
Figura 5. 5. Gráfico da variação da concentração do crómio nas diferentes espécies nos diferentes locais.	66
Figura 5. 6. Gráficos com as variações das concentrações de Cr nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Cr1 – Setembro; Cr2 – Maio).	68
Figura 5. 7. Gráfico da variação da concentração do cobre nas diferentes espécies nos diferentes locais.	68
Figura 5. 8. Gráficos com as variações das concentrações de Cu nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Cu1 – Setembro; Cu2 – Maio).	70
Figura 5. 9. Gráfico da variação da concentração do Ferro nas diferentes espécies nos diferentes locais.	70
Figura 5. 10. – Gráficos com as variações das concentrações de Fe nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Fe1 – Setembro; Fe2 – Maio).	72
Figura 5. 11. Gráfico da variação da concentração do Lítio nas diferentes espécies nos diferentes locais.	72
Figura 5. 12. Gráficos com as variações das concentrações de Li nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Li1 – Setembro; Li2 – Maio).	74
Figura 5. 13. Gráfico da variação da concentração do manganésio nas diferentes espécies nos diferentes locais.	74
Figura 5. 14. Gráficos com as variações das concentrações de Mn nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Mn1 – Setembro; Mn2 – Maio).	76
Figura 5. 15. Gráfico da variação da concentração do níquel nas diferentes espécies nos diferentes locais.	76
Figura 5. 16. Gráficos com as variações das concentrações de Ni nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Ni1 – Setembro; Ni2 – Maio).	78
Figura 5. 17. Gráfico da variação da concentração do chumbo nas diferentes espécies nos diferentes locais.	78
Figura 5. 18. Gráficos com as variações das concentrações de Pb nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Pb1 – Setembro; Pb2 – Maio).	79
Figura 5. 19. Gráfico da variação da concentração do zinco nas diferentes espécies nos diferentes locais.	80
Figura 5. 20. Gráficos com as variações das concentrações de Zn nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Zn1 – Setembro; Zn2 – Maio).	81

Índice de Tabelas

Tabela 2. 1. Consequências da deficiência e excesso de alguns oligoelementos essenciais (adaptado principalmente de Abernathy <i>et al</i> 1993 e Plumlee e Ziegler 2003).....	11
Tabela 2. 2. Consequências do excesso de alguns elementos vestigiais não essenciais	12
Tabela 2. 3. Concentração de elementos traço comumente relatados para alguns tecidos humanos.....	12
Tabela 5. 1. – Concentrações de background para os diferentes vegetais amostrados, no conjunto das seis áreas.	82
Tabela 5. 2. – Relação entre a concentração máxima e a concentração de background para o material amostrado.	83

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

A qualidade de vida humana depende não só da quantidade de alimentos disponíveis mas também da sua composição química e do ambiente à sua volta (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

Os vegetais são fundamentais para a dieta humana. Por exemplo a OMS recomenda um mínimo de 400 g diárias de frutas e vegetais. Os vegetais são especialmente importantes na dieta da população do Lubango, Huíla-Angola.

Embora os mecanismos biológicos das plantas para a selecção de elementos químicos permitam controlar, até certo ponto, a sua composição química, essa barreira é um pouco limitada no que diz respeito aos elementos vestigiais. Por isso, as plantas absorvem estes elementos, transmitindo-os aos animais e aos humanos que as consomem, podendo criar sérios problemas, tanto para as plantas como para os animais e humanos. Muitos estudos comprovam os efeitos adversos dos metais pesados.

Os metais pesados são conhecidos por causarem problemas na saúde humana (Davydova, 2005). Foi demonstrado que a excessiva exposição a metais pesados provoca várias doenças (Jarup, 2003). Para a maioria das pessoas, a principal via de exposição a elementos tóxicos é através da ingestão dietética (Calderon *et al.*, 2003; Roychowdhury *et al.*, 2003).

Portanto é de grande interesse público conhecer quais são os níveis de metais pesados em vegetais, bem como o risco que podem representar para a saúde pública.

Para chegar a este conhecimento sobre os vegetais consumidos pela população do Lubango, seleccionaram-se 6 locais, quatro dos quais fornecem os seus cultivos à cidade do Lubango, e que são: o Hoque (quilómetro quarenta), a Chibia, a Humpata e as fazendas da área da Mapunda-Tundavala (Lubango). Os outros dois locais estudados foram as Mangueiras e a Quihita.

Foram seleccionados doze vegetais (alface, agrião, batata doce, beringela, cebola, cenoura, feijão, jimboa, lombi¹ de abóbora, mandioca, pimento e tomate). Realizaram-se duas campanhas de colheita de amostras, uma depois da época seca e a outra depois da época chuvosa. As amostras foram secas na ausência da luz solar, catalogadas, guardadas em sacos plásticos e enviadas para o laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra para análise.

1.2. Objectivos

Este trabalho tem como objectivo principal obter informações sobre a existência de excesso ou défice dos seguintes elementos: arsénio, cádmio, cobalto, cobre, crómio, chumbo, ferro, lítio, manganês, níquel, e zinco nos vegetais cultivados em regiões próximas à cidade do Lubango.

O estudo pretende contribuir para um melhor entendimento das características físico-químicas dos vegetais consumidos pela população do Lubango e de localidades próximas.

Pretende, também, servir de base para comparação com futuros estudos de contaminação em vegetais na área em estudo, bem como para ser utilizado como suporte para a definição dos valores de referência de qualidade para os vegetais da região envolvente, e fornecer subsídios para o entendimento da relação entre solo e planta.

1.3. Estrutura geral

O presente trabalho é constituído por seis capítulos, organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1 - Introdução, objectivo e esquema do trabalho.

¹ Folhas usadas na alimentação em particular em saladas ou depois de cozinhadas.

- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica – Neste capítulo faz-se descrição das propriedades que os vegetais apresentam em acumular metais, a influência do tipo de solo na capacidade da planta em absorver elementos e mostramos também os benefícios e/ou toxicidade dos elementos contidos em vegetais de consumo, bem como as concentrações a partir das quais se tornam tóxicos para o homem;
- Capítulo 3 - Caracterização da área de estudo – Descrevem-se as características das áreas em que se efectuaram as recolhas. Nesta caracterização inclui-se: geologia, litologia, vegetação, clima, hidrologia, altitude e práticas agrícolas;
- Capítulo 4- Materiais e Métodos – Relata-se a origem, e a importância biológica dos legumes colhidos, bem como as técnicas de recolha, e os métodos analíticos utilizados para determinar a presença de elementos nocivos;
- Capítulo 5 – Resultados e discussão – Faz-se o tratamento de dados e a respectiva discussão;
- Capítulo 6 – Conclusões – apresentam-se as principais conclusões deste trabalho e efectuam-se algumas recomendações para trabalhos seguintes.

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se a descrição da capacidade de acumulação de metais pelas plantas e a influência do tipo de solo na capacidade das plantas para absorverem elementos. Mostraremos também os benefícios e toxicidade dos elementos absorvidos pelos vegetais, bem como as quantidades em que se tornam tóxicas para o homem.

Os átomos são as unidades básicas da matéria e da vida. Apresentam características diferentes de elemento para elemento. Podem ser ligados por forças designadas “ligações químicas” e formar moléculas. Qualquer sistema de vida animal ou vegetal apresenta-se como um conjunto de moléculas organizadas em estruturas, as células, que são as mais pequenas unidades de vida. Os elementos carbono, hidrogénio, oxigénio e nitrogénio são os mais abundantes no nosso corpo e nos alimentos que comemos. À semelhança das sete notas de música com que os músicos compõem todas as partituras, e das três cores elementares com que os pintores constroem as mais belas telas, estes quatro elementos principais, associados a outros menos abundantes constroem estruturas bioquímicas que alimentam, conservam e até destroem a vida. As moléculas orgânicas são a base da vida formando carboidratos, lípidos, proteínas e vitaminas, classes de nutrientes que fazem parte integrante das moléculas orgânicas de outros seres vivos, constituindo a base da nossa alimentação.

O nosso organismo é igualmente composto por moléculas orgânicas, com origem nos alimentos. Algumas delas, como as vitaminas, não podem ser sintetizadas no nosso organismo mas são indispensáveis, mesmo em quantidades diminutas; outras dão cor, cheiro e sabor aos alimentos, contribuindo também para a sua estrutura e textura.

A maioria dos elementos químicos necessários para a vida na terra são fornecidos principalmente a partir do solo (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

As raízes das plantas, quando proliferam em locais contaminados por metais, podem desenvolver mecanismos para proteger a planta da absorção excessiva de um metal (Santa-Maria e Cogliatti, 1998).

Embora os mecanismos biológicos das plantas de seleção de elementos químicos permitam controlar, até certo ponto, a sua composição química, essa barreira é um pouco limitada no que diz respeito aos elementos vestigiais. Portanto, concentrações de elementos traço em plantas estão muitas vezes correlacionadas positivamente com a abundância destes elementos no meio de crescimento (solo ou água). Isto cria vários problemas para as plantas, animais e seres humanos, associados com a sua deficiência ou com o seu excesso. Normalmente, as diferenças quantitativas entre valores essenciais e excessos biológicos de oligoelementos são muito pequenas. Um equilíbrio adequado entre os elementos vestigiais e os elementos principais desempenha um papel importante nos processos bioquímicos.

A biodisponibilidade destes elementos é variável e é controlada por propriedades específicas de meios bióticos e abióticos, bem como pelas propriedades físicas e químicas de um dado elemento.

As funções bioquímicas dos oligoelementos essenciais são bem conhecidas. Um grande número de elementos vestigiais é conhecido por terem um papel biológico, geralmente como coadjuvantes das enzimas ou como elementos estruturais em proteínas. Alguns deles são também utilizados em diversos processos de transferência de electrões. Os elementos não essenciais parecem estar envolvidos em processos vitais, mas as suas funções bioquímicas ainda não estão bem estabelecidas. A maior parte dos oligoelementos que são essenciais para os seres humanos são também essenciais para as plantas. Infelizmente, as concentrações da maioria dos elementos que podem ser prejudiciais para os seres humanos e animais não são tóxicas para as plantas, incrementando a transferência de alguns elementos na cadeia alimentar.

A falta de alimentos e a má qualidade dos alimentos criaram, ao longo dos séculos, sérios problemas para a saúde humana. Hoje em dia calcula-se que mais de 3 mil milhões de pessoas no mundo sofrem de alguma deficiência ou

toxicidade por alguns elementos vestigiais (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

Acredita-se que podemos estar a consumir vegetais contaminados com metais pesados, se estes crescem em solos contaminados pela mineração, actividades industriais ou mesmo por actividades agrícolas ambientalmente inadequadas (Cui *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2006).

Bowen (1979) sugeriu que, quando a taxa de extracção de um determinado elemento excede a taxa natural da sua reciclagem por um factor de dez ou mais, o elemento deve ser considerado como um potencial poluente. Assim, os metais traço potencialmente mais perigosos para biosfera podem ser: Ag, Au, Cd, Hg, Pb, Sb, Sn, Te, W. Também, os elementos que são essenciais para as plantas e seres humanos, tais como: Cr, Cu, Mn e Zn, podem ser dispensados, em algumas regiões, quando estão em quantidades excessivas.

O termo metal pesado, utilizado desde a década de 80, não possui nenhuma definição consensual, regulamentada por entidade científica especializada, como a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), havendo diversas bases sugeridas para o estabelecimento deste grupo de elementos (massa atómica, densidade, número atómico e propriedades químicas) (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007), o que promove o estabelecimento de inúmeras listas divergentes. No entanto, termos substitutos como elemento traço e metal tóxico são tão, ou mais vagos e inapropriados (Duffus, 2002), além de serem utilizados de forma restrita pela comunidade científica.

Neste trabalho utilizaremos os termos metais pesados, metais tóxicos, elementos traços e elementos vestigiais, para indicar aqueles elementos que aparecem em quantidades diminutas e que em excesso causam sérios problemas ao homem, plantas e animais.

2.1. Acumulação de metais por vegetais

Os sistemas vegetais e microbiológicos têm a capacidade de remover, reter ou degradar substâncias tóxicas do ambiente.

As substâncias alvo incluem metais (Pb, Zn, Cu, Ni, Hg, Se), compostos inorgânicos (NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), elementos químicos radioativos (U, Cs, Sr), hidrocarbonetos derivados de petróleo (BTEX), pesticidas e herbicidas (atrazine, bentazona, compostos clorados e nitro-aromáticos), explosivos (TNT, DNT), solventes clorados (TCE, PCE) e resíduos orgânicos industriais (PCPs, PAHs), entre outros. Por isso, têm sido muito utilizados vegetais na fitorremediação (recuperação de ambientes poluídos com auxílio de plantas).

Vários autores escreveram sobre a capacidade que os vegetais apresentam para remover e/ou capturar elementos e compostos químicos.

Segundo (Schaumlöffel *et al.*, 2004), as plantas são capazes de sintetizar uma grande variedade de metalo-complexos, como o metilmercúrio, organoarsênio e organoselênio.

Frequentemente tem sido encontrada selenometionina no trigo, soja, e levedura enriquecida com selênio (Shibita *et al.*, 1992, Dauchy *et al.*, 1994).

Complexos orgânicos de Pb foram uma preocupação especial antes da redução dos aditivos chumbo na gasolina. Van Cleuvenbergen e Adams, 1991, descrevem a absorção de várias espécies de Pb, como por exemplo Me_3Pb^+ , $\text{Me}_2\text{Pb}^{2+}$, Et_3Pb^+ e Et_2MePb^+ , presentes na atmosfera, através de raízes ou folhas.

A deficiência de um elemento essencial para uma planta pode facilitar a absorção de outros nutrientes. A absorção compensatória de oligoelementos, quando há deficiência de elementos essenciais, é relatada para vários elementos e mais frequentemente para Mn e Cu, Fe e Cu, Zn, e Mn (Rengel *et al.*, 1998). As relações Cd/Zn, Cd/Cu e Cu/Zn são muito complexas e, tal como Sharma *et al.* (1999) descreveram, quando apenas um dos elementos destas relações exceder o nível tóxico, o seu efeito pode ser sinérgico ou aditivo. Há muita controvérsia a respeito de interações Cd/Zn, contudo, o Zn parece desempenhar um papel importante no controlo da absorção de Cd no solo contaminado por este, quando a relação Zn/Cd é superior a 100 (Kabata - Pendias e Terelak, 2004).

É importante realçar o facto dos factores bióticos e abióticos poderem influenciar o índice de absorção que um determinado vegetal apresenta para um dado elemento.

Lima (2002) refere que algumas características dos vegetais influenciam a distribuição e acumulação de metais, tais como: configuração geométrica e a anatomia das folhas; características da rizosfera que, através de exsudações, alteram o pH e o comportamento químico dos elementos, população e actividade microbiana, de modo que famílias, géneros e espécies diferentes têm um comportamento específico relativamente à dinâmica dos metais (ex: as leguminosas absorvem mais metais do que as gramíneas ou outras dicotiledóneas). Ainda segundo Lima (2002), existem vegetais que são considerados como tendo pouca, moderada ou alta capacidade de acumulação de metais. Entre os que têm pouca capacidade de acumulação temos as leguminosas (feijão). Entre os que contêm uma capacidade moderada de acumulação temos o alho, cebola, abóbora, melancia, coentro, cenoura, etc. Entre os que têm uma alta acumulação temos o espinafre, couve, brócolos, repolho, abóbora, tomate, alface, girassol, etc.

Os factores ambientais também influenciam a distribuição e dinâmica de absorção de metais pelas plantas, dos quais se salientam a intensidade das chuvas, a temperatura, a evaporação, os ventos, etc.

Então, fica claro que a distribuição de metais no solo e as características do sistema radicular influenciam a absorção de metais pela planta. A quantidade de metal absorvida depende da biodisponibilidade do metal, área da sua concentração no solo, profundidade, distribuição do sistema radicular, etc. A concentração de metais também varia nos tecidos das plantas. Em geral, as sementes contêm concentrações menores de metais do que as partes vegetativas das plantas.

Relativamente à entrada dos metais pesados na cadeia alimentar, Cardoso e Chasin (2001) citando Chaney e Oliver (1996), realçam que as plantas podem funcionar tanto como um mecanismo de transferência de contaminantes do

solo para níveis mais altos da cadeia trófica, como funcionarem como uma importante barreira nessa transferência, restringindo a absorção da maioria dos elementos do solo. Para alguns metais, tais como: cobre, zinco, níquel, boro e manganês, a planta não consegue estabelecer qualquer barreira fisiológica quanto às suas entradas na cadeia alimentar.

De acordo com McDowell *et al.* (1993) a concentração de elementos químicos na planta depende da interação de inúmeros factores, como solo, espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento da produção de biomassa, manuseamento cultural e clima. No entanto, o potencial de absorção é o principal factor específico e geneticamente fixado para os diferentes nutrientes e diferentes espécies vegetais (Mengel e Kirkby, 1987).

Para se desenvolverem as plantas necessitam de 16 elementos químicos, considerados essenciais, e de outros que, embora não essenciais, têm efeitos positivos sobre o desenvolvimento dos vegetais. Dos 16 elementos químicos, os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, e S) e os micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, B e Cl) são extraídos do solo; o C, o H e o O são retirados do ar na forma de dióxido de carbono, oxigénio e água (fotossíntese). O Co, o Ni, o Si, o V e o Cd também são considerados benéficos para o crescimento das plantas, sendo que o Si é um elemento estrutural.

Têm sido realizados vários estudos sobre a toxicidade dos elementos vestigiais para as plantas, e os resultados variam de acordo com cada experiência e cada planta. No entanto, pode-se generalizar que os metais vestigiais mais tóxicos para as plantas superiores e certos microrganismos são: Hg, Cu, Ni, Pb, Co, Cd, Ag, Be e Sn.

Diversas plantas podem adaptar-se facilmente quanto ao excesso de oligoelementos, mas podem ser muito sensíveis a um elemento particular. Várias plantas desenvolveram mecanismos de adaptação para evitar o *stress* induzido por determinados elementos químicos. Estes mecanismos dependem da espécie de planta, elemento específico e condições ambientais (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

2.2. Efeito de toxicidade para o homem

Os elementos químicos podem ser essenciais ou tóxicos para o homem. Essencial, é um elemento (ou composto) químico fundamental para o funcionamento normal do metabolismo de um ser vivo, isto é, tem uma função que não pode ser substituída por outro de uma maneira eficiente.

Porém, em concentrações superiores à adequada, um elemento (ou composto) químico essencial pode causar no organismo alterações metabólicas, e para valores excessivos ou carência absoluta, os seres vivos ou mesmo o homem morrem.

Um elemento (ou composto) químico que não seja essencial é, em princípio, tóxico, e pode ser letal. Esta situação de toxicidade de um elemento químico não-essencial pode induzir competição com outros elementos (ou compostos) químicos essenciais, afectando o seu bom desempenho, o qual pode substituir numa enzima o elemento químico necessário, impedindo a reacção requerida ou alterando a sua cinética.

Os oligoelementos que ocorrem e/ou podem ocorrer no corpo humano são os seguintes:

- Essencial: As, B, Br, Co, Cl, Cu, Cr, F, Fe, I, Li, Mn, Mo, Se, Si, V e Zn.
- Possivelmente essencial: Al, Ba, Ge, Ni, Rb, Sn, Sr, Ti.
- Não essencial: Ag, Au, **Be, Bi, Cd**, Cs, Hf, **Hg**, In, Ir, **Pb**, Sb , REEs, Ta, Te, **Tl**, U, Y, Zr .

Em negrito estão representados os elementos de alta toxicidade para os seres humanos (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007).

Por exemplo, alguns elementos metálicos e não metálicos essenciais, em doses diárias elevadas podem tornar-se tóxicos. Estas doses são variáveis em função do peso da pessoa. De seguida são referidos valores representativos para pessoas com uma massa corporal de 70 kg.

O potássio é um metal essencial para o homem numa dose diária de 1,4 a 7,4g sendo letal para doses iguais ou superiores a 14g; para o sódio a dose diária normal é de 2 a 15g; para o cloro de 3 a 6,6g; para o magnésio de 250 a 380 mg; para o cálcio de 0,6 a 1,4 g; para o zinco a dose diária normal é de 5 a 40

mg, podendo ser tóxico com doses de 150 mg e fatal para doses superiores a 6 g; a dose diária normal do ferro é 12 a 18 mg, pode ser tóxico para doses superiores a 200 mg e fatal a partir de 7 g; a dose diária normal para o manganês é de 0,4 a 10 mg; do cobre de 0,5 a 6 mg; do molibdênio 0,05 a 0,35 mg do fósforo 900 e 1900 mg; do enxofre 850 a 930 mg; e do selênio 0,006 a 0,2 mg e em doses superiores a 5 mg pode ser tóxico. Nas tabelas 1 a 3 estão referidas algumas consequências da deficiência e/ou excesso de vários elementos químicos.

As concentrações de Pb afectam as células do sangue, dos rins, além de afectar o sistema nervoso central. Segundo Guimarães (2005), elevadas concentrações de Cd podem provocar danos renais, danos ósseos e danos no sistema cardiovascular e elevadas concentrações de Cr produzem efeitos cutâneos, nasais, bronco-pulmonares, renais, gastrointestinais, além de ser considerado carcinogénico.

Tabela 2. 1. Consequências da deficiência e excesso de alguns oligoelementos essenciais (adaptado principalmente de Abernathy *et al*, 1993 e Plumlee e Ziegler, 2003)

Elemento	Deficiência	Excesso
Co	Anemia, anorexia	Cardiomiopatia, defeitos na medula, excesso de glóbulos vermelhos
Cu	Anemia e defeitos nos tecidos	Hepatite necrótica, hemólise, hiperglicemia
Cr ³⁺	Metabolismo defeituoso da glicose, hiperlipidemia	Lesões na pele, mucosa intestinal, edema pulmonar, cancro do pulmão
F	Cárie dentária, atraso no crescimento	Fluorose – efeitos variáveis, manchas do esmalte dos dentes
Fe	Anemia	Siderose, Hemacromatose, insuficiências cardíaca
I	Bócio, danos na função neurológica	Hipertireoidismo
Li	Depressão	Sistema nervoso diminuído, efeitos cardiovasculares e renais
Mo	Defeitos de queratose, atraso no crescimento	Molibdenose, defeito no metabolismo de Cu, diarreia

Mn	Deformação no esqueleto e cartilagem	Manganismo, distúrbios neurológicos, cirrose hepática
Se	Miopatia cardíaca, osteoartropatia, mau funcionamento da membrana	Selenose, danos no fígado e rins, toxicidade fetal, cancro
V	Defeitos nos dentes	Distúrbios nervosos
Zn	Queratose prejudicada, efeitos teratogénicos, anorexia, anemia	Anemia, lesões nos tecidos

Tabela 2. 2. Consequências do excesso de alguns elementos vestigiais não essenciais (adoptada principalmente de Anke *et al*, 2003 e Plumlee e Ziegler 2003)

Elemento	Sintoma de toxicidade
Al	Osteomalacia, neurotoxicidade, demência, possível agente da doença de Alzheimer
As	Distúrbios variados, incluindo o sistema nervoso, fígado e insuficiência renal, distúrbios do trato intestinal, anemia, cancro da pele
Be	Berilose, pneumonite, cancro
Cd	Cardiomiopatia, danos no fígado e rins, gastroenterite, pneumonia, osteomalcia, cancro
Hg	Distúrbios no sistema nervoso e gástrico, danos pulmonares e nos rins, forte teratogénese
Pb	Desordem no sistema nervoso, efeitos hematológicos, doenças renais, problemas do trato intestinal, hipertensão
Ni	Defeitos no sistema gástrico, fígado e insuficiência renal, efeitos neurológicos, enfisema e cancro do pulmão

Tabela 2. 3. Concentração de elementos traço comumente relatados para alguns tecidos humanos (adaptado de Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007)

Elemento	Teor médio (mg kg ⁻¹)		Concentração média (µg L ⁻¹)		Homem ^a (mg kg ⁻¹)
	Rins	Fígado	Soro	Leite	
Al	5	5	1	15	2.6
As	0.01	0.03	1	0.5	0.26 ^b
B	0.5	1	1	5	0.3
Br	5	0.2	500	1520	2.9
Cd	1.5	0.8	0.1	1	0.71

Co	0.1	0.1	0.1	0.5	0.02
Cr	0.1	0.1	0.1	1.5	0.09
Cs	0.01	0.1	0.7	0.5	0.02
Cu	14	20	1000	280	1
Fe	320	600	1090	500	60
I	0.2	0.2	50	80	0.19
Li	0.01	0,01	0.8	2	-
Mn	1	5	0.4	5	0.17
Mo	0.3	1	0.5	1	<0.13
Ni	0.5	0.1	0.3	12	0.14
Pb	3	5	3	10	1.7
Rb	5	5	160	100	9.7
Sb	0.05	0.05	0.3	1	0.03
Se	0.5	2	90	18	0.11
Sr	0.05	0.05	5	10	4.6
Ti	0.5	0.5	5	10	-
V	0.2	0.1	0.05	0.8	-
Zn	150	250	900	1500 ^b	33

^a Concentrações no corpo adulto inteiro

^b Dados Questionáveis

O aumento da acumulação de alguns elementos em certos órgãos pode ter efeito nas suas funções fisiológicas ou imobilização e exclusão de processos metabólicos. Aumentos da concentração de metais vestigiais são observados em alguns biominerais formados no corpo humano. Muitos elementos, tais como Fe, Cu, Co, Sr, Ba, Zn, Cr, Pb, Te, Nb, Mo, Mn, Ti, Th, Ag, Cs, Sc, e Au, foram identificados em pedras nos rins (Kabata-Pendias e Pendias, 2001). Alguns metais (Zn e Mg) são relatados como aumentando a sua concentração em tecidos cancerígenos e, simultaneamente, uma diminuição no soro (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007). Isto pode estar associado com o aumento dos níveis de glutathione em células de carcinoma (Chen *et al.*, 1997). Hasumi *et al.* (2003) observaram uma associação de Zn e Cd nas glândulas da próstata e efeitos supressores do tratamento de Zn sobre o crescimento de células

cancerosas. Floriańczyk e Grzybowska (2006) relataram um nível mais elevado de Zn (16,6 mg/kg) em tumores malignos da mama do que em tecidos com lesões benignas da mama (7,6 mg/kg).

2.3. Concentração de elementos em função do tipo de solo

O solo é não só uma parte do ecossistema, mas também ocupa um papel de base para os seres humanos, porque a sobrevivência do homem está ligada à manutenção da sua produtividade. O solo é a principal fonte de oligoelementos para plantas, tanto como micronutrientes como poluentes.

Os solos contêm elementos vestigiais de diversas origens:

- i. litogénico - herdada da litosfera (material de origem),
- ii. pedogenético - a partir de fontes litogénicas que foram alteradas devido a processos de formação do solo, e
- iii. antropogénico - elementos depositados e incorporados nos solos como resultados das actividades do ser humano.

