

LEIDIVAM PEREIRA VIEIRA

**ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES E METAIS PESADOS EM SOLO,
ÁGUA E HORTALIÇAS EM ÁREAS CULTIVADAS COM
OLERÍCOLAS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO**

Recife, 2011

LEIDIVAM PEREIRA VIEIRA

**ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES E METAIS PESADOS EM SOLO, ÁGUA
E HORTALIÇAS EM ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO
AGRESTE DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Izabel Cristina de Luna Galindo

Co-orientadores: Prof. Dr. Clístenes Williams Araújo do Nascimento

Prof. Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho

Recife, 2011

Ficha catalográfica

V657a Vieira, Leidivam Pereira
 Acumulação de nutrientes e metais pesados em solo,
 água e hortaliças em áreas cultivadas com olerícolas no
 agreste de Pernambuco / Leidivam Pereira Vieira. -- 2011.
 114 f. : il.

 Orientador: Izabel Cristina de Luna Galindo.
 Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –
 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
 de Agronomia, Recife, 2011.
 Referências.

 1. Solos – Contaminação 2. Poluição difusa 3. Eutrofização
 I. Galindo, Izabel Cristina de Luna II. Título

CDD 631.4

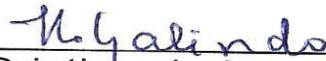
LEIDIVAM PEREIRA VIEIRA

**ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES E METAIS PESADOS EM SOLO, ÁGUA E
HORTALIÇAS EM ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO AGRESTE DE
PERNAMBUCO**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Dissertação defendida e aprovada em 21 de Fevereiro de 2011

BANCA EXAMINADORA



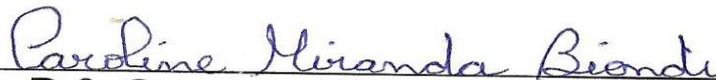
Dr^a. Izabel Cristina de Luna Galindo
(DEPA/UFRPE)
Presidenta



Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho
(DEPA/UFRPE)
Examinador



Dr^a. Arminda Saconni Messias
(UNICAP)
Examinadora



Dr^a. Caroline Miranda Biondi
(DEPA/UFRPE)
Examinadora

“Pior do que trabalhar a vida inteira é passar pela vida sem ter feito nada...”

Raimundo Cosme Vieira

Aos meus pais, **Raimundo Cosme Vieira e Maria Pereira Vieira**,
Pelas pessoas de honra que são e pela educação honrosa dada a nossa família.

A minha querida esposa, **Ana Clarisse Pereira de Sousa**,
Pelo companheirismo e cumplicidade dedicada a mim.

As minhas lindas filhas, **Anna Valentina e Esther Katharine**,
Por serem o motivo e combustível da minha humilde vida.

Aos meus sogros, **Eliziário Pereira de Sousa e Irene M^a de Oliveira Pereira**,
Por serem também meus "PAIS", pela confiança depositada em mim e por servirem de mais uma referência de caráter e amor ao próximo.

In memória a "TI NÊM- severino Pereira dos Reis", e aos meus avôs "Silvino Cosme dos Santos/Maria Vieira Neta" & "Jose Pereira dos Reis/Rofina Rodrigues dos Reis" pelas pessoas pobres mais bondosas que foram durante as suas vidas.

DEDICO.

*Aos meus 8 irmãos,
 (Francisco, Severino, Francileudo, Ronaildo, Romaro, Silvino, Rosângela e Elizangela),*

*Aos meus 21 sobrinhos,
 Aos cunhados e cunhadas (Todos),
 Ao concunhado Eduardo Rocha,*

*Por serem estes, uma pequena e afetuosa parcela da minha **ENORME**
 família.*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