Os metais pesados possuem origem litogénicas e antropogénicas, estando as primeiras relacionadas com fontes geológicas, como resíduos de rochas e processos de meteorização, indicando que essa concentração natural pode estar relacionada com o material de origem. As fontes antropogénicas estão relacionadas com as actividades humanas que podem comprometer a qualidade ambiental quando esta implica a libertação desadequada de grandes quantidades de metais, (Camargo *et al.*, 2001). Os solos originados a partir de rochas básicas apresentam, naturalmente, maiores teores em metais pesados quando comparados com outros formados a partir de granitos, gnaisses, arenitos ou sedimentos terciários (Oliveira, 1996).

Segundo Alleoni *et al.* (2005), após o processo de meteorização, os metais pesados são liberados das rochas e dependendo das suas características como a electronegatividade, o raio iónico e o estado de oxidação, estes metais podem ser precipitados como minerais secundários, adsorvidos na superfície de outros minerais e na matéria orgânica e pode, também, ocorrer a

complexação ou lixiviação pela solução do solo e mesmo ressorção de metais adsorvidos.

Nos solos, as concentrações dos metais são maiores na fracção mineral do que na água intersticial e ocorrem nas seguintes formas:

- Adsorvidos em argilas, óxidos e hidróxidos;
- Em complexos orgânicos;
- Dispersos nos retículos cristalinos de minerais primários e secundários;
- Incluídos em restos biológicos e compostos inorgânicos amorfos.

Quanto ao solo, existem alguns conflitos sobre a compreensão da sua capacidade de retenção de metais ou da mobilização de metais no mesmo. Segundo Lima (2002), essas discordâncias podem ser melhor entendidas se considerarmos o seguinte: a formação de quelatos solúveis pode mobilizar metais como o Cd, Mn e Zn; a decomposição da matéria orgânica pode libertar metais incluídos em moléculas orgânicas; a microflora presente nas partículas da superfície do solo pode restringir a troca de iões, acelerando a lixiviação dos metais, e a formação de quelatos insolúveis pode imobilizar metais como Pb e Cu.

Para Andreoli *et al.* (2001), a formação de complexos metálicos com compostos orgânicos, principalmente ácidos húmicos e fúlvicos, diminuem a disponibilidade e toxicidade de metais pesados para as plantas ao reduzir a sua mobilidade no solo. A capacidade de retenção de metais do solo é dinâmica e pode ser alterada com intervenção humana. Os principais factores responsáveis pelo aumento da capacidade de retenção do solo são o aumento da matéria orgânica com adubação orgânica, manta morta e o aumento de pH. A constante de estabilidade dos complexos organometálicos aumenta com o aumento de pH, atingindo a máxima estabilidade na região de neutralidade.

Ainda segundo Andreoli *et al.* (2001), a quantidade de metal disponível para as plantas num solo é apenas uma pequena fracção do seu total e essa disponibilidade depende, principalmente, do pH, dos teores da matéria orgânica, da argila e da mineralogia dos solos. Desse modo, exceptuando as

características intrínsecas dos solos, a manipulação do solo que promova alterações no pH e na matéria orgânica pode alterar a disponibilidade de metais para as plantas.

A retenção ou mobilização do metal no solo depende de factores como: pH, teor e qualidade da matéria orgânica, presença de óxidos de ferro e manganésio, presença de argila, etc., sendo variável em função do elemento. Como exemplo, o pH exerce maior influência na retenção do cádmio e do zinco; já a matéria orgânica exerce maior influência na retenção do cobre e chumbo.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Introdução

Neste capítulo, faz-se uma descrição das características das áreas onde se efectuaram as recolhas. Descreve-se a geologia, litologia, vegetação, clima, hidrologia, uso e ocupação de solos.

O estudo cingiu-se a regiões geograficamente próximas da cidade do Lubango, Província da Huíla pois é destes locais que vem a maior parte dos legumes consumidos no Lubango.

A abordagem deste capítulo será efectuada de duas formas distintas: numa fase inicial abordam-se os aspectos gerais da área que engloba os locais amostrados, os aspectos relativos ao clima e à hidrologia da região; numa segunda fase tratam-se os aspectos particulares de cada um dos locais onde se incluem os aspectos geológicos, pedológicos e de coberto vegetal.

3.2. Aspectos gerais da área de estudo

3.2.1 Localização global

A cidade do Lubango (sede da província da Huíla com uma população estimada em 1.414.115 habitantes) localiza-se no sudoeste de Angola em África (fig. 3.1). A província é limitada pelos paralelos 13° 15' e 16° 30' Sul e pelos meridianos 13°30' e 16°00' Leste. A província da Huíla possui uma área de 78.879 km² e alberga uma população estimada em cerca de 2,6 milhões de habitantes. A cidade do Lubango tem uma área aproximada de 3.140 km² e situa-se na zona sudoeste da província, a cerca de 1.774 metros. O município com o mesmo nome é limitado a norte pelos municípios de Quilengues e Cacula, a leste pelo município de Quipungo, a sul pelo município da Chibia e a oeste pelos municípios da Humpata e da Bibala, este último pertencente à província do Namibe.

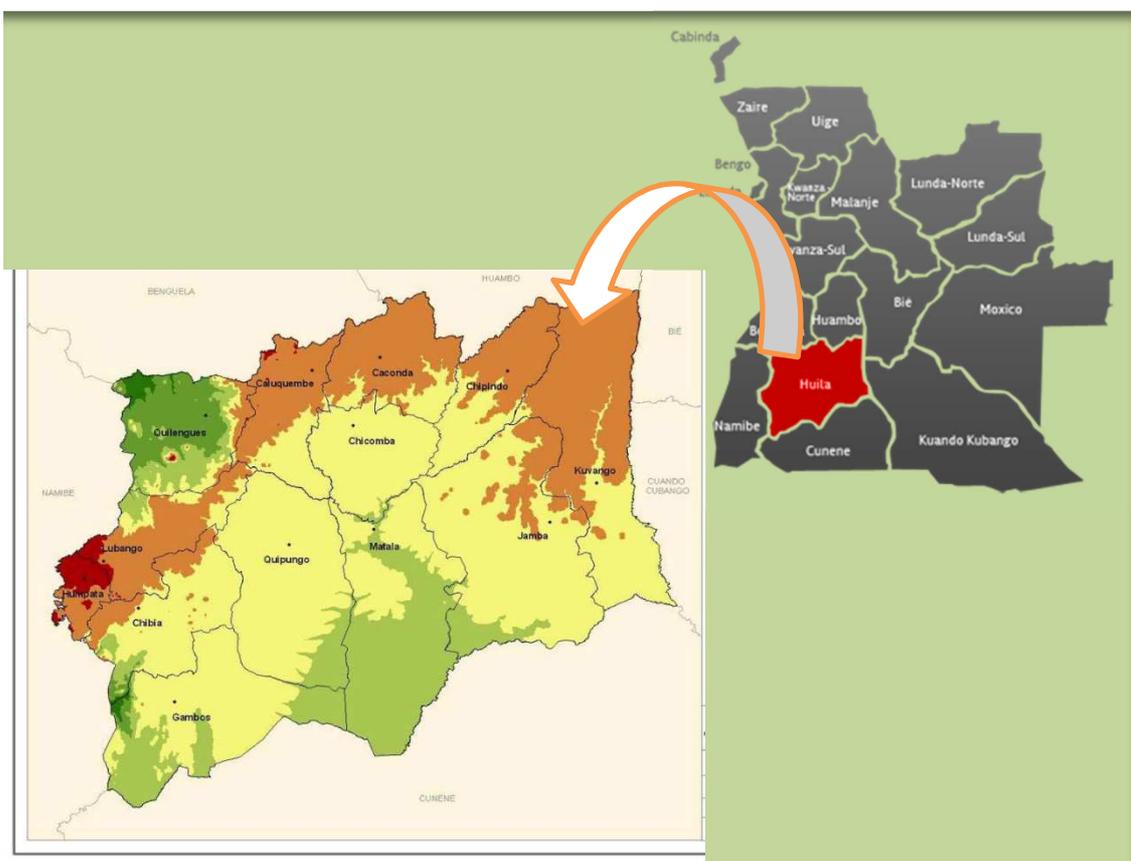


Figura 3. 1. Divisão da Huíla (Sinfic 2007) e mapa de Angola, em http://www.portalangop.co.ao/angola/pt_pt/noticias/provincias/huila.html

Os locais de estudo seleccionados foram: (L1) Mangueiras; (L2) Humpata; (L3) Quihita; (L4) Chibia; (L5) Hoque e (L6) Lubango.

3.2.2. Hidrografia

Os locais estudados (excepto as Mangueiras onde o rio que nela passa nasce no planalto da Humpata e é afluente do rio Giraul) localizam-se na bacia hidrográfica do rio Caculuar, a qual constitui uma sub-bacia do rio Cunene.

A bacia hidrográfica do Cunene tem origem no planalto central Angolano e desenvolve-se no sentido Norte-Sul, até as quedas de água do Ruacaná, e a partir deste ponto, tem-se determinado a fronteira com a Namíbia.

O rio Caculuar como um dos afluentes do rio Cunene, é o principal rio das terras altas da Huíla e tem as suas origens na cordilheira marginal, no planalto

da Humpata-Bimbe e é formado pela união de diversas linhas de água secundárias.

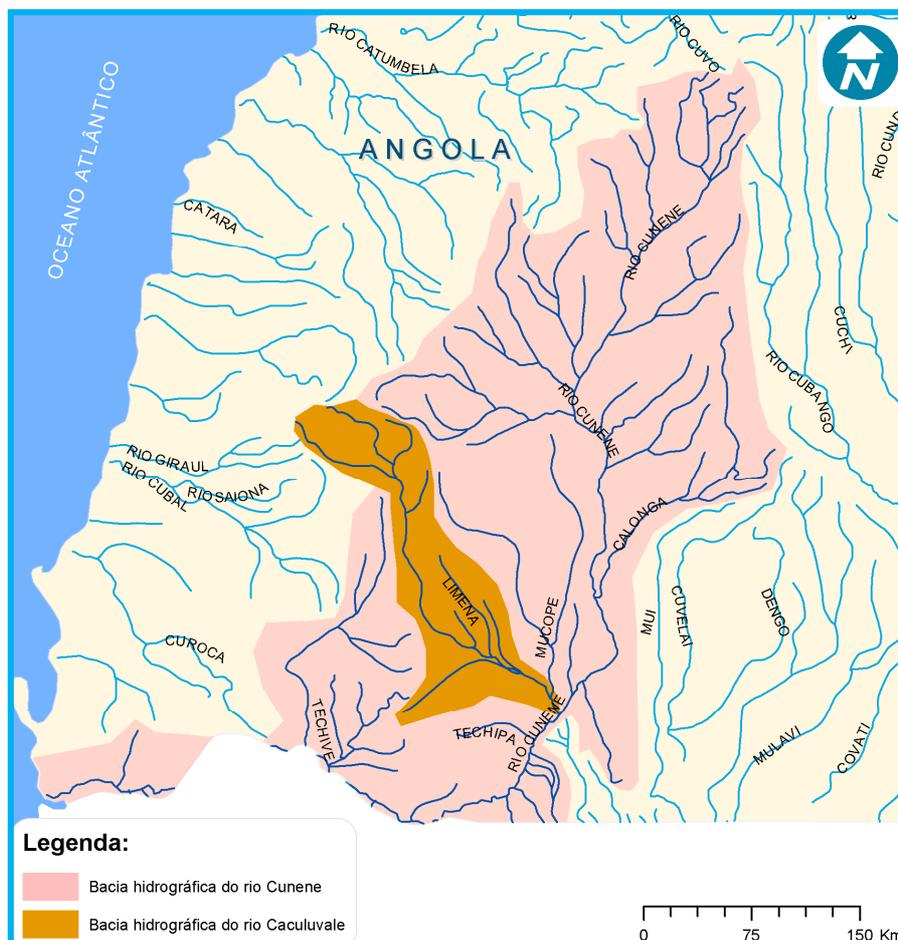


Figura 3. 2. Localização da sub-bacia do Caculuar na bacia hidrográfica do Cunene (Baptista, 2010)

O Caculuar é caracterizado por cursos de água que definem vales largos e pouco profundos, grande parte deles de carácter sazonal (apenas transportando água na época das chuvas), convergindo depois para os rios principais, os quais mantêm caudal no período seco, se bem que, em alguns casos, seja bastante reduzido.

Na época das chuvas, os cursos de água, sobretudo os secundários, de regime torrencial, registam grandes cheias (Medeiros, 1976), que obrigaram no passado, a drenar convenientemente os terrenos e a tentar regularizar os caudais. É no leito destes rios ou riachos temporários, secos boa parte do ano,

que as águas correm violentamente após as grandes chuvadas, causando estragos mas, algum tempo depois, os leitos apresentam-se de novo secos.

O rio Mapunda, de regime semi-permanente e com uma rede de drenagem superficial bem definida em ambas as margens, tem a sua nascente na Tundavala e drena toda a parte norte do núcleo urbano (Lubango), atravessando-a de oeste para este, onde acaba por confluir com o rio Mucufi. Em certos pontos encontra-se entrincheirado e estagnado, quer por afloramentos rochosos, quer por construções antrópicas, nomeadamente pontes ou muros, construídos para tentar defender as habitações da força das águas.

O rio Mucufi, que drena uma área bem menor que a do Mapunda, é também de regime semi-permanente, e tem a sua nascente no planalto da Humpata atravessando a parte sul da cidade do Lubango de oeste para este, até à confluência com o rio Mapunda.

Ainda no Lubango, encontra-se o rio Ngolo, que é um afluente do rio Mapunda, o qual evolui para o rio Caculuar.

No Plano Director das Águas da Cidade do Lubango-PDAL (2000) é referida a existência de aquíferos a sudoeste da cidade do Lubango. A escarpa que domina a cidade mostra-se favorecida quanto à disponibilidade de água, uma vez que a formação da Chela, muito fissurada, permite a infiltração da água das chuvas, que é posteriormente desviada lateralmente por um nível impermeável de dolerito e de granito.



Figura 3. 3. Rio Mapunda (área da Tundavala)



Figura 3. 4. Rio Mucufi (atravessando a cidade do Lubango)

O planalto da Humpata, pelas características geológicas e pela altitude, é a zona de maior recarga aquífera, influenciando os cursos de água localizados a menores altitudes. Para área de recolha, destacam-se dois rios, o Unene e Mbelekehe (figuras 3.5 e 3.6).



Figura 3. 5. Rio Unene (Humpata)



Figura 3. 6. Rio Mbelekehe (Humpata)

Na Chibia, a rede hidrográfica compreende na sua essência 2 grandes e importantes rios: o Caculuvar, que nasce no Município do Lubango, passando pelo Sector da Lufinda e Comuna da Quihita (figura 3. 8), indo depositar as suas águas no rio Cunene, e o Tchimpumpunhime, que nasce no Município da Humpata, conhecido aí com o nome de Unene, tomando o nome de Tchimpumpunhime (figura 3.7) a partir de Chinquerere, passando pela Vila da Chibia indo desaguar no Caculuvar na área do Nombuaneno, Comuna da Quihita. Com menor importância destaca-se o rio da Huila, com um carácter intermitente e cursos de águas apenas na época chuvosa, banha a Comuna Sede e é afluente do rio Caculuvar, desaguando neste, na área do Sector do Kangolo.



Figura 3. 7. Rio Tchimpumpunhime (Chibia)



Figura 3. 8. Rio Caculuvar (Quihita)

O Hoque apresenta muitos rios de carácter intermitente, como o rio Hoque. Aqui destaca-se o rio Cambalombo que passa pela vila do Hoque (figura 3.9).



Figura 3. 9. Rio Cambalombo (Hoque)

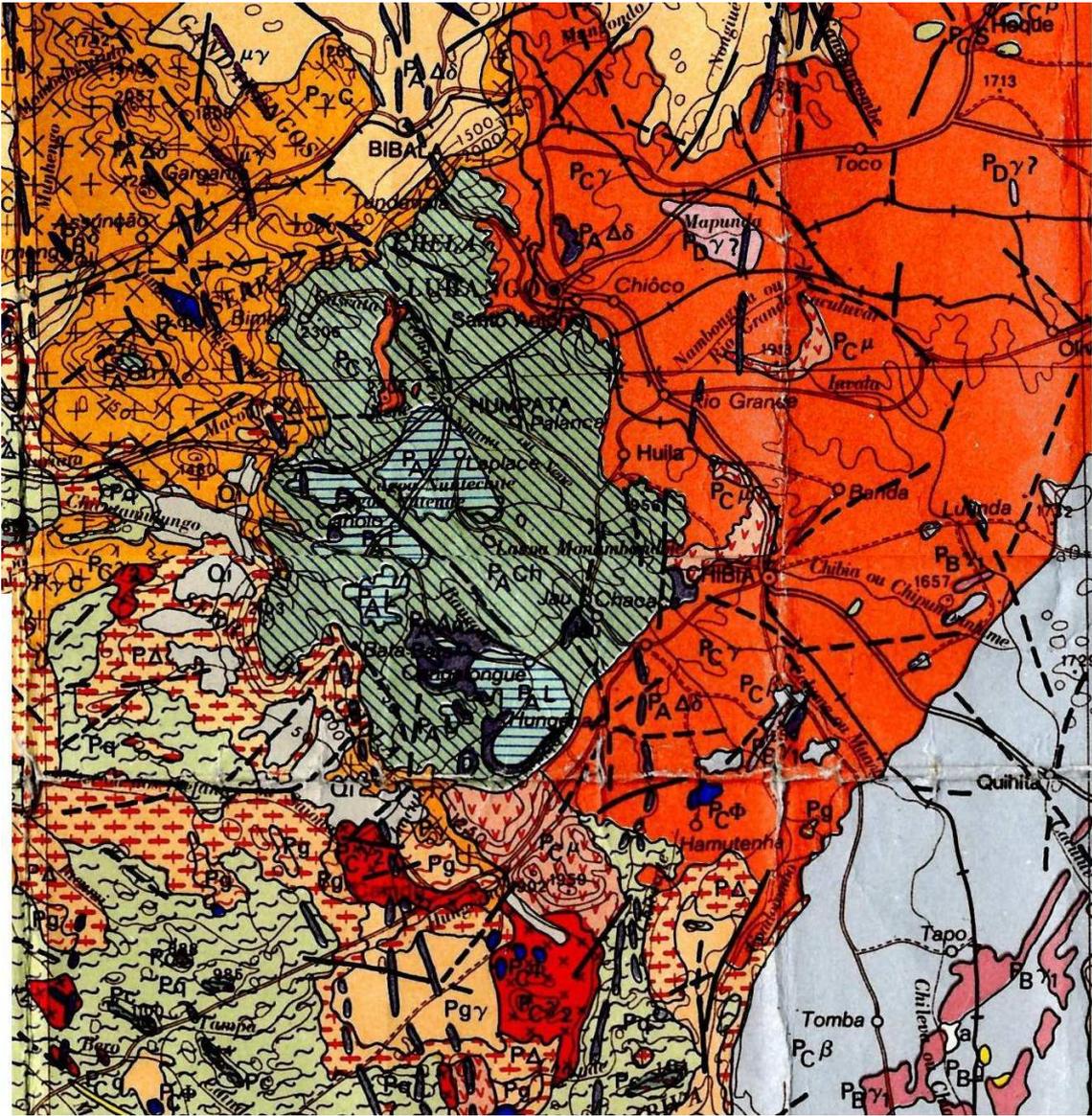
Quanto às Mangueiras, a área de recolha (escola do Kapangombe) é atravessada pelo rio Sondjo (figura 3.10) que nasce no Planalto da Humpata, apresentando na área de recolha um carácter intermitente (embora em 2012 não tenha secado). É afluente do rio Giraúl.

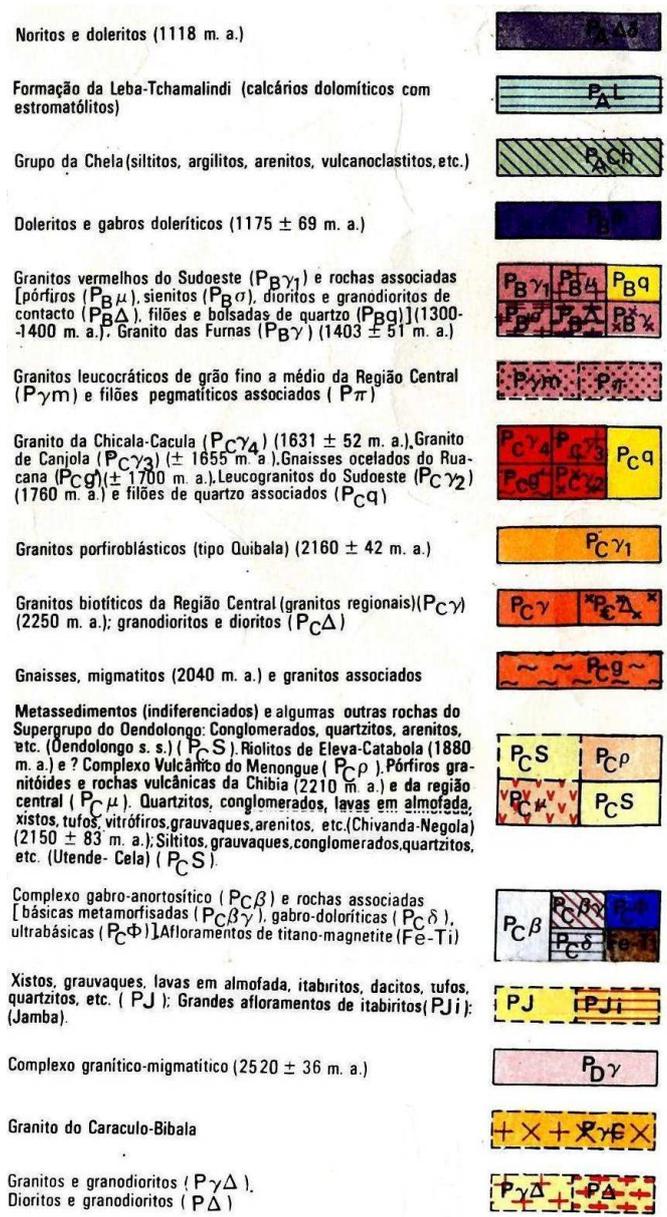


Figura 3. 10. Rio Sondjo (frente a Escola do Kapangombe, Magueiras)

3.2.3 Geologia

A figura abaixo (Fig. 3.11), adaptada da Folha nro 3 da Carta Geológica de Angola na escala 1:1000000, foca os limites aproximados da zona estudada.





Na zona podemos distinguir essencialmente a seguinte sequência de formações: (1) granitos e granodioritos e granito do Caraculo-Bibala com idade superior a 2000 Ma (orogenia Limpopo-Liberiana); (2) complexo gabro-anortositico e rochas associadas (no canto nordeste, zona da Quihita, orogenia Eburneana); (3) gnaisses, migmatitos e granitos biotíticos da região central; (4) Grupo da Chela (com a sequência de formações Tundavala, Humpata, Bruco, Cangalongue e Leba, recentemente reanalisadas por Pereira *et al.*, 2011, figura 3.12); (5) um conjunto de intrusões de doleritos e noritos, tipicamente em forma de dique, idade próxima dos 1100 Ma; e (6) finalmente aluviões e eluviões do Quaternário.

A sequência estratigráfica que compõe o Planalto da Humpata-Bimbe (Grupo da Chela) está assente sobre uma base irregular de granito em disposição horizontal. Esta sequência foi recentemente estudada por Pereira *et al* (2011) que apresentaram nova proposta de carta geológica para a zona do Lubango-Bibala. A sequência estratigráfica proposta é reproduzida na figura abaixo.

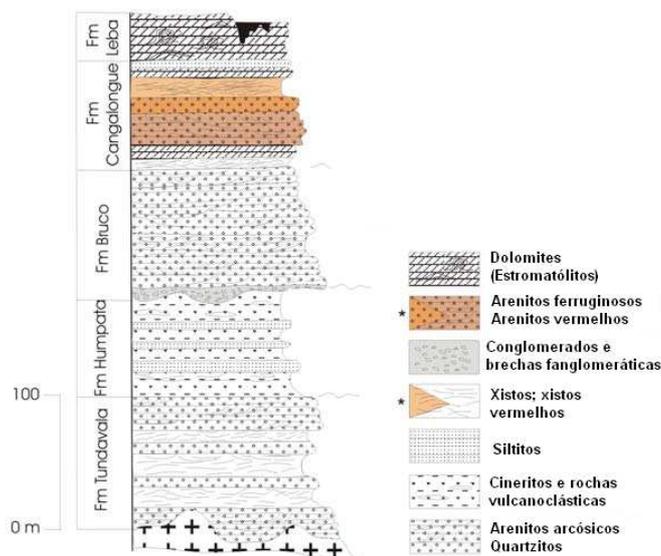


Figura 3. 12. Sequência litoestratigráfica do Grupo da Chela (Pereira *et al.*, 2011).

O granito do soco constitui a mancha mais extensa do território angolano. É uma rocha de coloração rósea ou pardacenta, por vezes cinzenta clara, de textura porfiróide, de grão médio a grosseiro e composta por minerais como o quartzo, a biotite e a oligoclase. É uma formação eruptiva antecâmblica e está relacionada com a aplanção inferior do Planalto Central (Correia, 1976).

3.2.3 Clima

Climaticamente e de acordo com a classificação de Thornthwaite, a zona das Mangueiras fica quase totalmente incluída na região árida (E) do sudoeste de Angola, de clima mesotérmico ao longo da faixa litoral a sul de Benguela e megatérmico a norte desta cidade e em toda a extensão interior. Na classificação de Köppen o “litoral-sul” reparte-se, fundamentalmente pelo tipo BWh (clima seco, desértico, muito quente). Nesta faixa ocidental a média das precipitações anuais é inferior a 100mm. Mas, como o local em que foi feita a

recolha se situa na encosta da formação da Chela, tem recebido escorrência de água vinda desta formação.

Na cidade do Lubango a época das chuvas começa normalmente em Outubro e dura até Abril. A época seca é de 5 meses e ocorre de Maio a Setembro.

Na área correspondente às localidades do Lubango, Humpata, Hoque e Chibia, de acordo com a classificação racional de Thornthwaite, o clima em toda a área é mesotérmico, sub-húmido húmido (C₂) na metade setentrional e sub-húmido seco (C₁) na metade meridional; na faixa limítrofe sudoeste e sul é semiárido (D).

Na classificação de Koppen, a quase totalidade da área é do tipo climático Cwb (clima mesotérmico, húmido, de estação seca no inverno); exceptua-se uma faixa meridional que é do tipo BSh (clima seco de estepe, quente).

Os valores de precipitação média anual aproximam-se dos 1200mm a norte e descem abaixo dos 750mm no extremo limite sul da zona.