- A DEUS, por ter me emprestado esta vida e por ainda não tê-la reclamado para si, me ajudando a cada dia, a fazer bom uso dela... Amém;
- A minha querida esposa Ana Clarisse, pela ajuda infinita e apoio incondicional;
- Às minhas duas princesas por entenderem, mesmo que de forma “forçada”, a minha ausência;
- Agradeço de forma singular a meus PAIS, a meus 8 irmãos e 21 sobrinhos, e a legião de parentes e amigos que estão torcendo em meu favor, seja lá o que eu esteja fazendo... Obrigado;
- Aos meus sogros pelo apoio constante e por substituir de alguma forma os meus PAIS;
- À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo retorno a essa “casa”, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de ingressar no mundo científico;
- Ao CNPq pelo apoio financeiro necessário para a realização deste trabalho de pesquisa;
- À Professora Izabel Cristina de Luna Galindo, pela orientação constante, pela confiança depositada em mim e por ser esta pessoa humana, serena, que com seu jeito carinhoso de ser, tornou-se bem mais que uma orientadora, mas sim uma amiga;
- Aos estagiários Adiel Silva, Laércio Santos, Paloma e ao amigo João Carlos “com sua crise de identidade”, pela dedicação constante ao nosso trabalho e pela amizade construída ao longo desse tempo;
- À amiga Juliana, “dona do Adiel”, pela ajuda e por ceder o noivo mesmo contra a sua vontade... Só lamento, mas obrigado;
- Aos produtores, proprietários e arrendatários das áreas deste estudo, Cirovi (Ciró), Luiz Carlos, Manoel Carvalho (Nezinho), Edivaldo Serafim, Wilson de Teté e aos trabalhadores, Boró, Antônio Cesar e Roberto, e a todos do município de Camocim que colaboraram com este trabalho;
- Aos tios e tias posições, Tia Nena, Tia Ceição, Tia Cita, Tia Cema, Zé Ilton e Maninho “DE ROMA”, pelos vastos dias de risos, bem-estar e alegrias;
- As manas Manu e Mary, pelo suporte no inglês e pelo carisma e amizade;

- Aos amigos da turma do mestrado, Vinícius Gedeão, Jose Thalles, André Barbosa, Érica Graciano, Rayssa Vicentin, Wagner (O professor), Raiana Lira, João Paulo, Karen, Marsilvio, Karla Santos, Cibele, Jean, Priscila, Patrícia, Suzana, Alexandra e Orlando;
- Ao quartel do professor Ramon, pessoal da “Ciência do solo seco”, Cícero Gomes, Luiz Antônio, Yuri, Douglas, João Pequeno, Vitor Piscoya e Wagner “o professor”, pela amizade e animação do recinto;
- Aos amigos de antes e de agora, Luiz Guilherme, Israel, Marcio Fléquisson, Félix, Agenor, Marcelo Miranda e Madruga;
- Ao Coordenador do PPGCS, Professor Valdomiro Severino de Sousa Junior, pelo apoio à pesquisa e condução do programa;
- Aos Professores Clístenes W. A. do Nascimento e Mateus Rosas Ribeiro Filho, pela co-orientação e pelo incentivo à pesquisa;
- Ao professor Edivan Rodrigues, pela amizade e pelo “socorro” na hora certa;
- Em especial aos membros da banca Dr^a. Caroline Miranda Biondi, Dr^a. Arminda Saconni Messias e Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho, pelo conhecimento e sugestões dispensadas ao nosso trabalho, com carinho agradeço.
- Aos funcionários da Área de Solos, Josué, Zeca e, de forma especial, a Socorro Santana, pelo carinho e dedicação, além da constante boa vontade em ajudar;
- Ao pessoal do Laboratório de Fertilidade do Solo, João Paulo, Vinícius, Wildson “Piaba”, Ygor, Bruno, Fernando, Seu Josias, Carol Biondi, Raiana e a todos os mestrandos e doutorandos que comigo dividiram o recinto com muito companheirismo, em prol da amizade e da pesquisa;
- Aos docentes do Programa, Izabel Galindo, Brivaldo Almeida, Maria Betânia, Mário Lira, José Ramon, Clístenes Nascimento, Carolina Etiene, Paulo de Jesus e colaboradores;
- A todos aqueles que, por um lapso de memória, não tenha eu lembrado de prestar os meus agradecimentos... Muito obrigado.