A Quihita, localizada no extremo do paralelo sul, climaticamente, é parte da transição do clima seco para clima sub-húmido, com estação chuvosa de cerca de cinco meses (Novembro a Março) considerando-se Outubro e Abril como meses de transição. Os valores de precipitação oscilam entre os 600mm, sendo Fevereiro e Março os meses mais pluviosos.

3.2.4. Práticas agrícolas

Dos seis locais em que se fez a recolha, apenas as Mangueiras e parcialmente a Quihita não são de importância empresarial. As práticas agrícolas no Lubango, Humpata, Hoque e Chibia têm importância empresarial.

É notável também a existência das chamadas hortas, que são cultivos feitos nos quintais de muitos moradores. Apenas a Quihita e as Mangueiras apresentam um acentuado défice de muitos legumes nos cultivos em residências. Foi por este motivo que todas as amostras recolhidas na zona das Mangueiras vieram da escola do Kapangombe, onde se cultivam para fins educativos.

No geral, os produtos locais têm chegado para abastecer os habitantes.

3.3. Aspectos da envolvente dos locais de colheita

Iniciaremos este sub-título com uma descrição particular de cada um dos locais de estudo para os factores ambientais considerados específicos (aspectos geológicos, pedológicos e coberto vegetal).

3.3.1 Magueiras

O local conhecido como “as Magueiras” situa-se na comuna do Kapangombe, município da Bibala, Província do Namibe, a noroeste do planalto da Humpata, a cerca de 500 metros de altitude. Os vegetais foram recolhidos exclusivamente nas plantações da escola do 1º Ciclo, aldeia rural do Kapangombe. A figura 3.13 mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 13. Características representativas das Manguueiras (aldeia rural do Kapangombe)

3.3.1.1. Geologia

A área em volta da escola do Kapangombe, é constituída por rochas magmáticas e metassomáticas, ante-câmbricas, principalmente granitos (do Caraculo - Bibala). Também, se encontram rochas do Terciário-Pliocénico, depósitos de origem torrencial constituídos por areias e cascalheiras (Figura 3.11).

3.3.1.2. Solos

Apresenta solos arídicos pardos e fersialíticos tropicais (Dinis, 2006).

Os solos arídicos, característico de regiões em que a altura pluviométrica raramente vai além dos 600mm, frequentemente possuem horizonte B textural,

com alta capacidade de troca catiónica e de grande saturação de base com fracção argilosa de elevada proporção de minerais (montmorilonite e minerais micáceos).

Os solos fersialíticos estão relacionados com clima semiárido em que a precipitação média anual regista valores acima dos 400mm. Solos em geral de textura média e por vezes grosseira (Psamo-fersialíticos), quase sempre com elevada percentagem de saibro quartzoso e feldspático com abundante reserva mineral e frequentemente com elementos cascalhentos e pedregosos disseminados nos horizontes superficiais.

3.3.1.3. Vegetação

Na base da serra, verifica-se a comunidade *Berlinea-brachystegia-combretum* com importante presença de *Adansonia digitata* (Embondeiro). Nos espaços ocupados por esta consociação, são ainda frequente os agrupamentos de *Acacia kirkii* e da *Acacia arabica var. kraussiana*, assim como de *Maprounea africana* com diversas espécies de género *Boscia*. Este último tipo de agrupamento encontra-se por exemplo em Kapangombe e no Bendo (Dinis, 2006).

3.3.2. Humpata

O município da Humpata, situa-se na grande unidade morfológica que constitui o planalto de maior altimetria de todo o Sudoeste de Angola, atingindo altitudes máximas de 2500 metros. Do ponto de vista administrativo, o Planalto da Humpata abrange as povoações de Tchivinguiro, Palanca, Cangalongue, Bata-Bata, Cainde e Bimbe, com sede a cerca de 10 km a oeste da cidade do Lubango. Corresponde a um espaço bastante povoado, em que também abundam pequenos aglomerados rurais com habitações rústicas e populações dedicadas a práticas agrícolas tradicionais. Entre outras vias de comunicação, é atravessado pela importante estrada nacional 280, que estabelece a ligação entre Lubango e o Namibe, a qual constitui a principal via de ligação entre o litoral e o Planalto Angolano, a Sul do paralelo de Benguela. A figura mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 14. Características representativas da Humpata (beira estrada)

3.3.2.1. Geologia

É constituída por uma sucessão de camadas de materiais greso-quartzíticos, xistosos, siltitos e de calcários dolomíticos de grande possança assentando sobre formações eruptivas antecâmblicas, principalmente granitos. A este conjunto foi atribuído uma idade ante-câmblica, e nele se distinguem três séries (inferior, média e superior). A série inferior, que apenas aflora nalguns pontos, é constituída por um conglomerado de matriz quartzítica. Na série média, que tem larga representação e ocupa em grande parte o topo planáltico, há a distinguir, a partir da base e sucessivamente: quartzitos, grés vermelhos ferruginosos, siltitos vermelhos e, por último, o nível dos xistos argilosos. A série superior da Formação da Chela compreende as extensas manchas de calcários dolomíticos e que em diversos locais do planalto (Humpata e Leba) constituem material largamente utilizado no fabrico de cal. Também estão presentes rochas doleríticas interestratificadas em soleiras e cortando a estratificação formando diques (Kaluquembe, 2010; Vale, 1973a).

O degrau escarpado que delimita o Planalto da Humpata é talhado em rochas greso-quartzíticas, delimitado na base por rochas graníticas ou dioríticas, como é o caso da base da descida da Leba (Figura 3.11 e Vale, 1973a)

3.3.2.2. Solos

No Planalto da Humpata, os solos fracamente ferrálicos vermelhos são os mais representativos, principalmente em correspondência com os calcários dolomíticos e os doleritos. Relativamente às rochas xistosas da formação da Chela, os solos fracamente ferrálicos são quase sempre de coloração pardo-amarelada ou mesmo pardacenta. Também se encontram solos fersialíticos pardacentos, delgados com laterite próximos da superfície assim como terreno rochoso e afloramentos rochosos (Dinis, 2006).

3.3.2.3. Vegetação

As formações vegetais principais que aqui se encontram são a floresta aberta (*Brachystegia*, *Julbernardia*) e a “mata de panda”, designação regional desta formação, varia no porte e densidade das espécies componentes, bem como

quanto à sua composição florística. Esta pode ser variável de acordo com as características do solo, principalmente nas suas relações com a drenagem e intervenção humana. Assim, nota-se que as formações mais típicas, ou sejam aquelas em que os elementos do estrato superior são de porte elevado e uniforme começam a ter tanta maior dominância quanto mais afastadas estão das áreas de mais tradicional ocupação agrícola, como sucede na parte nordeste. Aí nas comunidades de floresta aberta, a *Julbernardia paniculata* e a *Brachystegia spiciformis* são as espécies dominantes, sendo ainda frequentes *Brachystegia gossweileri*, *Brachystegia floribunda*, *Monotes caloneurus*, *Uapaca* ssp. e nalgumas áreas *Pteleopsis anisoptera*.

O estrato arbustivo, das formações de floresta aberta mais puras é pouco representativo, sendo vulgarmente constituído por *Swartzia madagascariensis*, *Uapaca benguelensis*, *Uapaca nítida*, *Combretum mechowianum*, *Combretum psidioides* e *Strychnas* spp.

Na zona de mato cerrado reconhecem-se como dominantes *Combretum* ssp., *Pteleopsis anisoptera*, *Lanea edulis*, *Ziziphus* sp., *Pterocarpus antunesii*, *Ximenia caffra*, *Crysophyllum antunesii*, *Grenia* spp., *Ximenia americana*, *Acácia brevispica* e *Tarchonanthus camphorathus*.

Em correspondência com a superfície mais elevada do Planalto da Humpata, depara-se uma comunidade de feição estépica ou, mais propriamente, uma estepe de altitude ou “anharas do alto”. O tapete gramíneo é ralo e de porte baixo, e os elementos lenhosos, do tamanho de subarbustos e arbustos, distribuem-se um tanto esparsamente, referindo-se, pela sua frequência, *Stoebe cinerea*, *Clematopsis scobiosifolia* e *Artemisia afra*. A ocorrência de *Podocarpus milangianus* nestas elevadas superfícies, em especial nas ravinas e nos sítios pedregosos, é notável. Nos limites da formação estépica nota-se, entre outros arbustos abundância de elementos de *Parinari*, *Monotes*, *Maprounea*, *Burkea* e *Swartzia* (Dinis, 2006).

3.3.3. Quihita

A Quihita, administrativamente é uma comuna do município da Chibia, dista sensivelmente 31 km a sudeste da vila da Chibia, com altitude por volta dos

1500 metros. A zona é atravessada de norte a sul pela estrada que liga o Lubango à Namíbia. A figura mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 15. Características representativas da Quihita.

3.3.3.1. Geologia

Esta área é dominada pelas formações de rochas eruptivas cristalinas, principalmente as do chamado complexo gabro-anortosítico, consideradas Ante-câmbricas. As rochas dominantes são os anortositos, de coloração escura e de grão mais ou menos grosseiro e ainda os gabros e os plagioclasitos (Figura 3.11). Estas formações rochosas afloram frequentemente em pequenos blocos e pedras à superfície do terreno quando não se concentram em amontoado de blocos arredondados que, altaneiros, emergem da mesma

planura. Encontram-se também depósitos residuais Quaternários e depósitos aluvionares argilo-arenosos.

Ao longo do vale do Caculuar, em que o respectivo curso é talhado em rochas eruptivas básicas, assinalam-se depósitos recentes de argilas negras e caulinos (Vale, 1973b).

3.3.3.2. Solos

Os solos estão relacionados com rochas básicas, formados a partir de rochas do complexo gabro-anortosítico, ricas em materiais ferro-magnesianos, os quais, face às condições climáticas presente, dão origem a uma elevada percentagem de materiais finos, constituídos essencialmente por argilas expansíveis em resultado da elevada percentagem de montmorilonite. Os barros são, regra geral, solos espessos e de cor escura, negros ou pardos, com estrutura grosseira, normalmente em blocos prismáticos nas camadas subsuperficiais, abrindo, ao secar, largas e profundas fendas e, quando húmidos, são muito pegajosos e de grande plasticidade.

Os barros negros associam-se frequentemente a pequenos afloramentos de rocha, que ao nível do terreno se distribuem muito profusamente nalguns locais, podendo tal facto dificultar ou até impedir a sua utilização agrícola relativamente a extensas áreas.

Embora seja constituído maioritariamente por barros negros, também se encontram solos de barros avermelhados associados a solos fersialíticos (Dinis, 2006).

3.3.3.3. Vegetação

A vegetação é maioritariamente de Savana bosque com *Acacia kirkii*. Esta formação vegetal, com aspecto de Savana bosque, é notável no vale do rio Caculuar, e dela fazem também parte, disseminando-se esparsamente, *Diospyros mespiliformis*, uma essência de grande porte, *Acacia subalata* e o arbusto *Ziziphus abyssinica*. A Muluveia (*Acacia kirkii*) dispersa-se ainda, isolada ou em pequenos núcleos de árvores, pela formação de Mutiati

(*Colophospermum mopane*), em correspondência com os locais depressionários onde os barros negros se tornam mais profundos. A norte da Quihita, nota-se também savana bosque de *Colophospermum mopane* (Dinis, 2006).

3.3.4. Chibia

O município da Chibia é um dos catorze municípios que conformam a província da Huíla, localizado a 42 quilómetros a Sul da cidade do Lubango, capital da Província. Compreende administrativamente quatro comunas, nomeadamente: a comuna sede; a comuna da Kapunda- Kavilongo, Quihita e a comuna do Jau (PDM-Chibia, 2006). Quanto a altitude, na zona aplanada anda por volta de 1400 metros e na formação da chela, perto dos 2000 metros. A figura mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 16. Características representativas da Chibia

3.3.4.1. Geologia

Constituída por rochas magmáticas e metassomáticas, principalmente antecâmbricas, com domínio de granitos (Figura 3.11).

Também se encontram pórfiros granitóides, granofíricos, granitos e quartzíticos antepérmicos. Nas zonas mais deprimidas encontram-se depósitos quaternários, muitos dos quais são depósitos aluvionares argilo-arenosos.

A noroeste da área encontra-se a Formação da Chela constituída por xistos argilosos com siltitos vermelhos; grés branco feldspático de grão fino; e quartzitos róseos, brancos ou acinzentados passando gradualmente a grés ou vice-versa (Vale, 1973b).

3.3.4.2. Solos

Os solos fracamente ferrálicos amarelos e pardos ou oxipsâmicos pardacentos. Aparece frequentemente, a maior ou menor profundidade um estrato de material laterítico ou de laterite encouraçada (psamo-lateríticos) (Dinis, 2006).

3.3.4.3. Vegetação

Esta área é dominada por floresta aberta com *Brachystegia* e *Julbernardia*) e mato cerrado, designado por Balcedo cujas espécies dominantes são *Croton peltophorum* e *Pteleopsis* spp.). Além destas, encontram-se diversas espécies dos géneros *Combretum* e *Grewia*., São componentes mais abundantes *Pteleopsis díptera*, *Peltophorum africanum*-“*Omupalala*”- *Dalbergia nitidula*, *Croton* sp., *Dichrostachys cinerea*, *Terminalia prunioides*, *Pterocarpus antunesii*, *Commiphora angolensis*, *Ziziphus abyssinica*, *Ximenia americana*, *Carissa edulis* e *Acacia brevispica*. O avanço em latitude é marcado por um mais acentuado xerofitismo da vegetação, passando as acácias a tornarem-se frequentes. As ligeiras depressões de vale, de solos mais profundos, começam por se revestir de *Colophospermum mopane*, formação que se vai alargando gradualmente para além dos limites da zona, associando-se a *Spirostachys africanum* (Dinis, 2006).

3.3.5. Hoque

O Hoque, comuna pertencente ao município do Lubango, está situado 60 km a nordeste da cidade do Lubango a uma altitude de 1600 metros. A figura 3.17 mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 17. Características representativas do Hoque.

3.3.5.1. Geologia

A geologia da zona é constituída por rochas eruptivas ante-pérmicas, maioritariamente por granitos e granitos porfiróides. Existem também afloramentos de rochas gabróides e noríticas com olivina. Afloram muito poucas rochas da Formação da Chela onde se incluem, siltitos, grés vermelho, grés feldspático, grés e quartzitos (Figura 3.11 e Vale, 1971).

3.3.5.2. Solos

Os solos são fracamente ferrálicos vermelhos, bem como fracamente ferrálicos amarelos e pardos. Os solos fracamente ferrálicos, no que respeita a cor e ao substrato rochoso de onde provêm, não diferem sensivelmente quanto a sua utilização e valor agrícola. São dotados dum potencial produtivo relativamente baixo (Dinis, 2006).

3.3.5.3. Vegetação

No Hoque predomina Floresta aberta (*Brachystegia, Julbernardia*). Esta comunidade florestal envolve quase integralmente os planaltos do interior de Angola, cuja descrição já anteriormente foi feita (Dinis, 2006).

3.3.6. Lubango

Cidade capital da província da Huíla, com altitude cerca de 1800 metros. Com maior densidade populacional, é o centro desta investigação, pois os vegetais, cultivados nos outros locais, são consumidos pela população do Lubango. A figura mostra as características representativas desta área.



Figura 3. 18. Características representativas do Lubango

3.3.6.1. Geologia

Na parte do Lubango onde foram recolhidas as amostras, precisamente na área da Mapunda-Tundavala, a rocha dominante é o granito da base e rochas de origem sedimentar, mais ou menos metamorfizadas (grés, siltitos e quartzitos), afloram igualmente na área, (fazendo parte da Formação da Chela) repousando directamente sobre o granito (Figura 3.11 e Isaac, 2013).

3.3.6.2. Solos

Esta zona é constituída principalmente por solos fracamente ferrálicos amarelos e pardos bem como oxi-psamicos pardacentos. Os solos oxi-

psamicos de textura arenosa, constituídos por materiais essencialmente quartzosos, com um horizonte superficial um tanto escurecido, podendo por vezes chegar a definir-se um horizonte B enriquecido de argila. O teor em ferro livre é muito baixo, a coloração normal é pardacenta ou pardo-acinzentada (Dinis, 2006).

3.3.6.3. Vegetação

A vegetação é constituída por floresta aberta de *Brachystegia* e *Julbernardia*, e estepes com arbustos e subarbustos similar à que foi descrita para a zona do Hoque e Humpata (Dinis, 2006).

CAPÍTULO 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo fez-se a descrição da origem, da importância biológica dos legumes colhidos, das técnicas de recolha, bem como os métodos analíticos utilizados para determinar a presença de elementos vestigiais.

4.1. Caracterização dos vegetais utilizados

Foram seleccionados doze vegetais: alface, agrião, beringela, batata-doce, cenoura, cebola, feijão, jimboa, lombi de abóbora, mandioca, pimento, e tomate, que a seguir se descrevem.

4.1.1. Alface (*Lactuca sativa*)

É uma hortense anual ou bienal, é utilizada na alimentação humana desde cerca de 500 a.C. Originária do Leste do Mediterrâneo, é mundialmente cultivada para o consumo em saladas, com inúmeras variedades de folhas, cores, formas, tamanhos e texturas. A cor, dependendo do cultivo, pode ser branca, marrom ou preta, algumas vezes pode até ser rosa, se for aplicado um tipo de corante.



Figura 4. 1. Alface (*Lactuca sativa*)

Das variedades existentes, foi colhida a alface romana.

O valor energético da alface é baixo, pois seu conteúdo em água representa 96% do seu peso.

A alface contém ferro, mineral com importante papel no transporte de oxigénio no organismo. É rica em fibras, que auxiliam na digestão e no bom funcionamento do intestino, além de apresentar pequenos teores de minerais como cálcio e fósforo.

A alface (*Lactuca sativa*), é considerada a principal acumuladora de metais pesados (principalmente Zn, Cu, e Pb). Esta acumulação ocorre basicamente na parte aérea da planta.

4.1.2. Agrião (*Nasturtium officinale*)

É uma planta nativa da Europa e Ásia Central, onde cresce abundantemente nas margens dos rios e ribeiros. Da família das crucíferas, o agrião é conhecido em todo o mundo, pois pode ser cultivado. Descongestionante, béquico, digestivo, depurativo, diurético, o agrião é também rico em iodo, ferro, fosfato e óleos essenciais. Pessoas que fumaram e as prejudicadas pelo ácido úrico encontrarão nessa planta a ajuda para a limpeza do organismo!



Figura 4. 2. Agrião (*Nasturtium officinale*)

É rico em vitamina A e C, com valiosa quantidade de minerais como, cálcio e potássio. Rico em antioxidantes e riboflavonoides que podem proteger contra alguns tipos de cancro. Ao mesmo tempo é de baixo teor calórico, sendo que 100g de agrião produzem 22 calorias. Deve ser lavado e desinfectado quando for consumido cru. Pode ser utilizado em saladas, sopas, refogados, soufflés e sumos.

4.1.3. Beringela (*Solanum melongena*)

A beringela é o fruto da planta *Solanum melongena*, que é uma *Solanaceae* arbustiva, anual, originária da Índia, considerada de fácil cultivo nos trópicos, e que pertence à mesma família do pimentão, da batata e do tomate. É sensível ao frio, às geadas e ao excesso de chuva na altura da floração. A época de plantio, no hemisfério norte, é de Setembro a Fevereiro e, em regiões de clima quente, o ano todo.

Existem vários tipos desse fruto que se diferenciam pelas suas cores. As mais comuns são o vermelho escuro ou roxo, mas pode também ser branca, embora esta seja rara.

De polpa macia e flexível, tem uma película lisa e lustrosa que a envolve. No mercado português as variedades mais comuns são a híbrida, grande e roxa, a híbrida super F-100, no tom vermelho escuro brilhante e a Embu, de cor roxa avermelhada, todas com pedúnculo verde.

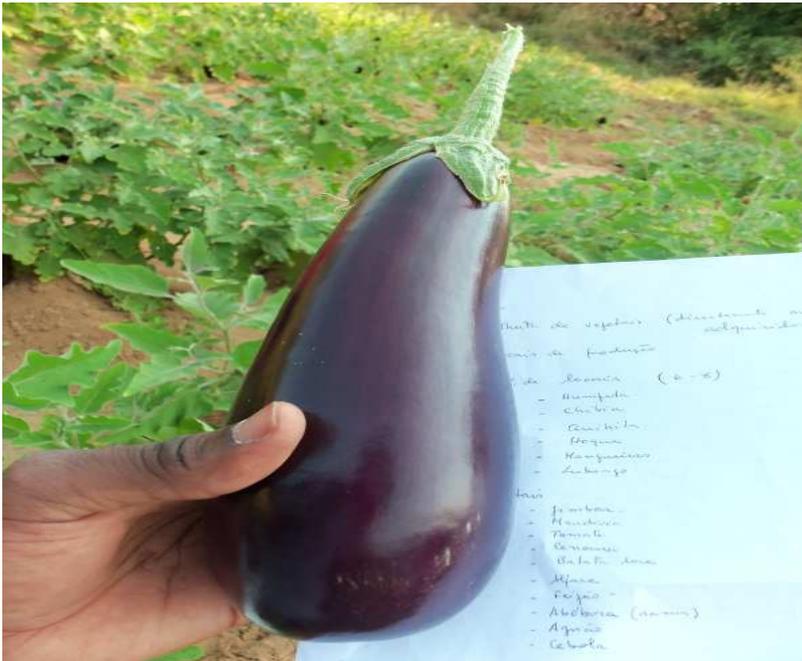


Figura 4. 3. Beringela (*Solanum melongena*)

Por ser rica em proteínas, vitaminas (A, B1, B2, B5, C), minerais (cálcio, fósforo, ferro, potássio, magnésio) e alcalóides, que actuam diminuindo a pressão sanguínea, prevenindo a arteriosclerose, os naturalistas recomendam o seu consumo para prevenir alguns males referentes ao fluxo sanguíneo.

4.1.4. Batata-doce (*Ipomoea batatas*)

A batata-doce também chamada batata-da-terra, batata-da-ilha, jatica e jetica, é uma planta da família das convolvuláceas, da ordem das Solanales (a mesma da batata, do tomate, dos pimentos etc.). Originária dos Andes, espalhou-se pelos trópicos e subtropicais de todo o mundo.



Figura 4. 4. Batata-doce (*Ipomoea batatas*)

Possui diversas variedades cultiváveis divididas em de mesa (ou mercado) e as forrageiras, ambas podendo ser encontradas nas cores amarela, branca e roxa. No entanto, o número de variedades não se restringe a essas características. Elas podem ser classificadas de acordo com o formato, tamanho, cor interna, doçura, precocidade, cor das folhas e até pela coloração das flores, entre outras.

4.1.5. Cenoura (*Dalculus carota L.*)

A cenoura foi conhecida e apreciada pelos gregos e romanos e é uma raiz, tipicamente cor de laranja com uma textura lenhosa. As cenouras são raízes tuberosas.



Figura 4. 5. Cenoura (*Dalculus carota L.*)

As cenouras são grandes fontes de fibra dietética, antioxidantes, minerais e β -caroteno. Este último é responsável pela coloração alaranjada característica do vegetal, é uma pró-vitamina A (substância que dá origem à vitamina A dentro de um organismo vivo).

A cenoura (*Dalculus carota L.*) exige solos férteis e bem estruturados para sua produção, fazendo da matéria orgânica um factor importante em sua cultura. Estudos constataram maior presença de β -caroteno em cenouras cultivadas organicamente.

4.1.6. Cebola (*Allium cepa* L.)

Em sistemas taxonómicos mais antigos, pertencia à família das Liliáceas e subfamília das Alióideas. Mais recentes incluem-na na família das Alliaceae. O termo refere-se, também ao seu bolbo constituído por folhas escamiformes, em camadas. As suas flores estão dispostas em umbela. As plantas jovens, com o bolbo pouco desenvolvido e sem flor, são chamadas também de cebolo.

As células das cebolas têm duas secções, uma com enzimas chamadas alinases e outra com sulfuretos (sulfóxidos de aminoácidos).



Figura 4. 6. Cebola (*Allium cepa* L.)

Há bastante tempo, a cebola (*Allium cepa*, L.) já é conhecida na medicina popular por suas propriedades terapêuticas. Entretanto, essas propriedades só passaram a ser reconhecidas após a identificação dos compostos bioactivos presentes, como a quercetina e as antocianinas. A actividade terapêutica da cebola é bastante extensiva podendo combater patologias, actuando como antineoplásico e antimicrobiano. Também apresenta efeitos cardioprotectores, analgésicos, anti-inflamatórios, antioxidantes e imunológicos. Dentre os principais princípios activos desta hortaliça encontram-se: sulfóxido alquila de cisteína, compostos sulfurados como ajoeno, aliína e alicina, saponinas e flavonóides, que possuem, ainda, dois subgrupos: antocianinas e flavonóis,

como a quercetina. Possui também sais minerais, tais como: ferro, potássio, sódio, fósforo e cálcio. Apresenta as vitaminas C e do complexo B.

4.1.7. Feijão

Abrange grãos de várias espécies do gênero *Phaseolus* (*Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus acutifolius* A. Gray, *Phaseolus coccineus* L. e *Phaseolus polyantus* Green), além das espécies *Vigna unguiculata*, *Cajanus cajan* (principalmente na variedade arbórea) e *Vicia faba*.



Figura 4. 7. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Proporciona nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras.

4.1.8. Jimboa (*Amaranthus hybridus*)

Considerada nativa do nordeste da América, também se encontra na Canada, é reconhecido como uma erva daninha de plantas da América do Norte. A planta foi utilizada para alimentos e medicamentos por vários grupos nativos americanos e na medicina tradicional Africana.



Figura 4. 8. Jimboa (*Amaranthus hybridus*)

Cultivada como uma cultura alimentar na Índia, mas em Angola é semeada apenas uma vez, para sempre crescerem em abundância.

As folhas da jimboa são ricas em cálcio, ferro e potássio e ainda em vitamina A, B1 e C. Podem ajudar no combate as infecções, problemas hepáticos, anemia, auxilia a digestão e funcionamento do intestino. Esta erva é ainda de baixa caloria, sendo que 100g de jimboa produzem cerca de 24 Kcal. A jimboa pode ser utilizada em sopas, refogados, soufflés, guisados com azeite de palma e também num dos pratos mais apreciados em Angola que é o calulú.

4.1.9. Lombi de abóbora (*Cucurbita maxima*)

Essa espécie caracteriza-se mais frequentemente por caules muito longos e só existem poucas espécies realmente brenhosas. As folhas são grandes, jamais profundamente divididas e elas têm lóbulos arredondados. Os numerosos pêlos e rudes que cobrem todas as partes verdes da planta nunca se tornam espinhosos.

Para além da abóbora, em Angola consome-se muito a sua folha. A folha da abóbora e outras cucurbitáceas como melão e melancia não se comparam aos frutos. Com sua riqueza excepcional, possuem duas vezes mais vitaminas A e C e 35 vezes mais cálcio. Dessa forma e associadas a outros alimentos podem suprir deficiências de cálcio de comunidades inteiras já que fornecem em 100g de planta, 477mg de cálcio enquanto o leite de vaca fornece apenas 114mg.



Figura 4. 9. Lombi de abóbora (*Cucurbita maxima*)

Previne grande quantidade de doenças, como as respiratórias, ósseas, osteoporose, cegueira noturna, vista fraca, manchas da velhice, acne e outros problemas de pele.

4.1.10. Mandioca (*Manihot esculenta* L.)

Mandioca é o nome pelo qual é conhecida a espécie comestível e mais largamente difundida do género *Manihot*, composto por diversas variedades de raízes comestíveis.



Figura 4. 10. Mandioca (*Manihot esculenta* L.)

Existem diversas variedades da planta, que se dividem em mandioca-doce e mandioca-brava (ou mandioca amarga), de acordo com a presença de ácido cianídrico (que é venenoso se não for destruído pelo calor da cozedura ou do sol). As variações não se restringem apenas à quantidade de ácido cianídrico, variam também nas cores de partes das folhas, caules e raiz, bem como na sua forma.

A mandioca é uma raiz com alto teor energético, sendo que cada 100g de mandioca possui 150 Kcal. Possui sais minerais tais como fósforo (que pode diminuir a sensação de fadiga do organismo), cálcio, ferro, e vitamina do complexo B que auxiliam a formação dos ossos e ajudam a coagulação do sangue. Não possui glúten sendo por tanto um bom substituto para que as pessoas portadoras da doença celíaca ou sensíveis a farinha de trigo. É ainda uma boa fonte de fibra que beneficia o trânsito intestinal. Para a população Angolana a mandioca está facilmente disponível nas várias regiões de Angola. Além da forma já habitual (farinha e cozida), a mandioca pode ser transformada em purés, gratinados, bolos e pudins.

4.1.11. Pimento (*Capsicum annuum* L.)

Teve a sua origem na América Tropical e foi introduzido na Europa depois da descoberta da América por Colombo. É um alimento muito apreciado, sendo

rico em vitaminas e sais minerais. Os frutos de coloração verde e vermelho, são os mais aceitos pelos consumidores (Fonseca, 1986). É consumida por muita gente em muitos locais, e de grande interesse económico para alguns países (Silva *et al.*, 1999).



Figura 4. 11. Pimento (*Capsicum annuum L.*)

O sabor levemente picante característico dos pimentões é muito apreciado pelas pessoas que os consomem de diferentes maneiras, desde crus em saladas, como também assados, refogados e como ingrediente de várias receitas. Este sabor picante presente nos pimentões é devido a uma substância chamada capsaicina. Esta substância, também encontrada nas pimentas, porém em concentrações maiores, ajuda a limpar o estômago e ainda é eficaz em combater os germes presentes no intestino.

Além da capsaicina, o pimentão contém vitamina C, vitamina A e minerais como o cálcio, fósforo e ferro. Por conter baixíssimas calorias o pimentão pode estar incluso em dietas de emagrecimento e ainda possui propriedades que beneficiam pele, unhas e cabelos.

4.1.12. Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

Embora coloquialmente considerado verdura, é, na verdade, um fruto. De sua família, fazem também parte as beringelas, as pimentas e os pimentões, além de algumas espécies não comestíveis.



Figura 4. 12. Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

Contém vitamina C. O consumo do tomate é recomendado pelos nutricionistas por ser um alimento rico em licopeno (média de 3,31 miligramas em cem gramas), vitaminas do complexo A e complexo B e minerais importantes, como o fósforo e o potássio, além de ácido fólico, cálcio e frutose. Quanto mais maduro, maior a concentração desses nutrientes e menor a quantidade de solanina presente que é bastante tóxica.

O tomate é composto principalmente de água, possuindo, aproximadamente, catorze calorias em cem gramas, somente. Alguns estudos comprovam sua influência positiva no tratamento de cancro, pois o licopeno, pigmento que dá cor ao tomate, é considerado eficiente na prevenção do câncer de próstata e no fortalecimento do sistema imunológico.

De 1986 a 1998, a Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, analisou os hábitos de 50 000 homens. Segundo os resultados da pesquisa, os homens que consumiam molho de tomate duas vezes por semana tiveram 23 por cento menos incidência de cancro do que outros. A pesquisa concluiu, ainda, que os

benefícios podem ser maiores caso o tomate seja cozido, acompanhando um pouco de azeite.

4.2. Locais de amostragem

As amostras foram recolhidas em regiões geograficamente próximas da cidade do Lubango, tendo em conta que, a maior parte dos legumes consumidos no Lubango vem de tais locais.

São: Local 1 (L1) Mangueiras; (L2) Humpata; (L3) Quihita; (L4) Chibia; (L5) Hoque e (L6) Lubango.



Figura 4.13. Localização dos locais de amostragem (imagem Google Earth; Aeroporto do Lubango marcado para referência)

4.3. Técnicas de campo e analíticas

4.3.1. Técnicas de Campo

Os trabalhos de amostragem foram realizados durante o período de 15 de Agosto a 15 de Setembro de 2011 (1ª Campanha) e durante o mês de Maio de

2012 (2ª Campanha). Foram recolhidos os 12 vegetais acima descritos, para estudos e análises.

As amostras foram recolhidas no local. Em alguns casos nas fazendas, outros em casas particulares, e também nos mercados locais. Para maioria dos legumes obtiveram-se duas amostras, uma na época chuvosa e outra na época seca.

Foram secas na ausência da luz solar, algumas foram trituradas em cadinhos de porcelana, todas foram catalogadas guardadas em sacos plásticos e enviadas para o laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

4.3.2. Técnicas analíticas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.

As técnicas analíticas utilizadas para a análise dos materiais, foram a Espectrofotometria de absorção atómica por chama (AAS), e Espectrofotometria de absorção atómica com câmara de grafite (GFAAS).

4.3.2.1. Determinação dos elementos

Pesar 0,5 gramas de cada amostra num tubo de teflon. Adicionar a cada tubo, 8 ml de ácido nítrico (HNO_3) a 65% e 2 ml de peróxido de hidrogénio (H_2O_2) a 30% colocando de seguida o tubo, devidamente fechado, no microondas num programa predefinido (figura 4.14).

Verter o conteúdo de cada tubo para um balão volumétrico de 25 ml e completar o volume com água ultrapura Milli Q.



Figura 4. 14. Microondas Multiwave 3000 da Anton Paar.

A técnica analítica utilizada para determinação dos elementos, cobalto, cobre, crómio, ferro, lítio, manganésio, níquel, e zinco foi a espectrofotometria de absorção atômica por chama (AAS).

Para o As e Pb, foi retirado 5 ml da solução acima descrita e colocada em balão volumétrico de 50 ml, completando de seguida o volume com água ultrapura Milli Q. A técnica analítica utilizada para determinação desses elementos foi a Espectrofotometria de absorção atômica com câmara de grafite (GFAAS) (figura 4.15).



Figura 4. 15. Espectrofotómetro de absorção atômica.

4.3.3. Tratamento de dados

Na análise dos dados recorreu-se a formas simples de tratamento que envolveram cálculos de médias, e desvios padrão.

As espécies, uma por uma foram calculadas a média e desvio padrão das quantidades de cada elemento absorvido, nos diferentes locais.

Para cada elemento foi calculado a média e o desvio padrão da quantidade absorvida por espécie nos diversos locais.

Fez-se ainda comparação entre as quantidades absorvidas por espécie nas duas épocas.

Para uma melhor visualização recorreu-se, sempre que necessário, a representação gráfica dos resultados. Estes dados foram tratados no Excel.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a elaboração deste capítulo os resultados obtidos irão ser abordados de três modos distintos, constituindo 3 subcapítulo. Numa primeira fase faremos uma abordagem geral sobre cada um dos elementos químicos e as espécies que mais os acumulavam nas diferentes áreas de amostragem. Numa segunda etapa iremos efectuar uma selecção dos materiais amostrados que melhor reflectem a relação solo-planta e, por isso, as que parecem mais susceptíveis de indicar contaminação ambiental ou condições litológicas distintas nos locais de cultivo. Numa terceira fase iremos abordar individualmente essas espécies seleccionadas na perspectiva de nos indicarem a sua origem de cultivo.

5.1 – Concentração elementar

5.1.1 - Arsénio

Com base nos resultados obtidos para o As, foi elaborado o gráfico que se apresenta na figura 5.1. Este gráfico mostra a concentração de As nas diferentes espécies comestíveis relativamente aos locais de amostragem

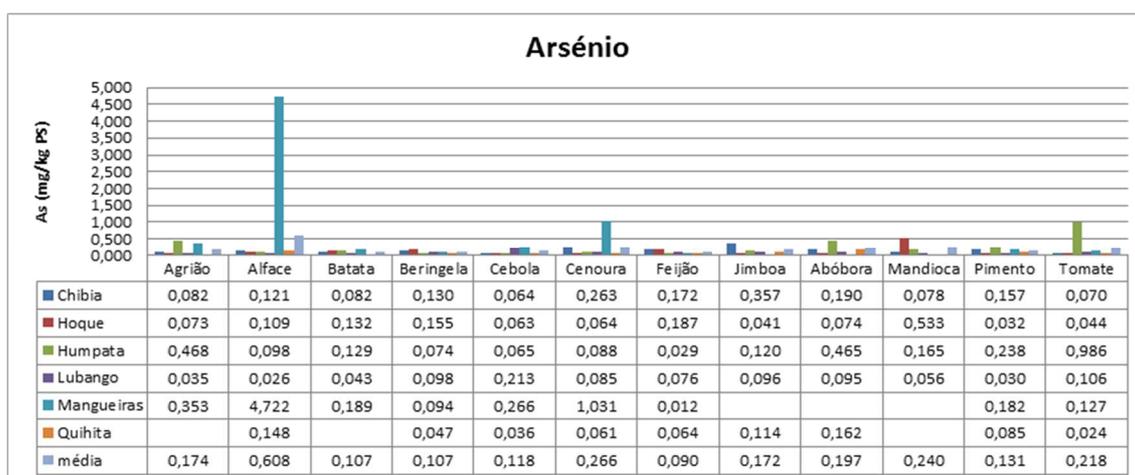


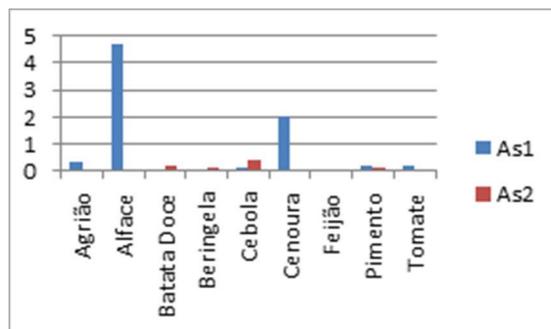
Figura 5. 1. Gráfico da variação da concentração média do arsénio nas diferentes espécies nos diferentes locais.

A análise deste gráfico permite observar a alface é a espécie que maior acumulação teve, sendo as espécies com acumulação intermédia a cenoura e o tomate. Para este elemento o gráfico apresenta-nos uma grande distinção dos teores de acumulação por parte da alface das mangueiras, mostrando uma possível mineralização a montante.

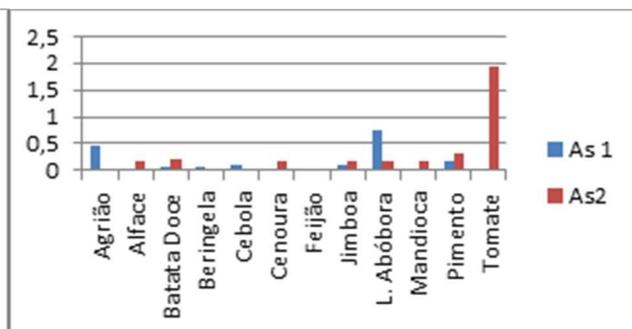
Nota-se também acentuada acumulação pela cenoura das mangueiras, seguido pelo tomate da Humpata, mandioca do Hoque, abóbora e agrião da Humpata bem como a Jimboa da Chibia.

Anteriormente consideramos os dados médios de ambas as colheitas efectuadas. Contudo se considerarmos as duas épocas de colheita individualmente para os vários locais de amostragem (figura 5.2) verifica-se que os teores de As são sistematicamente maiores nas folhas de abóbora e na beringela em Setembro, no feijão e na Mandioca em Maio, na cebola é predominantemente em Setembro e no Tomate predominantemente em Maio. Para os restantes vegetais não existem nenhuma variação característica.

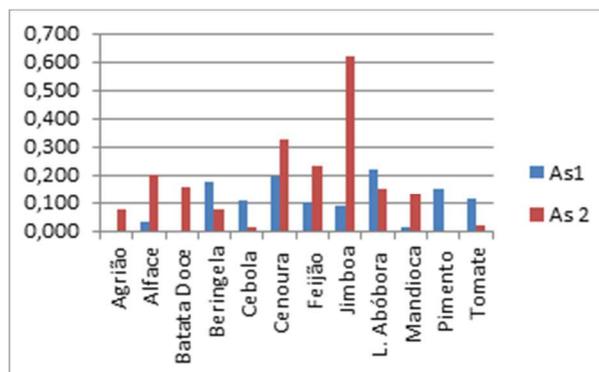
Mangueiras



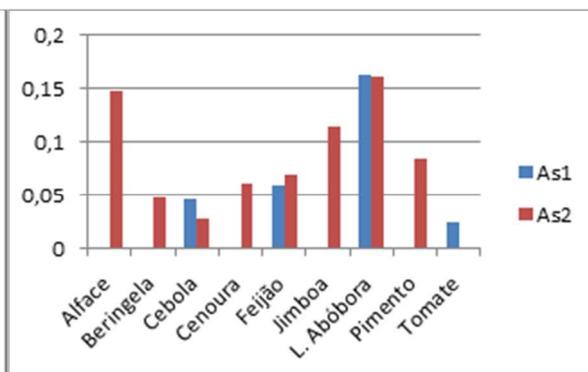
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

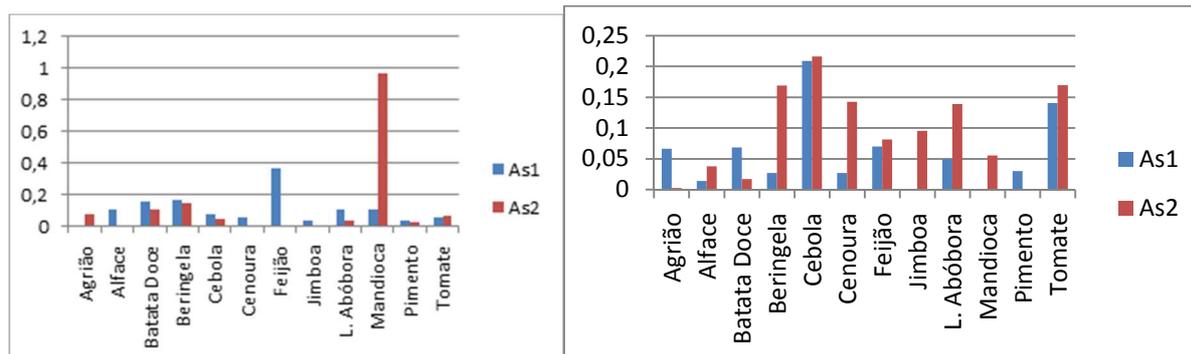


Figura 5. 2. Gráficos com as variações das concentrações de As nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (As1 – Setembro; As2 – Maio).

5.1.2 - Cobalto

A figura 5.3 apresenta a quantidade de cobalto acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

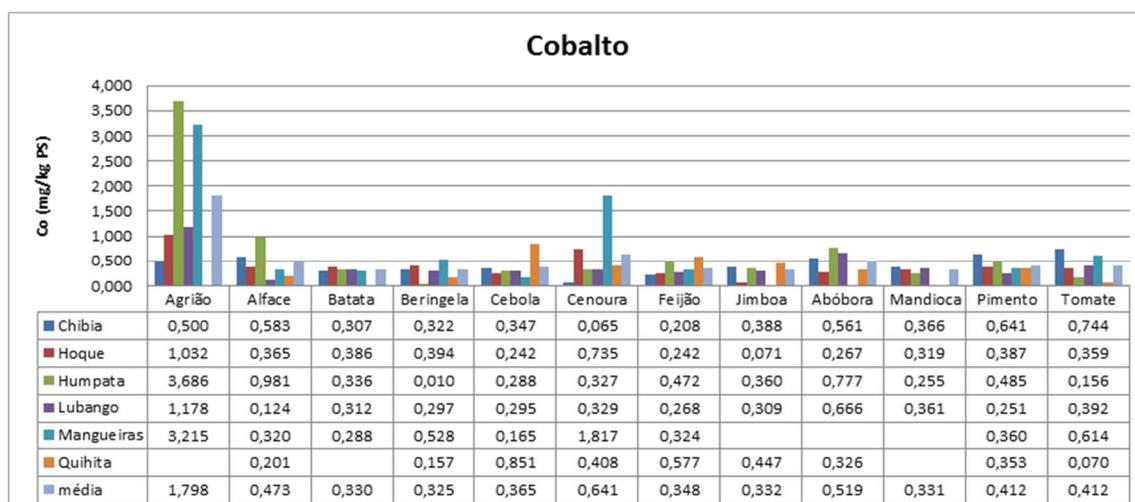


Figura 5. 3. Gráfico da variação da concentração média do cobalto nas diferentes espécies nos diferentes locais.

Quanto ao cobalto, houve acumulação por parte do agrião em quase todos os locais em que se efectuou a recolha, principalmente, assim como no arsénio, na Humpata e Mangueiras seguido pela cenoura das mangueiras e alfaca da Humpata. Apesar dos valores serem relativamente pouco expressivos a concordância que se verifica no agrião e na cenoura das mangueiras pode estar relacionada com alguma contaminação natural que aqui poderá existir.

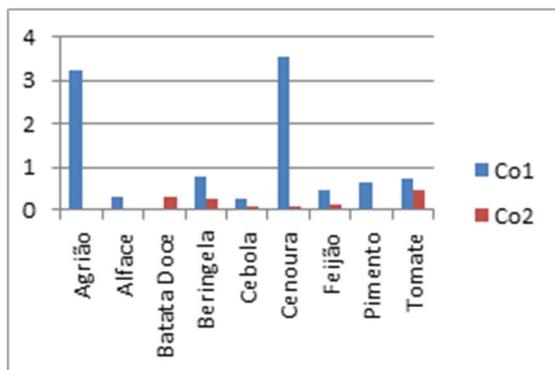
É de realçar também certa acumulação pela cebola da Quihita, facto que não é de estranhar pois estamos em solos provenientes de rochas básicas.

A variabilidade das restantes espécies não parece ser significativa.

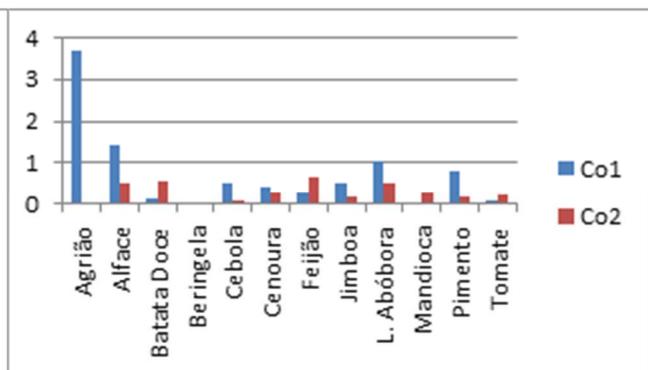
É de salientar a diferença de acumulação no alface da Humpata seguido pelo da Chibia, em relação a outros locais.

Para tentar identificar alguma tendência relativamente ao seu enriquecimento sazonal, elaboraram-se os gráficos da figura 5.4. A sua observação mostra que apenas o agrião, a alface e o pimento mostram uma clara tendência para um empobrecimento na concentração de Co pelo efeito da época das chuvas.

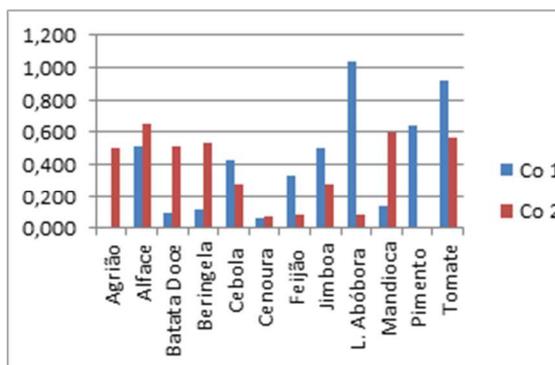
Mangueiras



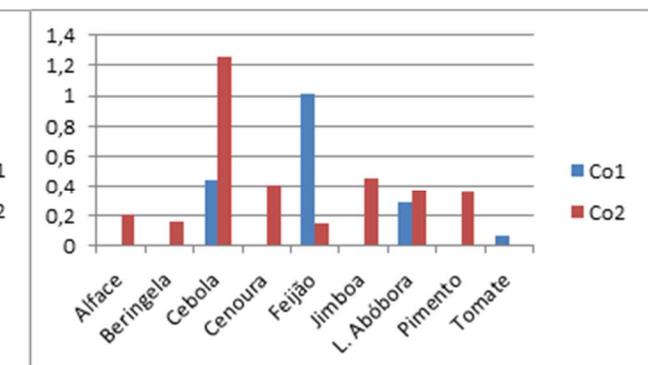
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

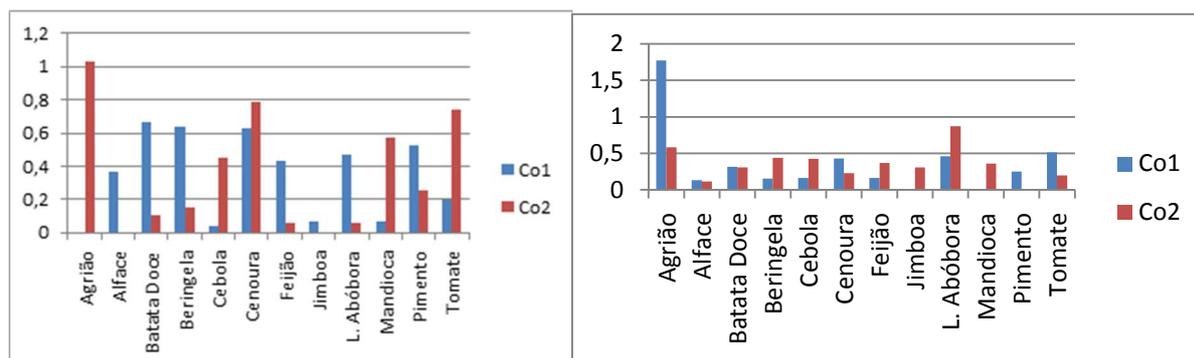


Figura 5. 4. Gráficos com as variações das concentrações de Co nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Co1 – Setembro; Co2 – Maio).

5.1.3 – Crómio

A Figura 5.5 apresenta a quantidade de crómio acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

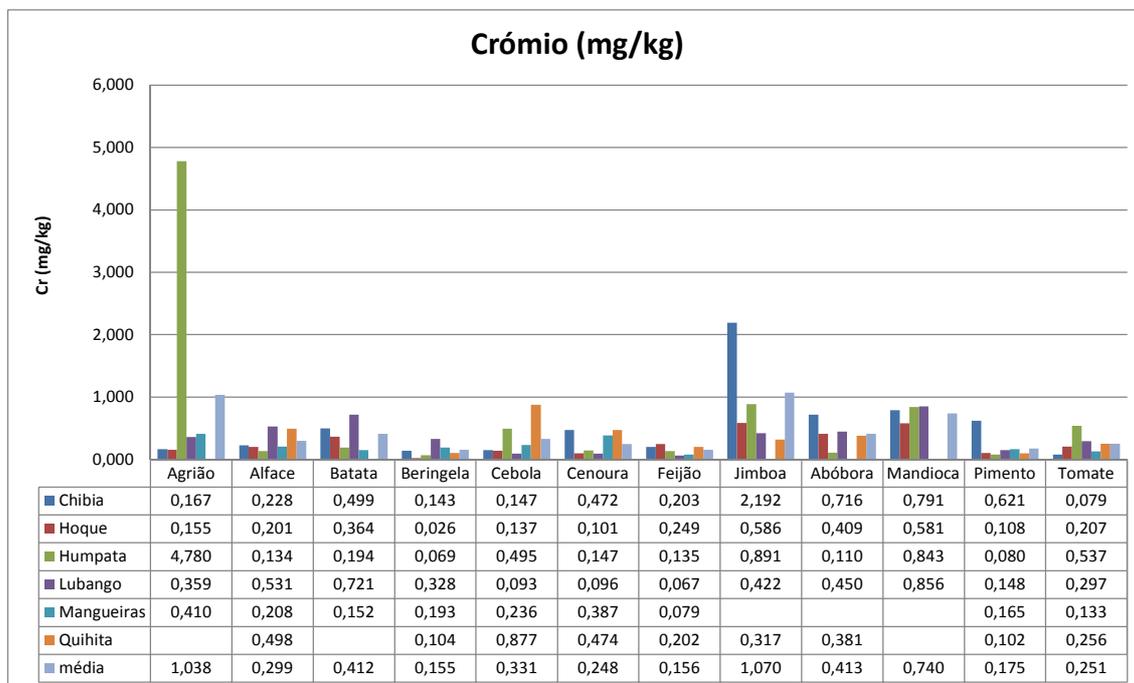


Figura 5. 5. Gráfico da variação da concentração média do crómio nas diferentes espécies nos diferentes locais.

O gráfico do crómio mostra que para esse elemento, a espécie que mais o acumulou foi nitidamente o agrião da Humpata.

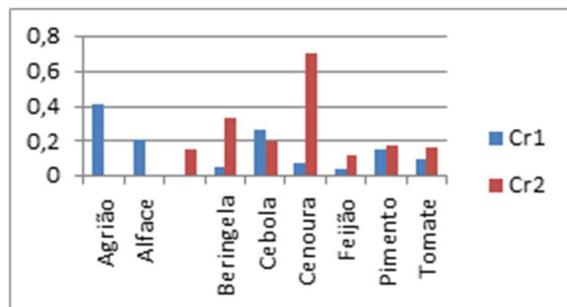
Houve uma distinta acumulação por parte da jimboa da Chibia o que não será de estranhar dada a composição distinta das unidades de solo aí presentes pois estão sobre rochas básicas.

Pode-se observar também, uma regular acumulação na Humpata, Lubango, Chibia e Hoque pela mandioca.

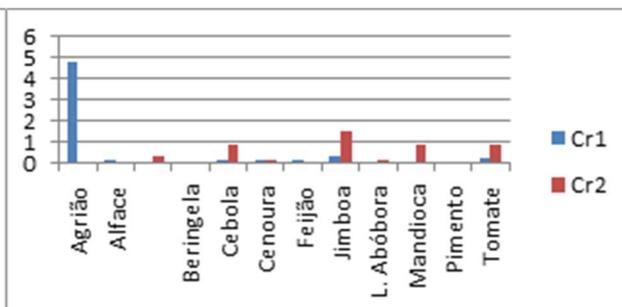
Verifica-se também uma distinção de acumulação por parte da cebola da Quihita e abóbora assim como pimento da Chibia.