***De coração,
Obrigado!***

BIOGRAFIA DO AUTOR

LEIDIVAM PEREIRA VIEIRA, filho de Raimundo Cosme Vieira e de Maria do Socorro Pereira Vieira, nasceu em 19 de fevereiro de 1975, no Sítio Fazenda nova, distrito de Umbuzeiro Cidade de Santa Inês-PB. cursou o ensino fundamental nos Colégios Epaminondas Duarte (Fazenda Nova), Colégio José Pereira Frade (Umbuzeiro) e Bino Leite (Conceição-PB), Escola 2 Julho (Juazeiro-BA) e o ensino médio no Colégio Democrático Florentina Alves dos Santos (CODEFAS), na cidade de Juazeiro – BA. Em 1999 concluiu o curso de Técnico em Química pelo CODEFAS- Juazeiro-BA. Em 2001 foi aprovado no curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, obtendo nível superior no ano de 2006. No início de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, como discente do curso de Mestrado.

RESUMO GERAL

Com o aumento da população mundial cresce também a demanda por alimentos. Por isso é um desafio constante garantir alimentos em quantidade e qualidade adequadas a toda esta população. O manejo do solo através da fertilização e o controle de pragas e ervas daninha são estratégias necessárias para a manutenção ou aumento da produção agrícola. Os agroquímicos são fontes antropogênicas potencialmente poluidoras do ambiente, tanto os defensivos quanto os fertilizantes minerais e orgânicos e corretivos agrícolas, podem conter metais pesados, como impurezas, na sua composição. A olericultura destaca-se como atividade que utiliza muitos insumos, com aplicação frequente de agrotóxicos e fertilizantes. Assim esta pesquisa teve por objetivo determinar as concentrações de nutrientes e metais pesados em solos, fontes de água e hortaliças em áreas sob diferentes usos no município de Camocim de São Félix, avaliando o risco de contaminação ambiental. Os solos foram coletados nas linhas de plantio, nos terços superior, médio e inferior da encosta nas áreas cultivadas, e em ziguezague nas áreas de mata, em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Coletou-se mensalmente 200 mL de água das barragens que abastecem as áreas de cultivo, além de amostras de tomate, berinjela, pimentão, abobrinha e acelga. As variáveis foram submetidas à análise da variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos. Aplicou-se o teste t (5%) para médias pareadas visando comparações entre os teores de nutrientes e metais pesado em áreas cultivadas e de mata, além de correlações de Pearson a 1% e 5% entre as variáveis. Constatou-se que a fertilidade dos solos decorrente dos cultivos com olerícolas foi alterada em relação às áreas de referência. O manejo adotado quanto às fertilizações fosfatadas nas áreas produtoras de olerícolas promoveu aumento substancial nos teores de P disponível no solo, provocando contaminação dos corpos d'água (barragens); Os teores de NPK e o pH das águas das barragens sofreram influência direta da precipitação pluviométrica, com redução do pH e dos teores de P, e aumento dos teores de NO_3^{2-} e K, com o aumento da precipitação. As fertilizações fosfatadas pareceram ser a principal via de entrada do Cd no sistema solo como contaminante desses fertilizantes, bem como ocorreu acúmulo superficial de Cd, Cu, Mn e Zn no solo. A precipitação pluviométrica exerceu maior influência na concentração de Pb e influência moderada nas concentrações de Cd e Ni, não sendo detectada a presença de Cu, Mn e Zn nas águas superficiais e do poço.

Palavras chave: Contaminação; Poluição difusa; Eutrofização.

ABSTRACT

ACCUMULATION OF NUTRIENTS AND HEAVY METALS IN SOIL, WATER AND FRUITS IN AREAS CULTIVATED WITH VEGETABLES IN THE AGRETES REGION OF PERNAMBUCO STATE