Para verificar a existência de uma possível variação pela influência da época das chuvas procedeu-se à elaboração dos gráficos da figura 5.6 que mostram um enriquecimento em Cr após a época das chuvas na batata-doce em todos os locais. As restantes espécies não apresentam nenhuma tendência geral. Este aumento poderá estar relacionado com a sua maior biodisponibilidade na solução do solo.

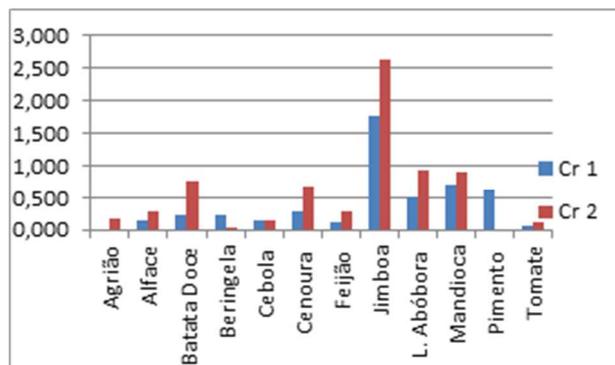
Mangueiras



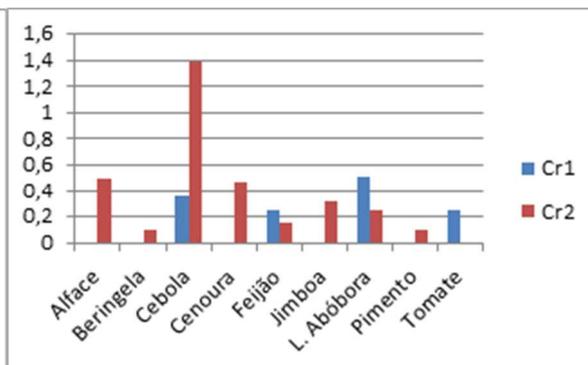
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

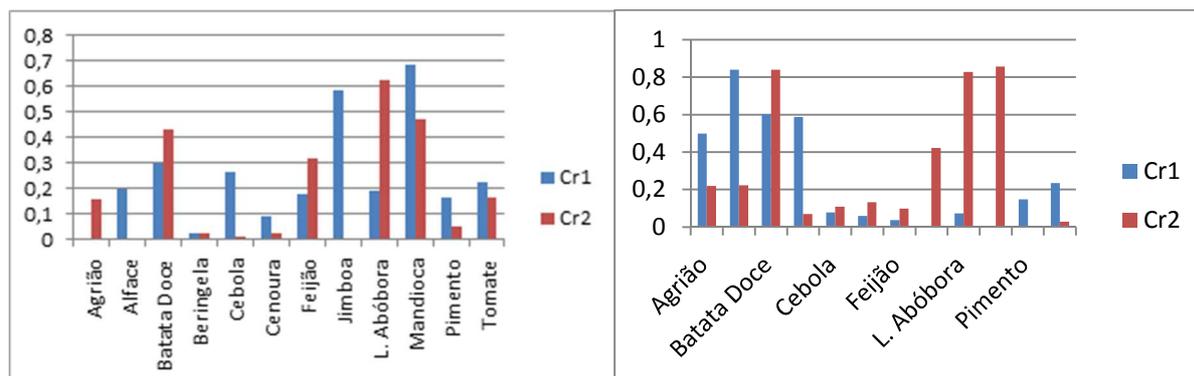


Figura 5. 6. Gráficos com as variações das concentrações de Cr nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Cr1 – Setembro; Cr2 – Maio).

5.1.4 - Cobre

A Figura 5.7 apresenta a quantidade de cobre acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

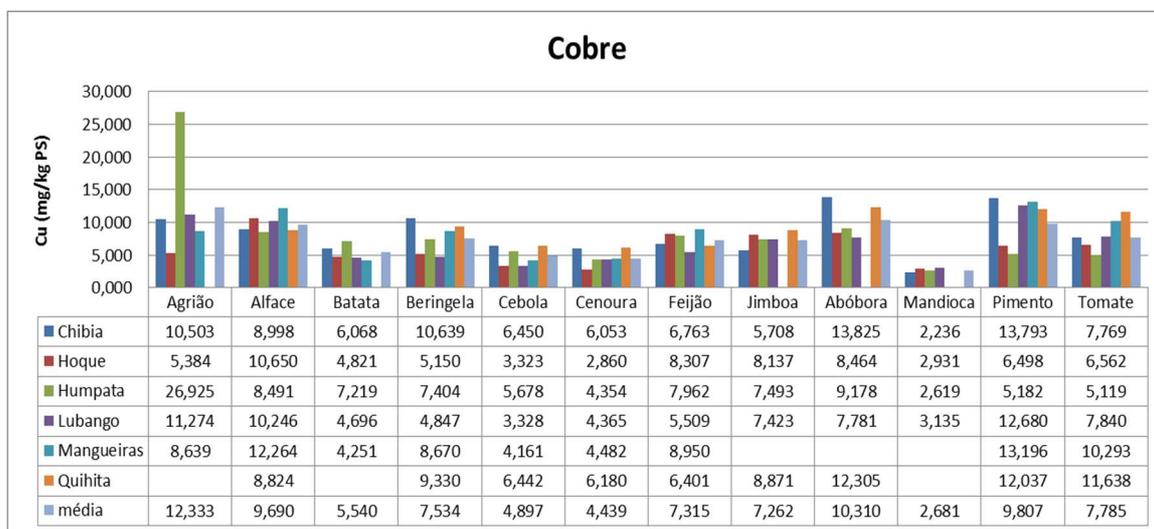


Figura 5. 7. Gráfico da variação da concentração média do cobre nas diferentes espécies nos diferentes locais.

O cobre foi acumulado por quase todos os legumes em quase todos locais, demonstrando uma grande homogeneidade na sua distribuição.

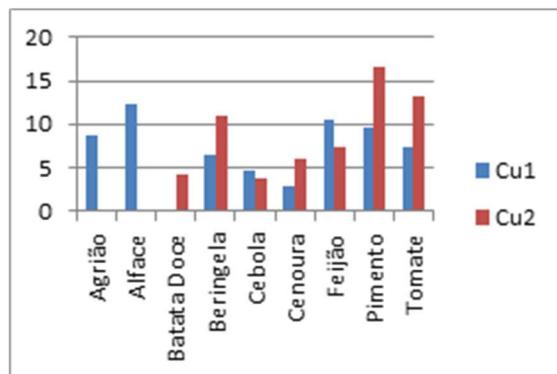
Destaca-se o agrião da Humpata; duma maneira regular o pimento da Chibia, Mangueiras, Lubango e Quihita; na alface das Mangueiras, Hoque, Lubango e nos restantes locais.

Nota-se também uma diferenciação de acumulação na abóbora da Chibia e da Quihita em relação aos outros locais.

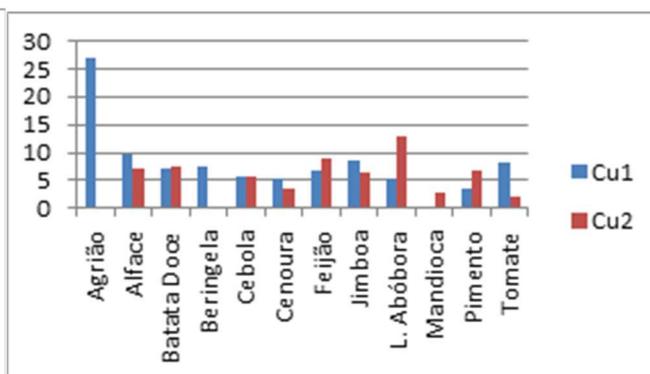
Neste elemento nota-se uma boa acumulação por parte das espécies na Quihita.

Ao observarmos os gráficos da figura 5.8, que mostram a variação deste elemento para as amostras colhidas antes e depois da época das chuvas, verifica-se que apenas a alface diminui significativamente a sua concentração de Cu durante a época das chuvas. Este facto poderá estar relacionado com o seu metabolismo porquanto durante o início do crescimento ela necessitará de mais Cu e na fase final de crescimento e maturação o seu teor deverá diminuir.

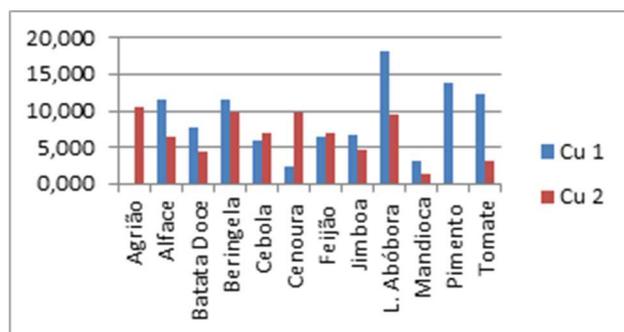
Mangueiras



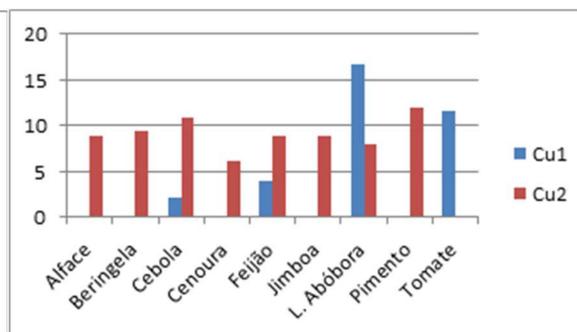
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

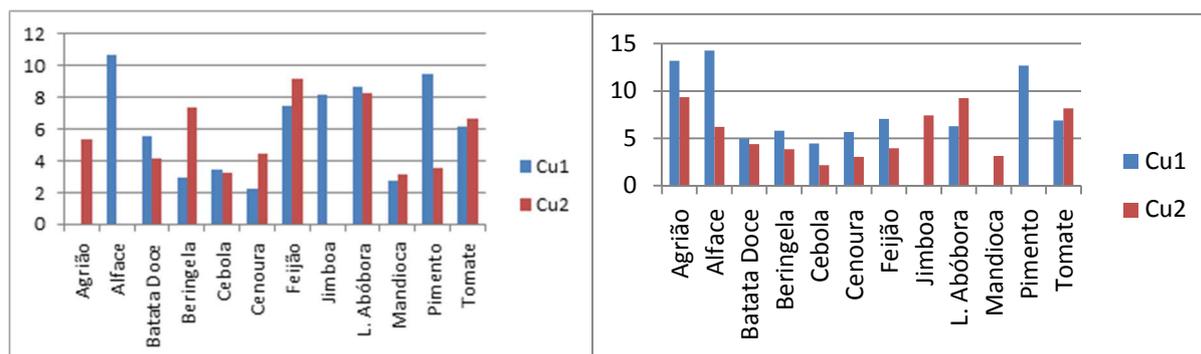


Figura 5. 8. Gráficos com as variações das concentrações de Cu nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Cu1 – Setembro; Cu2 – Maio).

5.1.5 – Ferro

A Figura 5.9 apresenta a quantidade de Fe acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

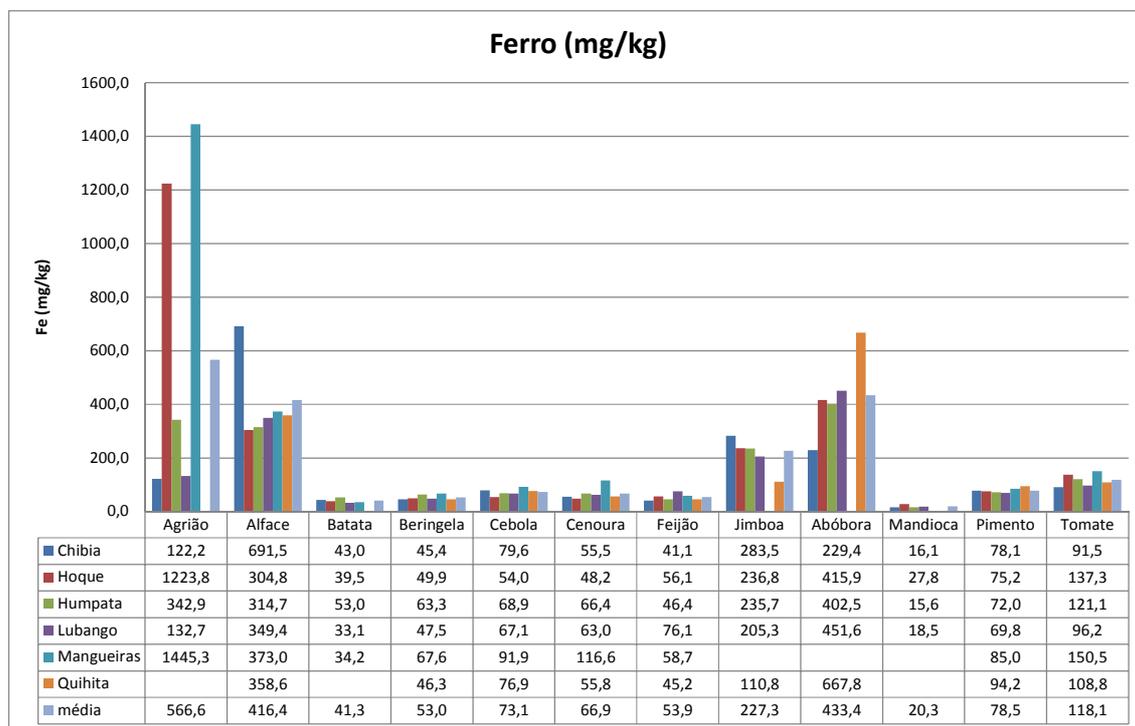


Figura 5. 9. Gráfico da variação da concentração média do ferro nas diferentes espécies nos diferentes locais.

O ferro foi grandemente acumulado nas espécies cujo consumo são as suas folhas.

Nota-se uma elevadíssima acumulação por parte do agrião das mangueiras e do Hoque.

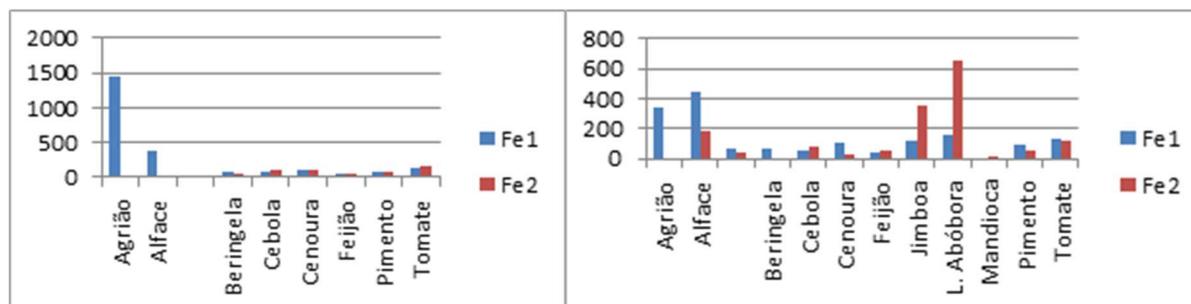
Registou-se também um elevado teor de ferro na alface da Chibia e de forma regular nos outros locais.

A abóbora apresentou uma boa acumulação em todos os locais colhidos, bem como a jimboa, seguido pelo tomate e pimento. A ordem decrescente de acumulação nos locais é: Mangueiras, Hoque, Chibia e Quihita, e duma forma regular no Lubango e Humpata.

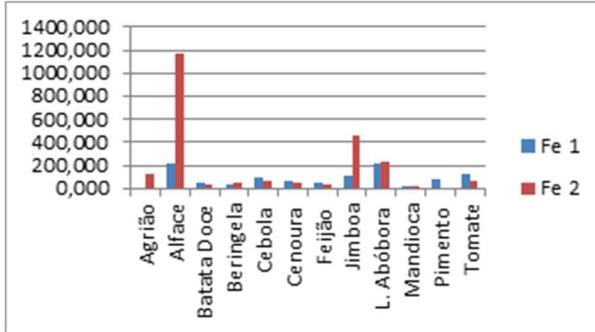
Observando a variação das suas concentrações no início e fim da época das chuvas que se apresentam nos gráficos da figura 5.10 verifica-se que a batata-doce, a cenoura, o pimento e o tomate apresentam uma tendência para diminuição da sua concentração ao passo que as folhas de abóbora apresentam um aumento na sua concentração. Este facto poderá estar relacionado com aspectos metabólicos como é o caso das folhas de abóbora, com uma lixiviação dos solos e menor efeito de contaminação por poeiras como poderá ser o caso dos restantes vegetais.

Mangueiras

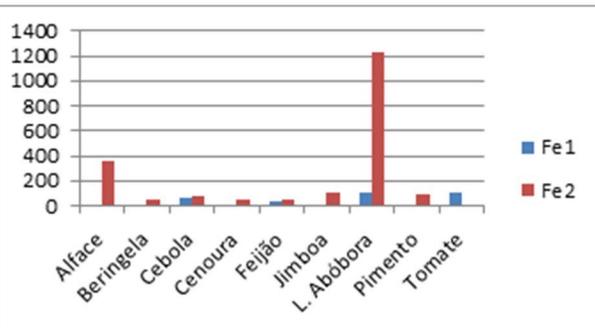
Humpata



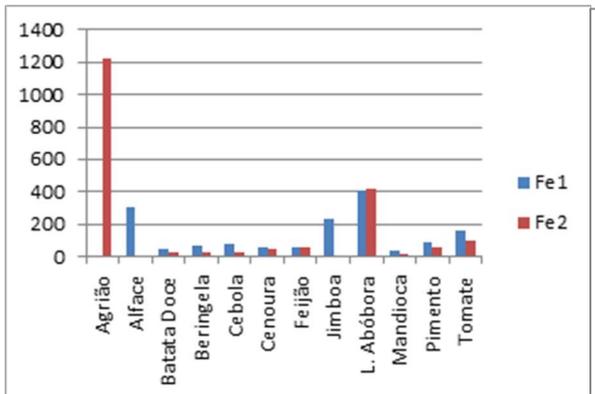
Chibia



Quihita



Hoque



Lubango

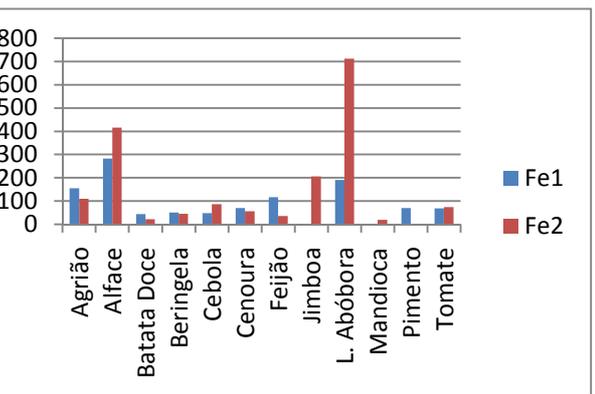


Figura 5. 10. – Gráficos com as variações das concentrações de Fe nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Fe1 – Setembro; Fe2 – Maio).

5.1.6 - Lítio

A Figura 5.11 apresenta a quantidade de Lítio acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

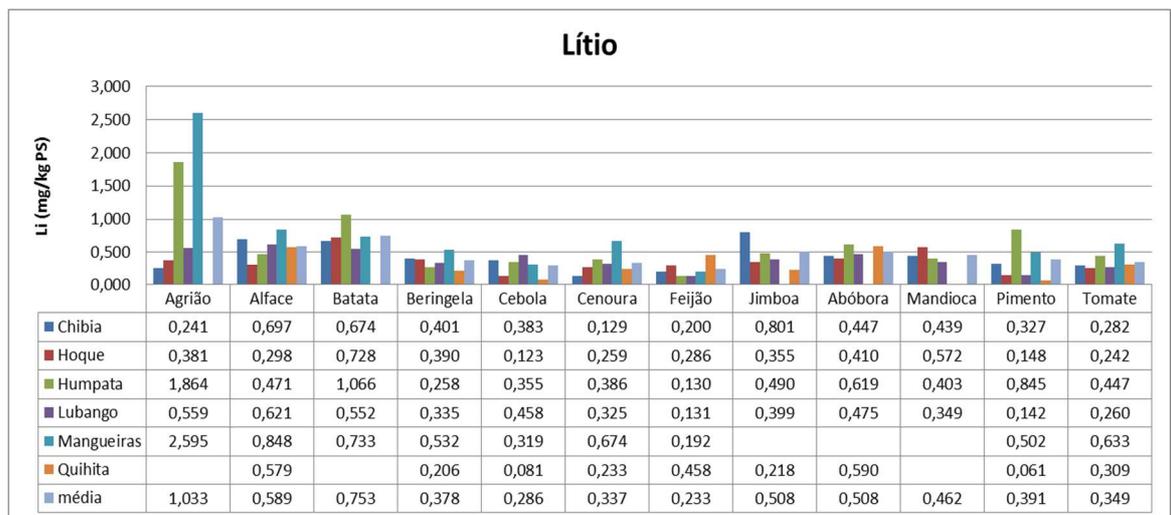


Figura 5. 11. Gráfico da variação da concentração média do Lítio nas diferentes espécies nos diferentes locais.

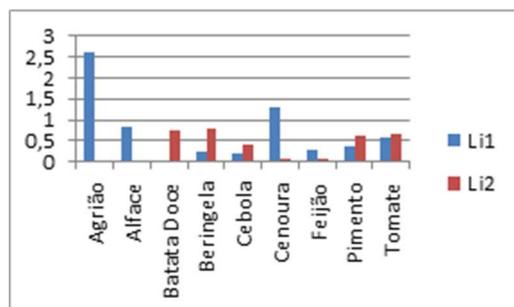
A sequência decrescente de acumulação do lítio foi: No agrião das Mangueiras e Humpata, seguido pela batata da Humpata, e de maneira regular nos outros locais.

Ainda a alface das Mangueiras e de maneira regular nos outros locais.

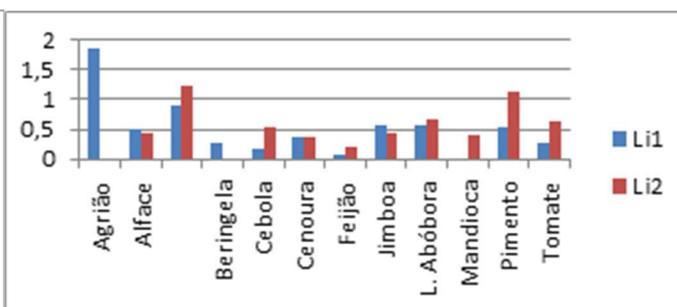
Em comparação com os outros locais, realça-se o pimento da Humpata, a jimboa da Chibia o tomate e cenoura das Mangueiras. Este elemento encontra-se mais frequentemente associado a rochas graníticas ou aos seus pegmatitos relativamente às restantes, pelo que pode reflectir a composição de solos cuja origem está associada a material granítico.

Sendo um elemento não essencial ao crescimento vegetal mas podendo estar relacionado com o metabolismo do K, apresenta uma descida geral para as espécies folhosas durante a época das chuvas como se pode observar pelos gráficos da figura 5.12. Das restantes espécies verifica-se um maior aumento após a época das chuvas para a beringela, mandioca e pimento podendo estar relacionado com a alta mobilidade do elemento e consequente maior biodisponibilidade.

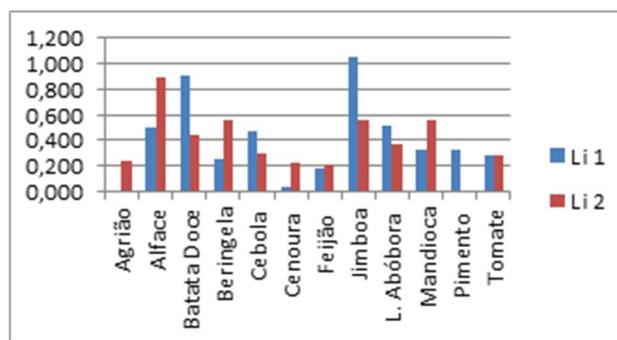
Mangueiras



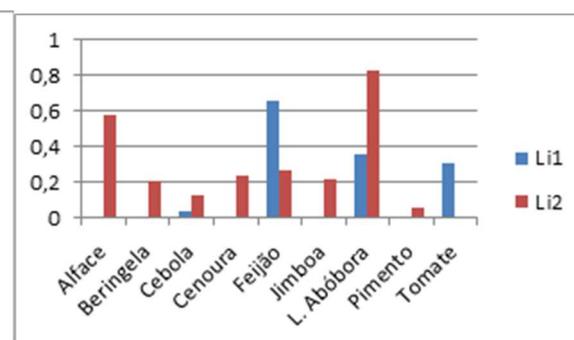
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

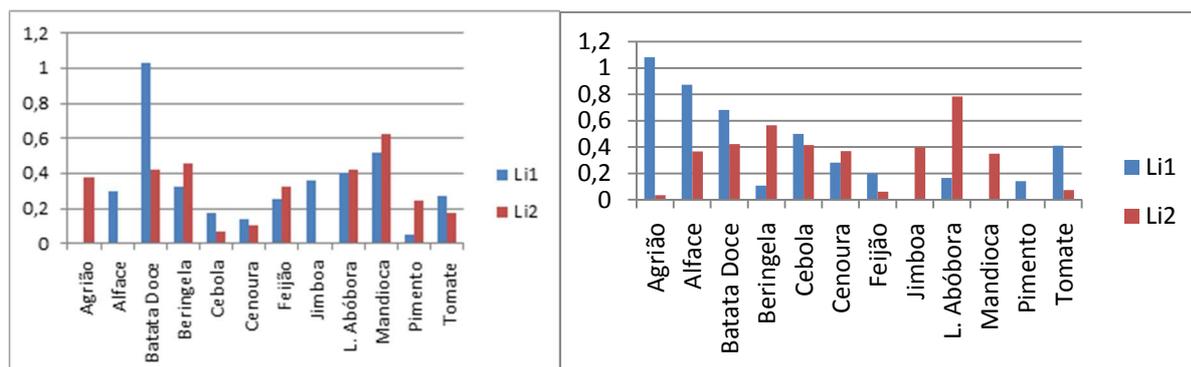


Figura 5. 12. Gráficos com as variações das concentrações de Li nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Li1 – Setembro; Li2 – Maio).

5.1.7 - Manganésio

A Figura 5.13 apresenta a quantidade de manganésio acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

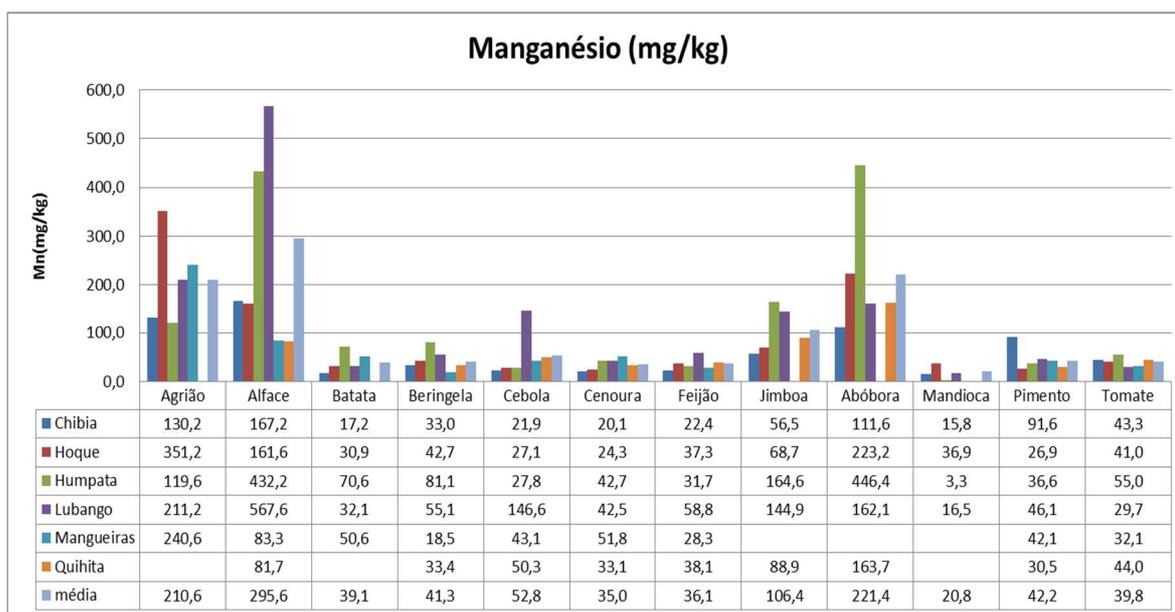


Figura 5. 13. Gráfico da variação da concentração média do manganésio nas diferentes espécies nos diferentes locais.

Depois do ferro o manganésio é claramente o elemento mais absorvido pelas diferentes espécies e apresenta também uma maior acumulação na parte foliar comparativamente com os outros órgãos consumidos.

Houve grandes quantidades acumuladas por parte da alface do Lubango e da Humpata. Nota-se também excessiva acumulação do manganésio pela

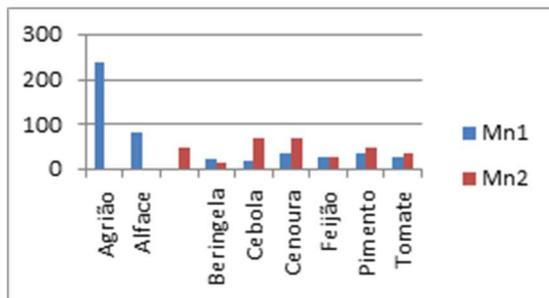
abóbora da Humpata, e de forma quase regular nos outros locais, agrião do Hoque e quase regular nos outros locais.

Verifica-se de maneira distinta acumulação pela cebola do Lubango.

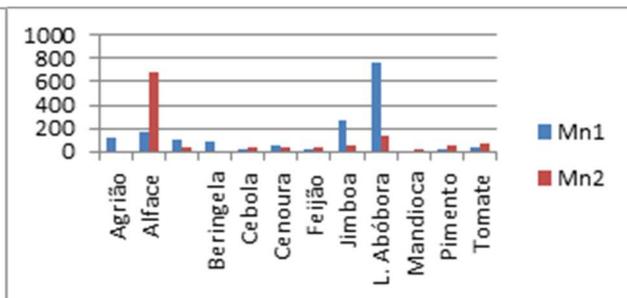
As maiores acumulações podem reflectir a sua presença em maior quantidade em solos lateríticos comparativamente com os restantes tipos.

Seria expectável que o comportamento do Mn fosse similar ao do Fe quanto à sua variação com o efeito da época das chuvas, mas tal como se pode verificar nos gráficos da figura 5.14, tal não se estabelece e a sua variabilidade de concentração não parece estar relacionada com este tipo de alterações.

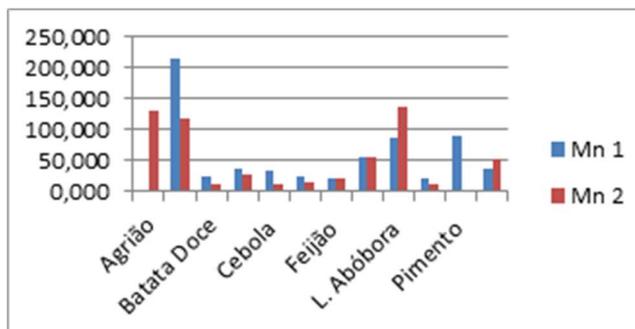
Mangueiras



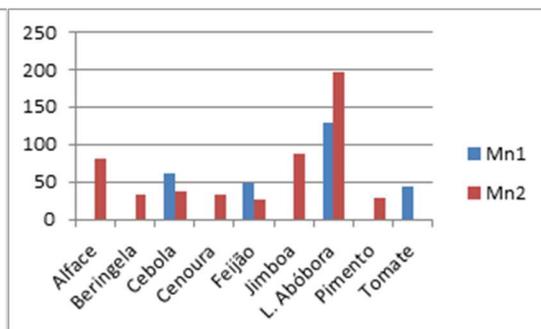
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

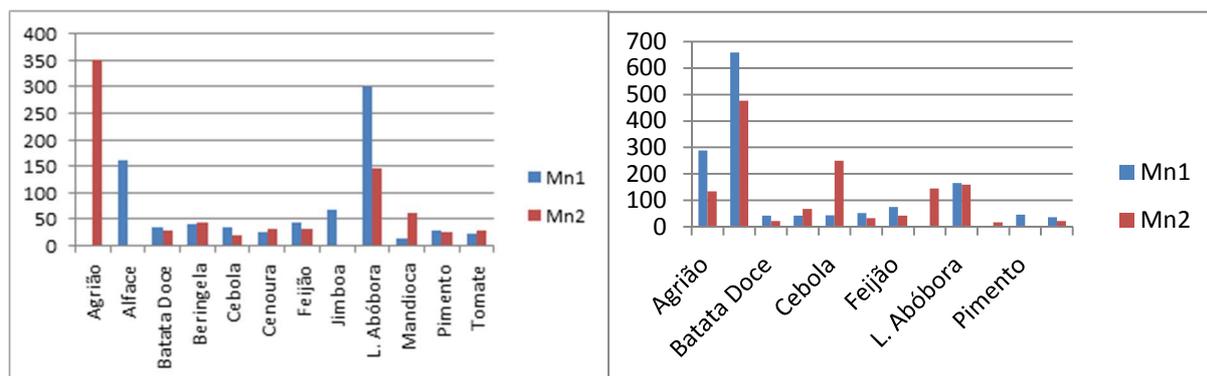


Figura 5. 14. Gráficos com as variações das concentrações de Mn nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Mn1 – Setembro; Mn2 – Maio).

5.1.8 - Níquel

A Figura 5.15 apresenta a quantidade de níquel acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

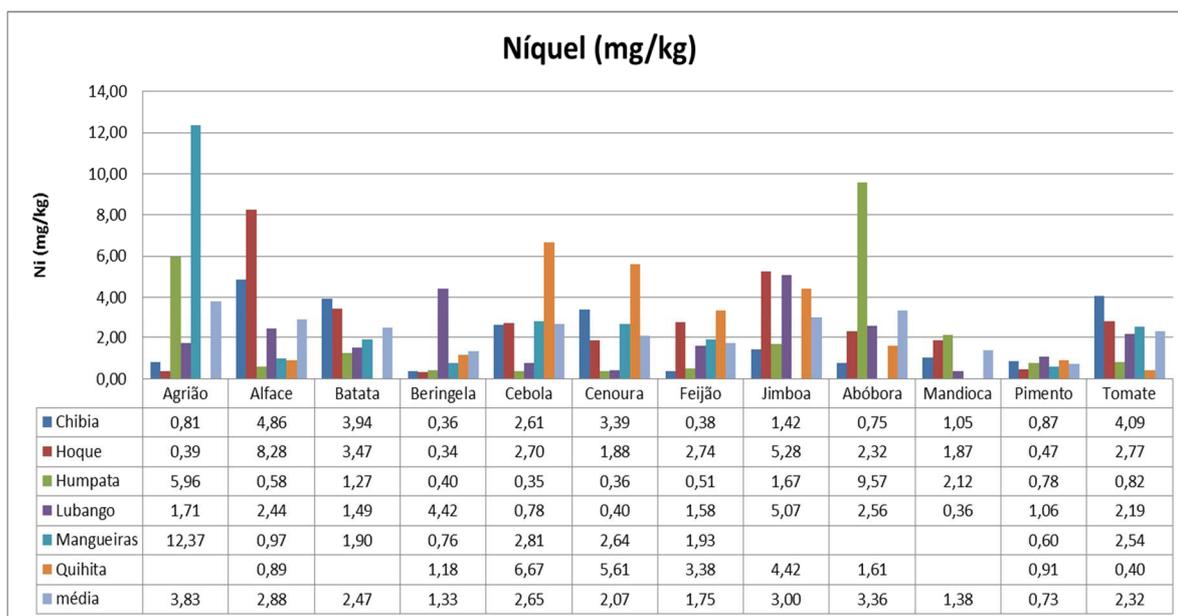


Figura 5. 15. Gráfico da variação da concentração média do níquel nas diferentes espécies nos diferentes locais.

O gráfico acima mostra-nos que houve certa distinção de uma área na quantidade de níquel acumulado por espécies diferentes.

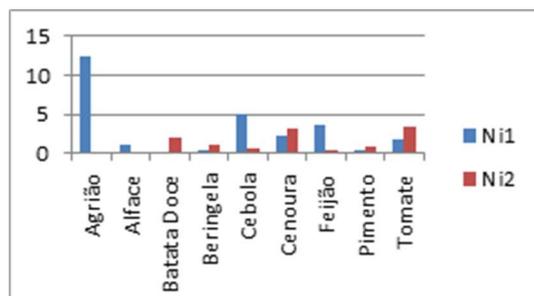
Foi acumulado pelo agrião das Mangueiras, a abóbora da Humpata, a alface do Hoque, a cebola e cenoura da Quihita, beringela do Lubango, tomate e batata da Chibia.

E de maneira regular na jimboa do Hoque, Lubango e Quihita.

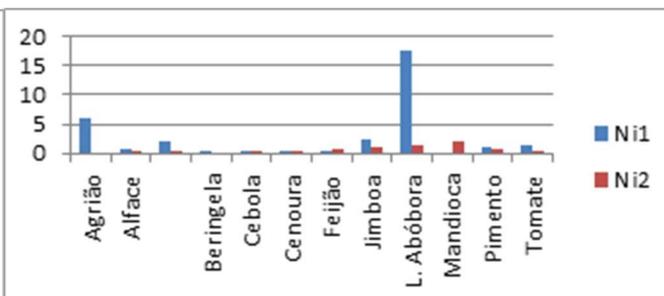
Era espectável uma maior acumulação de Ni na zona da Quihita pois aqui os solos são originados a partir de rochas com características mais básicas.

A variação do Ni durante a época das chuvas, que está representada nos gráficos da figura 5.16, mostra que não parece estar fortemente dependente de condições climáticas. Contudo, verifica-se que existe uma tendência geral para uma maior acumulação após a época das chuvas para o agrião, cebola (excepto nas Mangueiras) e cenoura. Não sendo um elemento essencial ao metabolismo e fisiologia vegetal o seu comportamento pode estar relacionado com elementos que com ele formam sinergias como é o caso do Cu.

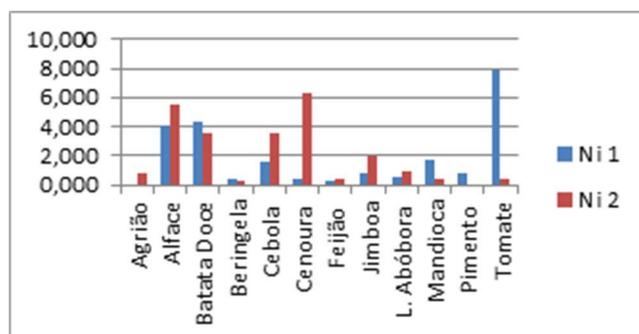
Mangueiras



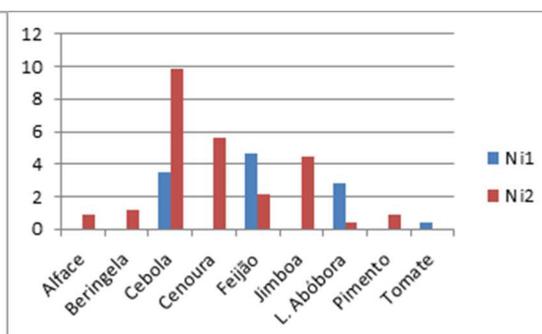
Humpata



Chibia



Quihita



Hoque

Lubango

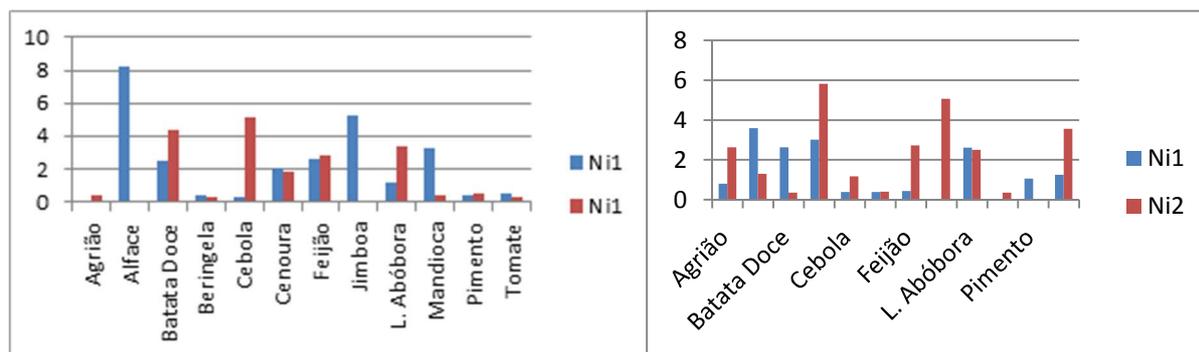


Figura 5. 16. Gráficos com as variações das concentrações de Ni nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Ni1 – Setembro; Ni2 – Maio).

5.1.9 - Chumbo

A Figura 5.17 apresenta a quantidade de chumbo acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

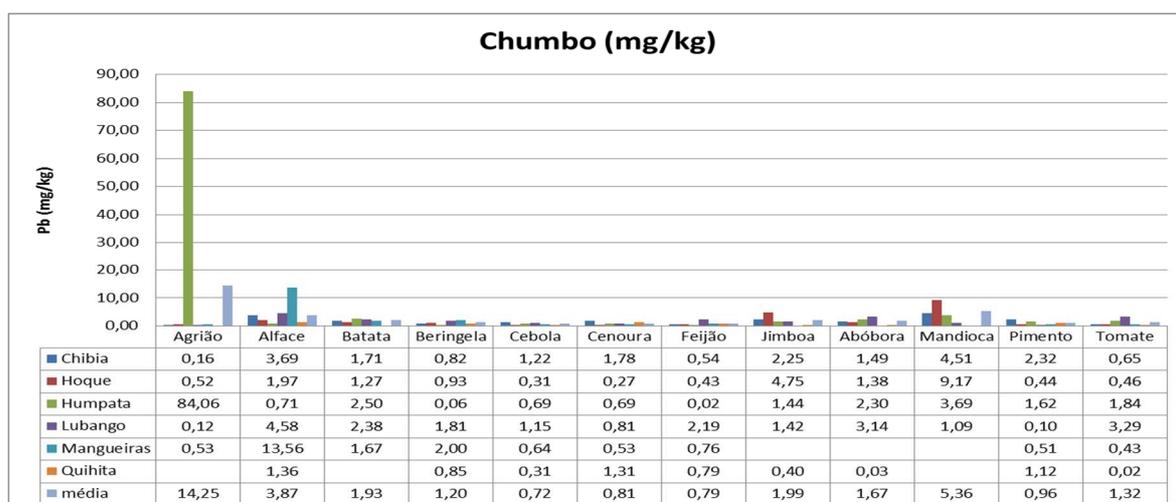


Figura 5. 17. Gráfico da variação da concentração média do chumbo nas diferentes espécies nos diferentes locais.

É notório a grande diferença de acumulação de chumbo por parte do agrião da Humpata, evidenciando poder tratar-se de uma mineralização, possivelmente relacionada com sulfuretos associados a rochas vulcânicas da formação da Chela.

Realça-se também a acumulação deste elemento pela alface das mangueiras, seguida pela mandioca e jimboa do Hoque.

As variações entre o início e o fim das chuvas para o Pb como se pode observar nos gráficos da figura 5.18, não parece reflectir nenhuma tendência geral de acumulação. A única tendência geral observada foi para a Jimboa que parece diminuir a sua concentração durante este período. O que é perfeitamente justificável uma vez que a sua cultura se efectua em linhas de água e maior diluição provocada pela água das chuvas poderá promover a lixiviação do Pb adsorvido no seu exterior.

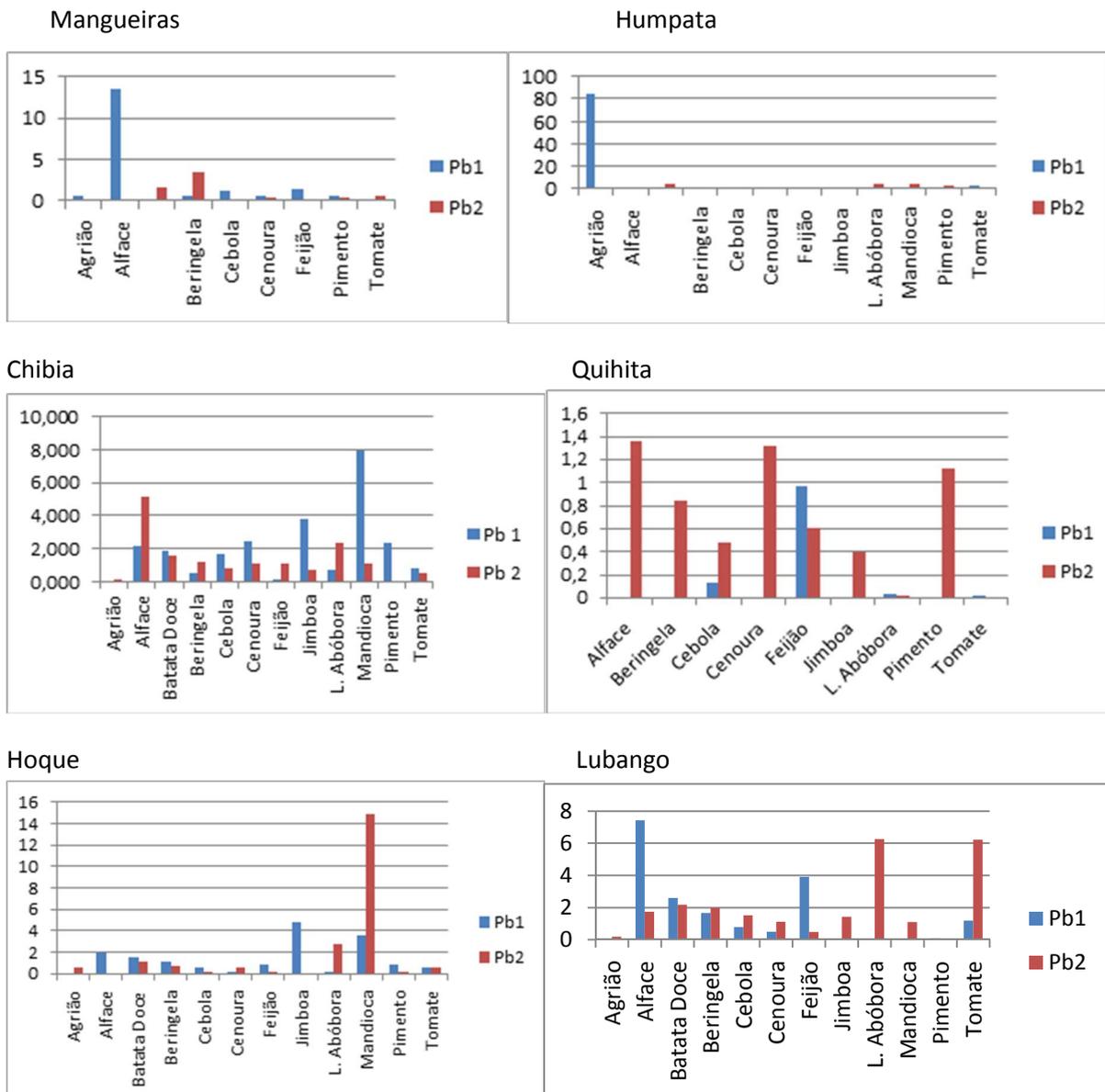


Figura 5. 18. Gráficos com as variações das concentrações de Pb nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Pb1 – Setembro; Pb2 – Maio).

5.1.10 - Zinco

A Figura 5.19 apresenta a quantidade de zinco acumulado por cada espécie nos diferentes locais.

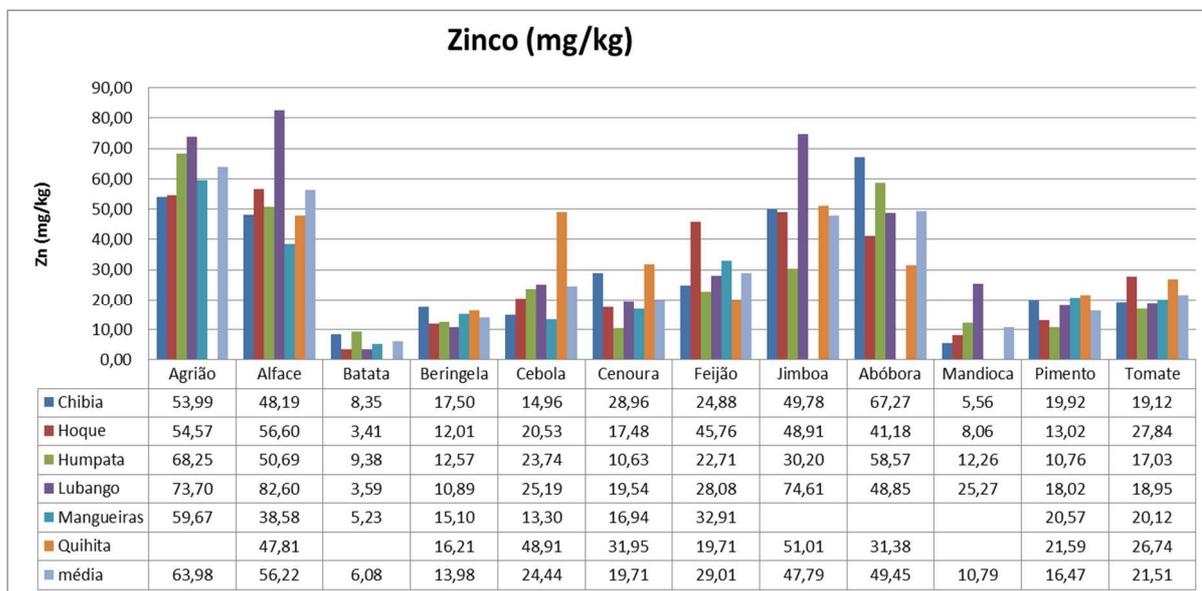


Figura 5. 19. Gráfico da variação da concentração média do zinco nas diferentes espécies nos diferentes locais.

Nota-se uma boa acumulação do zinco pelas espécies em folhas em quase todos os locais, o que não é de estranhar porquanto é um dos elementos essenciais ao crescimento vegetal.

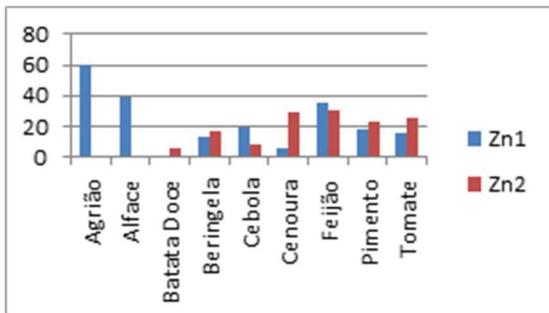
Esta acumulação é notada também na cebola, principalmente na Quihita, no feijão, principalmente no Hoque de forma regular no tomate, pimento e beringela, e distinto na mandioca do Lubango.

Retirando cinco legumes que mais aparecem na ordem de prioridade, podemos concluir que as espécies que mais acumulam são: O agrião, seguido pela alface e abóbora, depois a jimboa e o tomate.

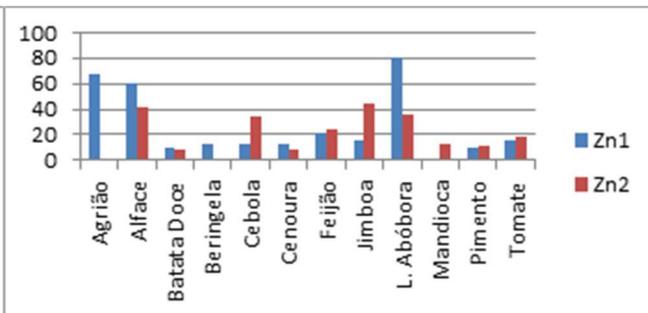
Para verificarmos se existência significativa na concentração deste elemento durante a época das chuvas, elaboraram-se os gráficos representados na figura 5.20. Ao observarmos os teores de Zn nos dados globais verificou-se

que a sua variação global era pouco significativa dentro de determinados grupos (folhosas e não folhosas). Essa pequena variação também se reflecte em quase todos os vegetais analisados e verifica-se uma estabilidade relativa das concentrações ao longo deste período, excepção feita para a alface que denota uma diminuição da sua concentração que pode estar relacionada com o efeito da chuva.