Increasing world population elevates the demand for food. Then, it's a constant challenge to ensure food with quantity and quality appropriate. The management of soil fertility using fertilizers and controlling pests and weeds are necessary strategies for maintaining or increasing agricultural production. Agrochemicals are anthropogenic sources potentially polluting the environment, both the defensive as the mineral and organic fertilizers and agricultural lime, may contain heavy metals such as impurities in their composition. The horticulture stands out as an activity that uses many inputs, with frequent application of pesticides and fertilizers. Thus this study aimed to determine the concentrations of nutrients and heavy metals in soils, water sources and vegetables in areas under different land uses in the Sao Felix Camocim city, Pernambuco State, Brasil, evaluating the risk of environmental contamination. Soil samples were collected in the rows in the upper, middle and bottom of the hill farming areas, and in the forest areas, at three depths (0-10, 10-30 and 30-60 cm). Monthly, were collected 200 mL of water dams that supply the area under cultivation, and plant samples of Tomato, Eggplant, Pepper, Zucchini and Chard. Variables were subjected to analysis of variance and Tukey test at 5% probability level. Applied the t test ($P < 0,05$) for medium aiming paired comparisons between content of heavy metals in cultivated areas and forest, besides Pearson correlations ($P < 0,05$; $0,01$). The fertility of soils resulting from cultivation with vegetables has changed in relation to forest areas (reference). The management of the phosphate fertilizations in areas cultivade with vegetables caused increase in levels of available P in the soil, causing pollution of water bodies water (dams); The levels of NPK and pH of the water dams was influenced by rainfall, with reduction of soil pH and P levels, and increasing concentrations of NO_3^{2-} and K, The phosphate fertilization appeared to be the main entry of Cd in the soil as a contaminant of fertilizers, and was found accumulation of Cd, Cu, Mn and Zn in the first depth of soil. Rainfall had a greater influence on the concentration of Pb and moderate influence

on concentrations of Cd and Ni was not detected the presence of Cu, Mn and Zn in surface water and in the well.

KEYWORDS: Contamination; Diffuse pollution, Eutrophication.

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

CAPITULO I

Quadro 1. Localização geográfica e classificação do solo das áreas trabalhadas no município de Camocim de São Félix (PE).....	21
Quadro 2. Informações sobre as áreas trabalhadas em Camocim de São Félix (PE), repassadas por proprietários, atuais arrendatários e trabalhadores.....	23
Quadro 3. Localização geográfica das barragens e suas respectivas áreas cultivadas em Camocim de São Félix (PE).....	24
Quadro 4. Caracterização física do solo das áreas produtoras de hortaliças e áreas de matas em Camocim de São Félix (PE).....	25
Quadro 5. Atributos químicos do solo nos terços superior, médio e inferior da encosta, nas diferentes profundidades de coleta, médias de cinco áreas produtoras de olerícolas.....	28
Quadro 6. Atributos químicos (pH, P, M.O, Al e H+Al) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60 cm.....	29
Quadro 7. Atributos químicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60 cm.....	33
Quadro 8. Atributos químicos (SB, CTC_{total} e V%) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60cm.....	37
Quadro 9. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de referência (AR) na profundidade 0-10 cm.....	38
Quadro 10. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de referência (AR) na profundidade 10-30 cm.....	39
Quadro 11. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de	40

referência (AR) na profundidade 30-60 cm.....	
Quadro 12. Classes de trofia em águas superficiais paradas, em função das concentrações de P_{total}	45
Figura 1. Valores médios mensais da precipitação pluviométrica (Janeiro a Dezembro de 2010) para o município de Camocim de São Félix (PE).....	41
Figura 2: Valores de pH nas amostras de águas de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal, no município de Camocim de São Félix (PE).....	42
Figura 3. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de NO_3^{2-} em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE).....	43
Figura 4. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de P em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE).....	44
Figura 5. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de K em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE).....	46
CAPITULO II	
Quadro 1. Localização geográfica e classificação do solo das áreas trabalhadas no município de Camocim de São Félix (PE).....	62
Quadro 2. Informações sobre as áreas trabalhadas em Camocim de São Félix (PE), repassadas por proprietários, atuais arrendatários e trabalhadores.....	63
Quadro 3. Localização geográfica das barragens e suas respectivas áreas cultivadas em Camocim de São Félix (PE).....	65
Quadro 4. Caracterização física do solo das áreas produtoras de hortaliças e áreas de matas em Camocim de São Félix (PE).....	66
Quadro 5. Teores totais de metais pesados no solo nos terços superior, médio e inferior da encosta, nas diferentes profundidades de coleta, médias de cinco áreas produtoras de olerícolas no município de Camocim de São Félix (PE).....	70