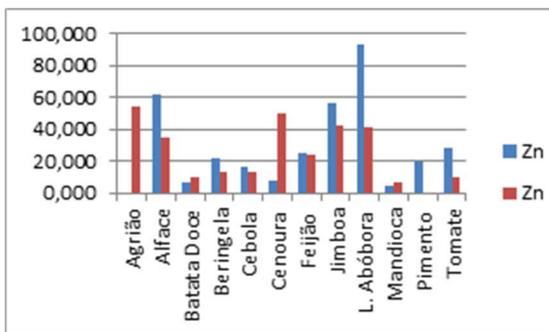
Mangueiras



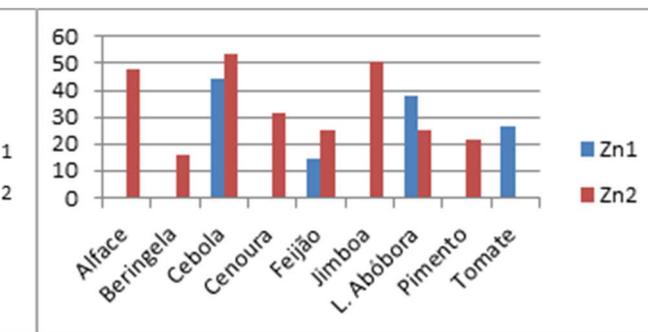
Humpata



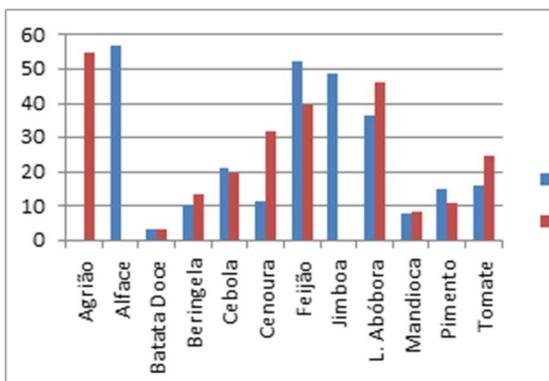
Chibia



Quihita



Hoque



Lubango

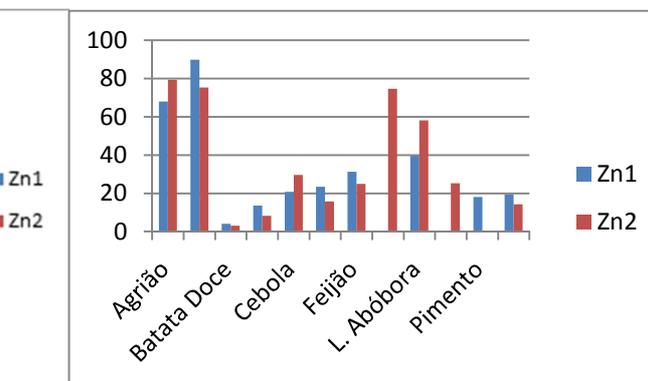


Figura 5. 20. Gráficos com as variações das concentrações de Zn nos diferentes locais de amostragem para as duas épocas (Zn1 – Setembro; Zn2 – Maio).

5.2 Selecção de espécies bioindicadoras

Com o objectivo de verificarmos a existência de espécies capazes de servirem como bioindicadoras de mineralização ou de serem afectadas por metais característicos de determinados contextos litológicos tentamos obter a relação que nos fornece o índice de acumulação de cada espécie. Para tal, e conforme a regra proposta por Brooks (1983), calculamos a relação entre o teor máximo encontrado para cada elemento e o seu biogeoquímico (background). Essa relação indica-nos o tipo de barreira fisiológica, sendo considerada uma planta inibidora aquela cuja relação é inferior a 3; uma indicadora para relações superiores a 3, sendo considerada baixas barreiras para valores inferiores a 5, médias barreiras entre 5 e 30, altas barreiras entre 30 e 300 e sem barreiras ou potencialmente acumuladora se superior a 300.

Para o cálculo do “background” optou-se por utilizar a média dos valores que se situavam abaixo do valor médio mais um desvio-padrão. As concentrações assim calculadas para o background são as que se apresentam na tabela 5.1

Tabela 5. 1. – Concentrações de background para os diferentes vegetais amostrados, no conjunto das seis áreas.

	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Agrião	0,12	0,97	0,29	9,41	182,64	0,72	182,53	2,12	0,29	60,90
Alface	0,09	0,35	0,23	9,12	322,23	0,45	187,30	2,20	2,66	48,68
Abóbora	0,14	0,39	0,30	8,54	344,80	0,43	160,97	1,78	0,82	39,98
Batata Doce	0,08	0,25	0,30	4,60	38,49	0,69	31,65	1,92	1,75	4,94
Beringela	0,08	0,23	0,11	6,61	49,44	0,33	33,06	0,84	0,96	13,11
Cebola	0,09	0,28	0,17	4,36	69,96	0,21	34,91	2,00	0,55	19,54
Cenoura	0,10	0,38	0,16	3,96	51,80	0,25	27,05	1,29	0,67	15,42
Feijão	0,05	0,25	0,11	7,02	48,25	0,19	32,59	1,29	0,51	25,66
Jimboa	0,10	0,26	0,81	6,99	188,04	0,42	78,71	2,12	1,08	43,32
Mandioca	0,10	0,21	0,74	3,15	17,01	0,43	12,97	0,99	3,46	7,90
Pimento	0,11	0,37	0,12	8,95	76,53	0,30	35,98	0,69	0,64	14,84
Tomate	0,08	0,29	0,16	6,38	106,31	0,26	33,58	1,36	0,91	19,74

Calculando agora a relação entre a concentração máxima encontrada e a respectiva concentração de background obteve-se a tabela 5.2

Tabela 5. 2. – Relação entre a concentração máxima e a concentração de background para o material amostrado.

	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
	$T_{M\acute{a}x}/T_{back}$									
Agrião	4,05	3,79	16,48	2,86	7,91	3,60	1,92	5,85	287,56	1,30
Alface	50,60	4,10	3,63	1,57	3,63	2,00	3,69	3,76	5,09	1,85
Abóbora	5,59	2,74	3,10	2,11	3,57	1,89	4,75	9,93	7,65	2,34
Batata Doce	2,40	2,65	2,81	1,70	1,65	1,77	3,12	2,30	1,93	2,07
Beringela	2,26	3,55	5,48	1,75	1,73	2,45	2,45	6,96	3,56	1,67
Cebola	4,85	4,44	8,15	2,48	1,54	2,57	7,15	4,91	3,05	2,73
Cenoura	2,45	2,23	1,45	1,45	1,24	1,92	1,34	1,54	1,68	1,50
Feijão	7,73	4,00	2,86	1,51	2,41	3,36	2,29	3,59	7,74	2,04
Jimboa	6,41	2,00	3,24	1,27	2,46	2,50	3,46	2,49	4,39	1,72
Mandioca	10,08	2,91	1,20	1,00	2,17	1,46	4,64	3,36	4,28	3,20
Pimento	2,92	2,15	5,20	1,86	1,23	3,85	2,54	1,55	3,63	1,53
Tomate	25,57	3,13	5,24	2,08	1,50	2,55	2,29	5,74	6,86	2,17

Pela análise desta tabela verifica-se que as espécies que melhor reflectem os possíveis elementos contaminantes são o agrião para o Pb e a alface para o As. Contudo, existem outros legumes capazes de acumular concentrações significativas de metais e, como tal, parecerem possuir grande interesse como indicadores de metais. Saliente-se assim: o agrião para Pb, Cr e Fe; a alface para As e Pb; as folhas de abóbora para Ni, Pb e As; a beringela para Ni e Cr; a cebola para Mn e Cr; o feijão para Pb e As; a jimboa e a mandioca para As; o pimento para Cr; e o tomate para As, Pb, Ni e Cr.

Das espécies amostradas nenhuma pode ser considerada boa indicadora de Co, Cu, Li e Zn. Apesar do Li estar fundamentalmente associado com as rochas graníticas sendo de esperar que nesses locais as concentrações nos materiais amostrados fossem superiores, tal não é observável ou pela fraca amplitude das suas concentrações nos solos ou porque nenhuma destas espécies tem na verdade capacidade de o acumular. Quanto ao Co era espectável ocorrer em valores significativamente superiores nas áreas de rochas básicas do que nas restantes contudo, os resultados obtidos não validam esta hipótese parecendo estas espécies inibidoras da sua bioacumulação. Tanto o Zn como o Cu não apresentam espécies capazes de os indicarem em excesso nos locais amostrados denotando mais uma vez que a sua acumulação em níveis elevados é muitas vezes dificultada por serem

elementos essenciais ao crescimento vegetal, sendo necessária uma grande concentração biodisponível no solo para possibilitar a sua bioacumulação.

5.3 Acumulação de metais nas diferentes espécies

5.3.1 – Abóbora

Os valores de background encontrados nas folhas de abóbora para os diferentes elementos químicos estão representados na tabela 5.1. Verifica-se ainda que esta espécie é a que apresenta mais altos valores de fundo para As e Fe. Conforme se discutiu anteriormente as folhas de abóbora são indicadoras de As, Ni e Pb (tabela 5.2). Para estes elementos o intervalo de variação é de; 0.038 a 0.756 mg/kg para As; 0.39 a 17.64 mg/kg para Ni; e 0.022 a 6.27 mg/kg para Pb. Isto sugere que existe uma certa capacidade de acumulação destes elementos pelas folhas da abóbora. Os valores mais elevados encontram-se na Humpata (As e Ni) e no Lubango (Pb), sugerindo que pode existir uma correlação com as condições de solo ou práticas agrícolas. Na Humpata, que se situa no complexo da Chela os valores encontrados podem representar a cultura em solos com carapaça laterítica, sobre rochas doleríticas e/ou vulcânicas às quais estes elementos poderão estar associados. No caso do As e Pb estarão mais associados com as rochas vulcânicas, enquanto que o Ni poderá estar mais relacionado com os doleritos. Todavia seria de esperar que os solos da Quihita induzissem a uma maior concentração de Ni do que estes, facto que não se confirmou. Em futuros trabalhos deveriam ser verificados com mais cuidado a exacta localização das culturas na área da Humpata dada a grande variabilidade litológica aí existente.

5.3.2 – Agrião

Tal como as restantes espécies folhosas comestíveis (folhas de abóbora, alface e jimboa), o agrião apresenta das maiores concentrações para quase

todos os elementos analisados sendo mesmo o que possui os valores de background mais elevados para Co, Cu, Li e Zn (tabela 5.1).

Pela tabela 5.2 verifica-se que o Agrião parece ser um importante indicador de contaminação de Pb, assim como em menor grau de Cr, Fe e Ni. O intervalo de valores observados para estes elementos foi de: 0.05 a 84.06 mg/kg para o Pb, estando o valor mais elevado na Humpata; 0.16 a 4.78 mg/kg para o Cr, estando também o valor mais elevado na Humpata; 122 a 1445 mg/kg para o Fe, onde os valores mais elevados se encontram nas Mangueiras e no Hoque; e de 0.39 a 12.37 mg/kg para o Ni, cujo valor mais elevado está relacionado com as Mangueiras. O tipo de cultura desta espécie higrófila pode justificar os valores aqui encontrados, nomeadamente pelo transporte de metais ou metalóides nos cursos de água cuja contaminação pode ser significativa pela acção antrópica. O desconhecimento do local exacto da sua cultura, bem como a origem da água de cultura não permite tirar elações muito claras, ainda para mais não tendo exemplares da zona da Quihita que seria uma zona potencial para a acumulação de Fe, Cr e Ni. Com os valores aqui obtidos parece-nos que ou as águas poderão provir da percolação de zonas doleríticas ou exibem uma contaminação antrópica importante. Em futuros trabalhos este aspecto seria importante de apurar. No caso do Fe no Hoque e nas Mangueiras a concentração de Fe pode estar relacionada com um maior “apport” deste elemento, transportado pelas águas de zonas que drenam de áreas montanhosas sobre as quais se encontram solos lateríticos.

5.3.3 - Alface

Tal como as restantes folhosas esta espécie é das que maiores concentrações de background tem para quase todos os elementos (tabela 5.1), principalmente para Mn e Ni. Observando a capacidade de bioacumulação verifica-se que ela é uma boa indicadora de As e Pb, cujos intervalos de variação das concentrações observadas são, respectivamente de 0.014 a 4.722 mg/kg e de 0.03 a 13.58 mg/kg. Os valores mais elevados para ambos os elementos foram observados nas Mangueiras o que podem indicar a presença de

mineralizações de sulfuretos a montante desta área, tal como o sugerem as referências geológicas conhecidas. A bibliografia consultada, relativamente às concentrações encontradas neste vegetal (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007), referem valores de 4.14 mg/kg para As e 0.7 a 3.6 mg/kg para Pb, os quais se encontram dentro dos intervalos observados. Para os restantes elementos as referências do mesmo autor indicam intervalos de 0.03 a 0.43 mg/kg para o Cr, 6 a 8 mg/kg para o Cu, 0.3 a 15.0 mg/kg para o Li e 44 a 73 mg/kg para o Zn. Os valores que observámos encontram-se dentro destes intervalos com excepção do Cu que é ligeiramente superior.

5.3.4 – Batata-Doce

Como base nos valores de background que são apresentados na tabela 5.1, verifica-se que esta espécie é pouco rica em nos elementos analisados, sendo mesmo a que menos acumula Zn. Além disso, pela observação da tabela 5.2 verifica-se que ela não é uma importante indicadora dos elementos presentes no solo. Não encontramos referências bibliográficas que refiram as concentrações elementares para esta espécie.

5.3.5 – Beringela

Como é conhecido para a maioria dos frutos e sementes a acumulação de metais nestes órgãos não é muito significativa, tal como se verifica para a beringela. As concentrações de background apresentadas na tabela 5.1 assim o reflectem e dos poucos dados recolhidos na informação (Kabata-Pendias e Mukherjee, 2007) o As apresenta na nossa área valores inferiores ao que referido que variam de 0,23 a 2,3 mg/kg). Tal como se observa na tabela 5.2 esta espécie seria bioindicadora de Cr e Ni, apesar de pouco importante. Contudo, os valores mais elevados encontrados foram no Lubango e não na Quihita, não se encontrando uma explicação justificativa de tal facto.

5.3.6 – Cebola

Apesar de a cebola não demonstrar uma alta acumulação de background dos elementos analisados (tabela 5.1) a sua capacidade de indicação de excessos de alguns elementos no solo é demonstrada pela tabela 5.2. Esta espécie apresenta valores substancialmente mais elevados em Co, Cr, Cu e Ni na Quihita deixando transparecer o ambiente litológico básico da envolvente. Os valores encontrados situam-se dentro dos referidos por Kabata Pendias e Mukherjee (2007), apesar dos de Ni e Co serem um pouco superiores no nosso caso reflectindo perfeitamente a presença das rochas básicas. Além destes elementos também se verifica uma capacidade de acumulação de Mn cujo valor máximo se situa no Lubango e pode transparecer a possível existência de camadas sedimentares enriquecidas neste metal.

5.3.7 – Cenoura

A cenoura além de apresentar valores de background reduzidos para todos os elementos analisados (tabela 5.1), também não pode ser considerada como indicadora de contaminação ou variação litológica no ambiente de cultivo. As concentrações encontradas nestes elementos inserem-se dentro dos intervalos referidos por Kabata-Pendias e Mukherjee (2007).

5.3.8 – Feijão

É de esperar que o feijão não seja um grande acumulador de metais uma vez que é uma semente e as barreiras fisiológicas ao nível da semente são intensas mesmo para espécies hiperacumuladoras. Os valores de background encontrados para o feijão estão dentro dos limites referidos por Kabata-Pendias e Mukherjee (2007) para a maioria dos elementos analisados, embora ligeiramente mais baixos no As, Pb e Zn e mais elevados no Ni. Dos valores obtidos os que parecem possibilitar acumulação em relação com o ambiente

serão o As e o Pb que se apresentam mais elevados, respectivamente, no Hoque e no Lubango podendo transparecer alguma contaminação antrópica que poderá estar relacionada com práticas culturais, ou modo de armazenamento.

5.3.9 – Jimboa

Tal como as outras espécies folhosas exibem valores de concentração de background superiores às das espécies em que a parte analisada é o fruto, as sementes ou os tubérculos, conforme se pode observar na tabela 5.1. Verifica-se ainda pela tabela 5.2 que esta espécie pode ser uma importante indicadora de As. Os valores encontrados são relativamente elevados quando comparados com os do background sendo o mais representativo observado para a Chibia (note-se que esta espécie não foi amostrada nas Mangueiras que seria a zona potencialmente mais importante). Em anterior levantamento efectuado na cidade do Lubango em linhas de água contaminadas (Levi, 2010) foi retirado e analisado um exemplar desta espécie apresentava 3.3 mg/kg de As, 46.8 mg/kg de Cu, 14.2 mg/kg de Ni e 1024 mg/kg de Zn. A planta estava parcialmente imersa e por isso estas altas concentrações, sugerindo o maior cuidado cultural quanto à qualidade da água utilizada.

5.3.10 – Mandioca

A mandioca é das espécies que menor quantidade de metais apresenta no seu tubérculo tendo um background relativamente baixo para todos os elementos (tabela 5.1). Quanto à sua capacidade de indicação (tabela 5.2) ela também não é muito significativa à excepção do As. As maiores concentrações de As estão no Hoque, que representa um substrato granítico susceptível de ter mineralizações de sulfuretos. Contudo, também poderá estar implicada nesta maior concentração os aspectos culturais nomeadamente a utilização de

adubos fosfatados ou sulfatados onde o As pode estar incluído em quantidades significativas.

5.3.11 – Pimento

O pimento apresenta valores de background intermédios (tabela 5.1), todavia a sua capacidade de bioindicação parece ser reduzida (tabela 5.2). Os resultados indicam um baixo grau de bioindicação para o Cr e os valores mais elevados verificam-se na Chibia. Apesar desta área se situar muito próximo da área de rochas básicas se este a estivesse a indicar seria mais espectável que tal acontecesse na Quihita, facto que não se verifica, pelo que estes resultados parecem inconclusivos.

5.3.12 – Tomate

As concentrações de background para o tomate (tabela 5.1) demonstram uma fraca acumulação para relativamente todos os elementos, excepção feita ao Fe cujos valores são relativamente elevados para um fruto. Quanto à sua capacidade de indicação esta espécie tem boa capacidade de bioindicação para o As (tabela 5.2) cujos valores mais elevados se encontram na Humpata. Já para outras espécies isto vem a acontecer o que pode ser justificado por práticas agrícolas que incluem fertilizantes sulfatados ou fosfatados e nos quais o As constitui uma impureza ou a presença de mineralização de sulfuretos relacionada com rochas vulcânicas do complexo da Chela. Os restantes elementos que mostram alguma capacidade de bioacumulação são o Ni e o Pb. Contudo, para estes elementos as maiores concentrações encontram-se no Lubango o que pode ser encarado como podendo ser contaminação antropogénica, nomeadamente atmosférica.

CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES

Como conclusão fundamental verificamos que os vegetais que amostramos não apresentam um significativo enriquecimento em elementos tóxicos e as concentrações estão dentro dos valores normais encontrados na bibliografia.

Verifica-se também que as espécies de folhosas comestíveis são as que mais acumulam a generalidade dos elementos analisados comparativamente com os tubérculos, caules ou frutos.

Uma segunda conclusão é que a resposta ao excesso de determinados elementos nos solos pode ser detectada por várias espécies de vegetais. Assim: a abóbora pode ser indicadora de As, Ni e Pb; o agrião pode ser indicador de Cr, Fe, Ni, Pb; a alface pode indicar As e Pb; a cebola pode indicar Co, Cr, Cu, Ni e Mn; a Jimboa parece ser uma importante indicadora de toda contaminação das águas e principalmente do As; A mandioca pode ser indicadora de As; e o tomate é indicador de As, Ni e Pb.

Com as espécies analisadas pode-se concluir que a constituição química da cebola reflecte perfeitamente as condições do solos de cultivo como é o caso dos solos básicos sobre o complexo gabroico.

As concentrações de As e Pb na abóbora, alface e tomate parecem indicar a possível existência de mineralizações de sulfuretos presentes no complexo da Chela.

As folhas de abóbora e jimboa parecem indicar contaminação atmosférica ou de condições culturais nas proximidades do Lubango e Chibia.

A concentração de As na mandioca do Hoque poderá estar relacionada ou com contaminação antrópica ou com mineralizações nos granitos.

A variação sazonal não apresenta uma tendência importante para a maioria dos vegetais analisados sendo mais significativa para as espécies folhosas.

BIBLIOGRAFIA

- Abernathy C. O, Cantilli, R, Du J.T., (1993). Essentiality versus toxicity: some considerations in the risk assessment of essential trace elements. *Hazard Assess. Chem.* 8: 81–113.
- Alleoni. L. R. F., Borba. R. P., Camargo, O. A., (2005). Metais pesados: da cosmogênese aos solos brasileiros. *In: Vidal-Torrado, P.; Alleoni, I.R.F.; Cooper, M.; Silva, A.P.; Cardoso, E.J. Tópicos de ciência do solo, vol.4. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.1-42.*
- Andreoli, C. V., de lara I., Fernandes, F., (2001). *Reciclagem de biossólidos: Transformando problemas em soluções. 2.ed. Curitiba: Sanepar, Finep, 2001. 288 p.*
- Anke, M., Illing-Günther, H., Anke, S., Müller, R., (2003). Vanadium – an essential and toxic element? 4th Intern. Symp. Trace Elements in Human, new persp, Enthyopsis, Athens, 2:1120–1153.
- Baptista, E. S., (2010). Caracterização hidrogeológica e medidas de protecção das captações da Bombagem e da Tundavala, Lubango, Angola. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, Departamento de Ciências da Terra, FCT, Universidade de Coimbra.
- Bowen, H.T.M, (1979). *Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London.*
- Brooks, R.R. (1983) *Biological Methods of Prospecting for Minerals. New York, Wiley-Interscience, 313 p.*
- Calderon J, Ortiz-Perez D, Yanez I, Diaz-Barriga F., (2003). Human Exposure to metals. Pathways of exposure, biomarkers of effect, and host factors. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 56(1): 93–103.*
- Camargo, O.A., Alleoni, L.R.F., Casagrande, J.C., (2001) Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. *In: Ferreira, M.E. et al. (Ed.). Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq; FAPESP; POTAFOS, 599p.*
- Cardoso, I. M. N., Chasin, A. A. M., (2001). *Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. Salvador: CRA - Centro de Recursos Ambientais.*

- Chen, Z.S., Mutoh, M., Sumizawa, T., Furukawa, T., Haraguchi, M., Tani, A e Akiyama, S., (1997) reversal of heavy metals resistance in multidrug-resistant human kb carcinoma cells. *Biochem. Biophysic Res. Comm.*, 236:586–590.
- Correia, H. (1976) O Gupo Chela e a Formação Leba como Novas Unidades Litoestratigráficas resultantes da Redefinição da Formação da Chela na Região do Planalto da Humpata (Sudoeste de Angola). Separata do Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, vol. XX. 72,84 pp.
- Cui, Y. J, Zhu, Y. G, Zhai, R. H, Chen, D. Y, Huang Y. Z, Qiu Y et al., (2004). Transfer of metals from soil to vegetables In an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*, 30(6): 785–791.
- Dauchy, X., Potin-Gautier, M., Astruc, A., Astruc, M., (1994) Analytical methods for the speciation of selenium compounds: a review. *Fresenius J. Anal. Chem.* 348:792–805
- Davydova, S. (2005). Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal*, 79(1-2): 133–136.
- Dinis, A. Castanheira, (2006). Características mesológicas de Angola. Descrição e correlação dos aspectos fisiográficos, dos solos e da vegetação das zonas agrícolas angolanas. Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, 2ª ed., Lisboa, 546 p.
- Duffus, J., (2002). Heavy metals”—a meaningless term? Prepared for publication by *Pure Appl. Chem.*, vol. 74, no. 5, p.793–807.
- Floriańczyk, B., Grzybowska, I., (2006). Concentraton of metallothionein and microelements in breast cancer. *Polish J. Environ. Stud.* 15(2a):69–71.
- Fonseca, A. F. A. (1986). Avaliação do comportamento de cultivares de pimentão (*capsicum annum* l.) em Rondônia. Porto Velho: Embrapa, 1986. 6.p.
- Guimarães, G. A., (2005). Aspectos ambientais e toxicológicos dos metais pesados (on line) disponível no site: www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=resíduos/index.php3&conteúdo=./resíduos/ar
- Hasumi, M., Suzuki, K., Matsui, H., Koike, H., Ito, K., Yamanaka, H., (2003). Regulation of metallothionein and zinc transporter expression in human prostate cancer cells and tissues, *Cancer Letters*, 200:187–195.

- Isaac, A.M.R.S., (2013). Caracterização física do sector intermédio da bacia hidrográfica do rio Ngolo, Lubango, Angola. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, Departamento de Ciências da Terra, FCT, Universidade de Coimbra.
- Jarup, I., (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68: 167–182.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001). Trace elements in soils and plants – 3^a ed. Boca Raton, Florida: CRC Press. 315p.
- Kabata-Pendias, A., Terelak, H., (2004). Regional variation of trace elements (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) contents of native grassland grasses in Poland. 3rd Intern. Conf. Heavy Metals Radionuclides and Elements - Biofills in the Environment, Semipalatinsk, Kazakhstan, 1, pp 28–33.
- Kabata-Pendias, A.; Mukherjee, A B. (2007). Trace elements from soil to human. Springer-Verlag, Berlin, 549 p
- Kalukembe, A., (2010). Caracterização e avaliação espacial das formações carbonatadas do planalto da Humpata. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, Departamento de Ciências da Terra, FCT, Universidade de Coimbra.
- Levi, S., (2010). Biomonitorização de elementos vestigiais nas águas da envolvente da cidade do Lubango – Angola. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, Departamento de Ciências da Terra, FCT, Universidade de Coimbra.
- Li Y, Wang Y B, Gou X, Su Y B, Wang G., (2006). Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China. *Journal of Environmental Sciences*, 18(6): 1124–1134.
- Lima, J.S., (2002). Apostila do Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- McDowell, I.R.; Conrad, J.H.; Hembry, F.G. (1993). Minerals for grazing ruminants in tropical regions. 2.ed. Gainesville: University of Florida. 77p.
- Medeiros, C. A., (1976) A colonização das terras altas da Huíla, Angola: estudo de geografia humana, Memórias do Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 705 p.

- Mengel, K., Kirkby, E. A., (1987) Principles of plant nutrition, 4^a ed., International Potash Institute, IPI, Bern: 687 p.
- Oliveira, T.S. (1996) Metais pesados como indicadores de materiais de origem de solos. Tese e doutoramento - Universidade Federal de Viçosa, 128p.
- PDM-Chibia, (2006) Plano de Desenvolvimento Municipal - 2007/2009. Administração da Chibia.
- Pereira, E., Tassinari, C.C.G., Rodrigues, J.F. , Van-Dúnem, M.V., (2011).
Novos dados sobre a idade da sequência vulcano-sedimentar do Grupo Chela e do soco granítico subjacente: implicações na evolução Crustal pós-Eburneana do SW de Angola. Comunicações Geológicas, 98, 29-40, LNEG
- Plumlee, G.S, Ziegler T.I., (2003). The medical geochemistry of dusts, soils, and other earth materials. Treatise on Geochemistry 9: 263–310
- Rengel, Z., Römheld, V. e Marschner, H., (1998). Uptake of zinc and iron by wheat genotype differing in zinc deficiency. J. Plant Physiol. 52:433–438
- Roychowdhury T, Tokunaga H, Ando M., (2003). Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic-affected area of west Bengal, India. Science of the Total Environment, 308(1-3): 15–35.
- Santa-Maria G. E, e Cogliatti D. H, (1998). The regulation of zinc uptake in wheat plants. Plant Sci., 137:1–12
- Schaumlöffel D, Szpunar J e Ôobiôski R, (2004). Species-selective analysis for metals and metalloids in plants. In: Prasad, MNV (ed) Heavy metal stress in plants: from biomolecules to ecosystem. 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp:409–433
- Shibita, Y., Morita, M., Fuwa, K., (1992) Selenium and arsenic in biology: their chemical forms and biological functions. Adv. Biophys., 18:31–80
- Silva, M. A. G., Boaretto, A. E., Melo, A. M. T., Fernandes, H. M. G., Scivittaro, W. B., (1999). Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. Scientia Agricola. V. 56, n. 4, p. 1119-1207, suplemento, Piracicaba.
- Sinfic (2007) – Plano de desenvolvimento, província da Huíla (caracterização Ambiental).

Vale, F.S. (1971) – Carta Geológica e Notícia explicativa da folha 336 (Sá da Bandeira), à escala 1:100 000, da carta geológica de Angola. Serviços de Geologia e Minas, Luanda, 36 p.

Vale, F.S. (1973a) – Notícia explicativa da folha 355 (Humpata - Cainde), à escala 1:100 000, da Carta Geológica de Angola. Serviços de Geologia e Minas, Luanda, 45 p.

Vale, F.S. (1973b) – Notícia explicativa da folha 356 (Vila João de Almeida), à escala 1:100 000, da carta geológica de Angola. Serviços de Geologia e Minas, Luanda, 42 p.

Sítios na Web

http://practicalplants.org/wiki/amaranthus_hybridus

http://kokopelli-seed-foundation.com/actu/new_news.cgi?id_news=68

<http://eko.ch.pw.edu.pl/kons/aimzs.doc> o banco de dados)

ANEXOS

Anexo 1. Média e desvio padrão, da quantidade de cada elemento absorvido por cada espécie nos diferentes locais.

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Agrião 1	Humpata	0,468	3,686	4,780	26,925	342,940	1,864	119,590	5,960	84,058	68,246
Agrião 1	Lubango	0,067	1,774	0,499	13,192	155,644	1,083	288,212	0,802	0,050	68,053
Agrião 1	Mangueiras	0,353	3,215	0,410	8,639	1445,332	2,595	240,585	12,373	0,534	59,668
Agrião 2	Chibia	0,082	0,500	0,167	10,503	122,213	0,241	130,180	0,810	0,162	53,985
Agrião 2	Hoque	0,073	1,032	0,155	5,384	1223,804	0,381	351,182	0,386	0,521	54,569
Agrião 2	Lubango	0,003	0,582	0,219	9,356	109,760	0,035	134,103	2,623	0,195	79,351
	Chibia	0,082	0,500	0,167	10,503	122,213	0,241	130,180	0,810	0,162	53,985
	Hoque	0,073	1,032	0,155	5,384	1223,804	0,381	351,182	0,386	0,521	54,569
	Humpata	0,468	3,686	4,780	26,925	342,940	1,864	119,590	5,960	84,058	68,246
	Lubango	0,035	1,178	0,359	11,274	132,702	0,559	211,157	1,712	0,122	73,702
	Mangueiras	0,353	3,215	0,410	8,639	1445,332	2,595	240,585	12,373	0,534	59,668
	média	0,174	1,798	1,038	12,333	566,616	1,033	210,642	3,826	14,253	63,979
	dp	0,189	1,365	1,838	7,587	604,843	1,018	97,250	4,672	34,198	9,779

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Alface 1	Chibia	0,037	0,517	0,158	11,591	213,149	0,500	215,298	4,147	2,198	61,701
Alface 1	Hoque	0,109	0,365	0,201	10,650	304,828	0,298	161,599	8,276	1,969	56,599
Alface 1	Humpata	0,018	1,443	0,200	9,696	445,789	0,513	174,192	0,760	1,390	59,857
Alface 1	Lubango	0,014	0,134	0,840	14,276	282,272	0,874	659,145	3,587	7,433	89,838
Alface 1	Mangueiras	4,722	0,320	0,208	12,264	372,952	0,848	83,289	0,969	13,557	38,585
Alface 2	Chibia	0,204	0,649	0,298	6,405	1169,949	0,895	119,030	5,574	5,189	34,686
Alface 2	Humpata	0,178	0,519	0,069	7,287	183,583	0,429	690,219	0,394	0,025	41,525
Alface 2	Lubango	0,038	0,115	0,222	6,217	416,620	0,367	476,000	1,297	1,732	75,370
Alface 2	Quihita	0,148	0,201	0,498	8,824	358,623	0,579	81,718	0,891	1,362	47,805
	Chibia	0,121	0,583	0,228	8,998	691,549	0,697	167,164	4,860	3,694	48,193
	Hoque	0,109	0,365	0,201	10,650	304,828	0,298	161,599	8,276	1,969	56,599
	Humpata	0,098	0,981	0,134	8,491	314,686	0,471	432,205	0,577	0,707	50,691
	Lubango	0,026	0,124	0,531	10,246	349,446	0,621	567,573	2,442	4,583	82,604
	Mangueiras	4,722	0,320	0,208	12,264	372,952	0,848	83,289	0,969	13,557	38,585
	Quihita	0,148	0,201	0,498	8,824	358,623	0,579	81,718	0,891	1,362	47,805
	Média	0,608	0,473	0,299	9,690	416,418	0,589	295,610	2,877	3,873	56,218
	dp	1,544	0,407	0,234	2,774	295,778	0,228	245,351	2,722	4,279	18,034

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Beringela 1	Chibia	0,181	0,113	0,241	11,586	38,335	0,250	36,826	0,392	0,481	21,830
Beringela 1	Hoque	0,162	0,639	0,025	2,895	67,870	0,320	41,070	0,400	1,138	10,355
Beringela 1	Humpata	0,074	0,010	0,069	7,404	63,327	0,258	81,137	0,398	0,062	12,572
Beringela 1	Lubango	0,027	0,156	0,587	5,824	50,412	0,106	42,764	3,012	1,659	13,512
Beringela 1	Mangueiras	0,081	0,801	0,054	6,463	85,415	0,257	22,385	0,331	0,584	13,555
Beringela 2	Chibia	0,078	0,530	0,046	9,692	52,392	0,551	29,096	0,334	1,155	13,176
Beringela 2	Hoque	0,148	0,149	0,027	7,404	31,894	0,460	44,272	0,290	0,715	13,675
Beringela 2	Lubango	0,169	0,438	0,069	3,869	44,604	0,565	67,401	5,821	1,966	8,262
Beringela 2	Mangueiras	0,107	0,254	0,332	10,877	49,838	0,808	14,644	1,190	3,407	16,646
Beringela 2	Quihita	0,047	0,157	0,104	9,330	46,315	0,206	33,410	1,176	0,848	16,208
	Chibia	0,130	0,322	0,143	10,639	45,364	0,401	32,961	0,363	0,818	17,503
	Hoque	0,155	0,394	0,026	5,150	49,882	0,390	42,671	0,345	0,926	12,015
	Humpata	0,074	0,010	0,069	7,404	63,327	0,258	81,137	0,398	0,062	12,572
	Lubango	0,098	0,297	0,328	4,847	47,508	0,335	55,083	4,416	1,813	10,887
	Mangueiras	0,094	0,528	0,193	8,670	67,626	0,532	18,514	0,760	1,996	15,100
	Quihita	0,047	0,157	0,104	9,330	46,315	0,206	33,410	1,176	0,848	16,208
	Média	0,107	0,325	0,155	7,534	53,040	0,378	41,301	1,334	1,202	13,979
	dp	0,055	0,262	0,182	2,878	15,532	0,213	19,941	1,786	0,956	3,692

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Batata Doce 1	Chibia	0,001	0,098	0,226	7,811	47,825	0,903	23,450	4,354	1,850	6,465
Batata Doce 1	Hoque	0,155	0,663	0,297	5,496	48,245	1,033	32,874	2,521	1,456	3,312
Batata Doce 1	Humpata	0,062	0,117	0,090	7,037	63,522	0,907	98,728	2,136	1,615	9,858
Batata Doce 1	Lubango	0,069	0,318	0,602	4,984	44,317	0,682	41,838	2,636	2,587	4,076
Batata Doce 2	Chibia	0,163	0,517	0,772	4,326	38,164	0,446	10,873	3,520	1,561	10,237
Batata Doce 2	Hoque	0,109	0,109	0,431	4,146	30,734	0,424	28,889	4,423	1,077	3,501
Batata Doce 2	Humpata	0,197	0,554	0,297	7,401	42,564	1,225	42,411	0,395	3,380	8,903
Batata Doce 2	Lubango	0,017	0,306	0,840	4,408	21,839	0,421	22,282	0,351	2,170	3,104
Batata Doce 2	Mangueiras	0,189	0,288	0,152	4,251	34,215	0,733	50,555	1,899	1,665	5,235
	Chibia	0,082	0,307	0,499	6,068	42,995	0,674	17,161	3,937	1,706	8,351
	Hoque	0,132	0,386	0,364	4,821	39,490	0,728	30,881	3,472	1,266	3,406
	Humpata	0,129	0,336	0,194	7,219	53,043	1,066	70,570	1,266	2,498	9,381
	Lubango	0,043	0,312	0,721	4,696	33,078	0,552	32,060	1,494	2,378	3,590
	Mangueiras	0,189	0,288	0,152	4,251	34,215	0,733	50,555	1,899	1,665	5,235
	Média	0,107	0,330	0,412	5,540	41,270	0,753	39,100	2,471	1,929	6,077
	dp	0,073	0,208	0,270	1,480	11,967	0,288	25,428	1,489	0,694	2,906

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Cebola 1	Chibia	0,108	0,423	0,138	5,941	91,652	0,471	32,954	1,619	1,664	16,441
Cebola 1	Hoque	0,077	0,037	0,266	3,382	75,758	0,177	33,736	0,294	0,591	21,239
Cebola 1	Humpata	0,115	0,502	0,113	5,622	54,284	0,162	12,195	0,302	0,665	13,160
Cebola 1	Lubango	0,209	0,164	0,078	4,470	48,241	0,500	43,658	0,392	0,790	20,697
Cebola 1	Mangueiras	0,099	0,265	0,271	4,577	76,409	0,218	18,333	5,039	1,249	18,909
Cebola 1	Quihita	0,046	0,442	0,365	2,057	71,789	0,039	62,201	3,503	0,139	44,492
Cebola 2	Chibia	0,019	0,271	0,157	6,959	67,641	0,295	10,852	3,602	0,769	13,488
Cebola 2	Hoque	0,048	0,447	0,008	3,265	32,232	0,069	20,421	5,109	0,022	19,823
Cebola 2	Humpata	0,015	0,075	0,876	5,734	83,526	0,547	43,316	0,398	0,725	34,317
Cebola 2	Lubango	0,216	0,427	0,108	2,186	86,033	0,415	249,592	1,176	1,514	29,678
Cebola 2	Mangueiras	0,432	0,066	0,201	3,746	107,391	0,420	67,947	0,571	0,025	7,685
Cebola 2	Quihita	0,027	1,260	1,389	10,826	81,982	0,124	38,375	9,827	0,483	53,330
	Chibia	0,064	0,347	0,147	6,450	79,646	0,383	21,903	2,610	1,217	14,965
	Hoque	0,063	0,242	0,137	3,323	53,995	0,123	27,078	2,701	0,306	20,531
	Humpata	0,065	0,288	0,495	5,678	68,905	0,355	27,755	0,350	0,695	23,739
	Lubango	0,213	0,295	0,093	3,328	67,137	0,458	146,625	0,784	1,152	25,187
	Mangueiras	0,266	0,165	0,236	4,161	91,900	0,319	43,140	2,805	0,637	13,297
	Quihita	0,036	0,851	0,877	6,442	76,886	0,081	50,288	6,665	0,311	48,911
	Média	0,118	0,365	0,331	4,897	73,078	0,286	52,798	2,653	0,720	24,438
	dp	0,120	0,327	0,402	2,406	20,375	0,178	64,547	2,918	0,539	13,584

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Cenoura 1	Chibia	0,198	0,058	0,277	2,347	67,441	0,035	25,852	0,484	2,428	7,617
Cenoura 1	Hoque	0,130	0,792	0,187	1,946	39,174	0,539	18,597	1,662	0,237	8,849
Cenoura 1	Hoque	0,054	0,629	0,092	2,243	54,640	0,134	24,161	2,085	0,024	11,594
Cenoura 1	Humpata	0,004	0,404	0,129	5,260	103,814	0,386	55,961	0,355	0,638	13,340
Cenoura 1	Lubango	0,027	0,429	0,060	5,689	69,345	0,281	52,142	0,388	0,503	23,352
Cenoura 1	Mangueiras	2,045	3,544	0,072	2,891	119,493	1,294	34,939	2,203	0,619	5,149
Cenoura 2	Chibia	0,328	0,072	0,667	9,759	43,486	0,222	14,271	6,304	1,138	50,297
Cenoura 2	Hoque	0,009	0,786	0,024	4,390	50,843	0,105	30,283	1,886	0,549	32,000
Cenoura 2	Humpata	0,173	0,249	0,164	3,449	28,894	0,386	29,394	0,364	0,738	7,929
Cenoura 2	Lubango	0,143	0,229	0,132	3,040	56,602	0,368	32,856	0,409	1,119	15,732
Cenoura 2	Mangueiras	0,017	0,091	0,702	6,073	113,710	0,055	68,600	3,076	0,446	28,731
Cenoura 2	Quihita	0,061	0,408	0,474	6,180	55,805	0,233	33,086	5,611	1,313	31,948
	Chibia	0,263	0,065	0,472	6,053	55,463	0,129	20,061	3,394	1,783	28,957
	Hoque	0,064	0,735	0,101	2,860	48,219	0,259	24,347	1,878	0,270	17,481
	Humpata	0,088	0,327	0,147	4,354	66,354	0,386	42,677	0,359	0,688	10,635
	Lubango	0,085	0,329	0,096	4,365	62,973	0,325	42,499	0,399	0,811	19,542
	Mangueiras	1,031	1,817	0,387	4,482	116,602	0,674	51,770	2,639	0,533	16,940
	Quihita	0,061	0,408	0,474	6,180	55,805	0,233	33,086	5,611	1,313	31,948
	Média	0,266	0,641	0,248	4,439	66,937	0,337	35,012	2,069	0,813	19,711
	dp	0,569	0,949	0,236	2,276	29,733	0,338	16,023	2,037	0,631	13,712

Amostra	Local	As mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Li mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Feijão 1	Chibia	0,107	0,331	0,115	6,561	46,532	0,184	22,159	0,301	0,019	25,158
Feijão 1	Hoque	0,367	0,428	0,177	7,468	57,030	0,251	42,303	2,676	0,808	52,223
Feijão 1	Humpata	0,015	0,295	0,180	6,888	44,880	0,057	26,087	0,306	0,019	21,690
Feijão 1	Lubango	0,070	0,165	0,036	7,061	116,405	0,199	74,747	0,431	3,909	31,265
Feijão 1	Mangueiras	0,020	0,503	0,044	10,570	51,748	0,298	27,863	3,517	1,404	35,818
Feijão 1	Quihita	0,059	1,009	0,252	3,934	36,384	0,654	48,824	4,628	0,975	14,355
Feijão 2	Chibia	0,238	0,085	0,290	6,966	35,722	0,216	22,701	0,455	1,060	24,602
Feijão 2	Hoque	0,007	0,055	0,320	9,145	55,268	0,321	32,227	2,800	0,046	39,298
Feijão 2	Humpata	0,043	0,650	0,090	9,036	47,906	0,203	37,332	0,704	0,023	23,730
Feijão 2	Lubango	0,081	0,370	0,098	3,956	35,742	0,062	42,846	2,735	0,474	24,902
Feijão 2	Mangueiras	0,003	0,145	0,114	7,329	65,622	0,085	28,667	0,341	0,122	30,011
Feijão 2	Quihita	0,070	0,144	0,152	8,867	53,935	0,262	27,466	2,134	0,608	25,056
	Chibia	0,172	0,208	0,203	6,763	41,127	0,200	22,430	0,378	0,539	24,880
	Hoque	0,187	0,242	0,249	8,307	56,149	0,286	37,265	2,738	0,427	45,761
	Humpata	0,029	0,472	0,135	7,962	46,393	0,130	31,709	0,505	0,021	22,710
	Lubango	0,076	0,268	0,067	5,509	76,074	0,131	58,796	1,583	2,191	28,083
	Mangueiras	0,012	0,324	0,079	8,950	58,685	0,192	28,265	1,929	0,763	32,914
	Quihita	0,064	0,577	0,202	6,401	45,160	0,458	38,145	3,381	0,792	19,706
	Média	0,090	0,348	0,156	7,315	53,931	0,233	36,102	1,752	0,789	29,009
	dp	0,108	0,275	0,092	1,977	21,740	0,159	14,856	1,513	1,092	9,817

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
L. Abóbora 1	Chibia	0,226	1,035	0,509	18,052	223,129	0,521	85,851	0,613	0,668	93,474
L. Abóbora 1	Hoque	0,110	0,471	0,193	8,687	410,646	0,403	300,185	1,214	0,059	36,234
L. Abóbora 1	Humpata	0,756	1,061	0,023	5,454	156,475	0,554	765,184	17,642	0,736	81,163
L. Abóbora 1	Lubango	0,050	0,461	0,072	6,296	190,753	0,165	164,886	2,607	0,022	39,613
L. Abóbora 1	Quihita	0,163	0,284	0,515	16,710	104,549	0,357	129,141	2,838	0,038	37,729
L. Abóbora 2	Chibia	0,155	0,087	0,923	9,597	235,660	0,372	137,430	0,894	2,315	41,065
L. Abóbora 2	Hoque	0,038	0,062	0,626	8,241	421,094	0,417	146,176	3,435	2,695	46,119
L. Abóbora 2	Humpata	0,173	0,493	0,198	12,903	648,507	0,684	127,581	1,497	3,862	35,981
L. Abóbora 2	Lubango	0,139	0,871	0,828	9,265	712,393	0,784	159,280	2,509	6,267	58,096
L. Abóbora 2	Quihita	0,162	0,368	0,246	7,899	1231,045	0,823	198,175	0,387	0,024	25,024
	Chibia	0,190	0,561	0,716	13,825	229,394	0,447	111,641	0,754	1,491	67,269
	Hoque	0,074	0,267	0,409	8,464	415,870	0,410	223,181	2,325	1,377	41,176
	Humpata	0,465	0,777	0,110	9,178	402,491	0,619	446,382	9,570	2,299	58,572
	Lubango	0,095	0,666	0,450	7,781	451,573	0,475	162,083	2,558	3,145	48,855
	Quihita	0,162	0,326	0,381	12,305	667,797	0,590	163,658	1,613	0,031	31,377
	Média	0,197	0,519	0,413	10,310	433,425	0,508	221,389	3,364	1,669	49,450
	dp	0,204	0,360	0,314	4,238	347,697	0,207	199,415	5,122	2,107	21,825

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Jimboa 1	Chibia	0,092	0,499	1,757	6,672	104,056	1,046	55,951	0,829	3,788	56,702
Jimboa 1	Hoque	0,041	0,071	0,586	8,137	236,768	0,355	68,725	5,280	4,750	48,915
Jimboa 1	Humpata	0,083	0,521	0,297	8,577	119,821	0,555	272,284	2,434	1,222	15,167
Jimboa 2	Chibia	0,622	0,276	2,628	4,743	462,857	0,555	56,955	2,020	0,712	42,863
Jimboa 2	Humpata	0,156	0,199	1,485	6,408	351,502	0,425	56,816	0,913	1,662	45,240
Jimboa 2	Lubango	0,096	0,309	0,422	7,423	205,318	0,399	144,929	5,066	1,419	74,606
Jimboa 2	Quihita	0,114	0,447	0,317	8,871	110,789	0,218	88,895	4,425	0,397	51,014
	Chibia	0,357	0,388	2,192	5,708	283,457	0,801	56,453	1,424	2,250	49,782
	Hoque	0,041	0,071	0,586	8,137	236,768	0,355	68,725	5,280	4,750	48,915
	Humpata	0,120	0,360	0,891	7,493	235,662	0,490	164,550	1,673	1,442	30,204
	Lubango	0,096	0,309	0,422	7,423	205,318	0,399	144,929	5,066	1,419	74,606
	Quihita	0,114	0,447	0,317	8,871	110,789	0,218	88,895	4,425	0,397	51,014
	Média	0,172	0,332	1,070	7,262	227,302	0,508	106,365	2,995	1,993	47,787
	dp	0,201	0,167	0,903	1,445	136,505	0,265	79,767	1,908	1,635	17,819

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mandioca 1	Chibia	0,019	0,135	0,692	3,027	17,855	0,325	20,962	1,706	7,957	4,558
Mandioca 1	Hoque	0,102	0,070	0,688	2,713	36,848	0,517	13,516	3,342	3,516	7,923
Mandioca 2	Chibia	0,137	0,597	0,890	1,446	14,407	0,552	10,540	0,384	1,062	6,562
Mandioca 2	Hoque	0,964	0,568	0,474	3,150	18,686	0,626	60,203	0,394	14,829	8,192
Mandioca 2	Humpata	0,165	0,255	0,843	2,619	15,587	0,403	3,343	2,125	3,686	12,262
Mandioca 2	Lubango	0,056	0,361	0,856	3,135	18,524	0,349	16,494	0,358	1,091	25,268
	Chibia	0,078	0,366	0,791	2,236	16,131	0,439	15,751	1,045	4,509	5,560
	Hoque	0,533	0,319	0,581	2,931	27,767	0,572	36,860	1,868	9,173	8,058
	Humpata	0,165	0,255	0,843	2,619	15,587	0,403	3,343	2,125	3,686	12,262
	Lubango	0,056	0,361	0,856	3,135	18,524	0,349	16,494	0,358	1,091	25,268
	Média	0,240	0,331	0,740	2,681	20,318	0,462	20,843	1,385	5,357	10,794
	dp	0,358	0,219	0,156	0,644	8,276	0,121	20,170	1,226	5,278	7,529

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Pimento 1	Chibia	0,157	0,641	0,621	13,793	78,061	0,327	91,560	0,873	2,317	19,920
Pimento 1	Hoque	0,032	0,522	0,163	9,420	93,078	0,049	27,345	0,396	0,860	14,853
Pimento 1	Humpata	0,162	0,786	0,071	3,565	90,158	0,545	26,943	0,990	1,346	10,067
Pimento 1	Lubango	0,030	0,251	0,148	12,680	69,809	0,142	46,134	1,065	0,101	18,022
Pimento 1	Mangueiras	0,216	0,660	0,157	9,717	91,567	0,378	34,844	0,352	0,572	18,405
Pimento 2	Hoque	0,031	0,252	0,053	3,576	57,334	0,247	26,359	0,550	0,020	11,189
Pimento 2	Humpata	0,314	0,184	0,090	6,799	53,798	1,144	46,329	0,565	1,889	11,445
Pimento 2	Mangueiras	0,149	0,060	0,173	16,674	78,419	0,627	49,383	0,852	0,452	22,742
Pimento 2	Quihita	0,085	0,353	0,102	12,037	94,158	0,061	30,528	0,910	1,119	21,591
	Chibia	0,157	0,641	0,621	13,793	78,061	0,327	91,560	0,873	2,317	19,920
	Hoque	0,032	0,387	0,108	6,498	75,206	0,148	26,852	0,473	0,440	13,021
	Humpata	0,238	0,485	0,080	5,182	71,978	0,845	36,636	0,777	1,617	10,756
	Lubango	0,030	0,251	0,148	12,680	69,809	0,142	46,134	1,065	0,101	18,022
	Mangueiras	0,182	0,360	0,165	13,196	84,993	0,502	42,113	0,602	0,512	20,574
	Quihita	0,085	0,353	0,102	12,037	94,158	0,061	30,528	0,910	1,119	21,591
	Média	0,131	0,412	0,175	9,807	78,487	0,391	42,158	0,728	0,964	16,470
	dp	0,097	0,249	0,173	4,518	15,404	0,346	20,662	0,265	0,784	4,748

Amostra	Local	As	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Tomate 1	Chibia	0,115	0,918	0,053	12,426	123,807	0,279	35,552	7,817	0,813	28,238
Tomate 1	Hoque	0,001	0,139	0,235	6,936	159,094	0,282	70,397	7,392	0,287	42,808
Tomate 1	Hoque	0,062	0,200	0,223	6,125	157,951	0,269	23,449	0,579	0,503	16,191
Tomate 1	Humpata	0,039	0,081	0,223	8,350	128,734	0,258	32,929	1,261	2,285	15,258
Tomate 1	Lubango	0,008	0,463	0,629	8,438	146,548	0,300	30,673	1,764	2,460	23,104
Tomate 1	Lubango	0,141	0,515	0,235	6,902	68,627	0,409	36,717	1,255	1,183	19,501
Tomate 1	Mangueiras	0,176	0,759	0,100	7,292	145,818	0,594	28,952	1,692	0,278	15,251
Tomate 1	Quihita	0,024	0,070	0,256	11,638	108,803	0,309	43,987	0,399	0,025	26,739
Tomate 2	Chibia	0,025	0,570	0,105	3,111	59,178	0,284	51,102	0,356	0,489	9,996
Tomate 2	Hoque	0,069	0,738	0,163	6,626	94,743	0,174	29,074	0,348	0,582	24,522
Tomate 2	Humpata	1,933	0,231	0,850	1,888	113,467	0,636	76,981	0,371	1,388	18,802
Tomate 2	Lubango	0,169	0,198	0,028	8,178	73,397	0,072	21,684	3,561	6,221	14,245
Tomate 2	Mangueiras	0,078	0,470	0,166	13,294	155,168	0,673	35,307	3,398	0,587	24,995
	Chibia	0,070	0,744	0,079	7,769	91,492	0,282	43,327	4,086	0,651	19,117
	Hoque	0,044	0,359	0,207	6,562	137,263	0,242	40,973	2,773	0,457	27,840
	Humpata	0,986	0,156	0,537	5,119	121,101	0,447	54,955	0,816	1,836	17,030
	Lubango	0,106	0,392	0,297	7,840	96,191	0,260	29,691	2,193	3,288	18,950
	Mangueiras	0,127	0,614	0,133	10,293	150,493	0,633	32,129	2,545	0,433	20,123
	Quihita	0,024	0,070	0,256	11,638	108,803	0,309	43,987	0,399	0,025	26,739
	Média	0,218	0,412	0,251	7,785	118,103	0,349	39,754	2,322	1,315	21,511
	dp	0,518	0,281	0,233	3,293	35,281	0,180	17,006	2,580	1,653	8,432