Quadro 6. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os teores de metais pesados do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata nativa (AR) em três profundidades.....	72
Quadro 7. Teores de metais pesados na parte comestível de diferentes vegetais, em dois períodos de coleta (Janeiro e Novembro-2010) e em composto orgânico (cama de frango) coletados em áreas cultivadas com olerícolas em Camocim de São Félix - PE.....	88
Figura 1. Médias dos teores totais de Cd em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	69
Figura 2. Médias dos teores totais de Cu em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	73
Figura 3. Médias dos teores totais de Mn em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	76
Figura 4. Médias dos teores totais de Ni em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	78
Figura 5. Médias dos teores totais de Pb em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	79
Figura 6. Médias dos teores totais de Zn em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE).....	81

Figura 7. Média mensal acumulada da Precipitação (Janeiro a Dezembro de 2010), para o município de Camocim de São Félix-PE.....	83
Figura 8. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Cd em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE.....	84
Figura 9. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Ni em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE.....	85
Figura 10. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Pb em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE.....	86

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
BIOGRAFIA DO AUTOR	viii
RESUMO GERAL	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE QUADROS E FIGURAS	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

CAPÍTULO I - ALTERAÇÃO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS E MONITORAMENTO DE NPK DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. Informações sobre o local da coleta.....	20
2.2. Amostragem do solo e das águas.....	24
2.3. Caracterização física do solo.....	25
2.4. Análises químicas.....	26
2.4.1. Solos.....	26
2.4.1. Águas.....	26
2.5. Análises estatísticas.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1. Atributos químicos dos solos.....	27
3.2. Concentrações de NPK e valores de pH das águas das barragens.....	40
4. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

CAPÍTULO II - CONTAMINAÇÃO DE SOLO, ÁGUA E ALIMENTOS COM METAIS PESADOS EM ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

RESUMO	56
ABSTRACT	57
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E METODOS	61
2.1. Informações sobre o local da coleta.....	61
2.2. Amostragem do solo.....	64
2.3. Amostragem e análises dos corpos d'água.....	64
2.4. Amostragem e análise do material vegetal.....	65
2.5. Caracterização física do solo.....	66
2.6. Determinação dos teores totais de metais pesados em solo, material vegetal e composto orgânico.....	67
2.7. Análises estatísticas.....	67

3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
3.1.	Metais pesados no solo	68
3.1.1.	Cádmio	68
3.1.2.	Cobre	73
3.1.3.	Manganês	75
3.1.4.	Níquel	77
3.1.5.	Chumbo	79
3.1.6.	Zinco	80
3.2.	Metais pesados nas águas das barragens	82
3.3.	Metais pesados em hortaliças	87
3.4.	CONCLUSÕES	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da população mundial fez também crescer a demanda por alimentos. Estima-se, para o ano de 2050, uma população aproximada de 9,4 bilhões de pessoas no planeta (LAL, 2000; ONU, 2007; ZHANG, 2007), enquanto que no Brasil, para o mesmo período, a população possa alcançar um total de 260 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

Por isso é um desafio constante garantir alimentos em quantidade e qualidade adequadas a toda esta população, adaptando e adequando as cadeias produtivas, visando o máximo de eficiência na produção e distribuição de alimentos e matérias-primas, em condições de competitividade nos principais mercados nacionais e internacionais (OLIVEIRA, 2009). Práticas agrícolas como o manejo da fertilidade do solo através da fertilização e o controle de pragas e ervas daninha constituem estratégias necessárias para a manutenção ou aumento da produção agrícola. Porém, esses objetivos só poderão ser atingidos em um sistema integrado de produção agrícola, onde o manejo da fertilidade do solo, a fertilização e o melhoramento genético de plantas não visem apenas às exigências das culturas e ao aumento de produtividade, mas também à segurança alimentar (MORAES, 2008).

A qualidade dos alimentos e a degradação das áreas produtoras é hoje uma das maiores preocupações, tanto dos gestores públicos quanto dos próprios produtores agrícolas, que se vêem com a responsabilidade de produzir cada vez mais alimentos com preços acessíveis e de forma sustentável. Para isso, fazem uso de fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas, que são produtos químicos de origem orgânica e/ou mineral, com o intuito de aumentar a produtividade e de melhorar a qualidade dos produtos agrícolas por meio de incrementos no teor de micronutrientes na parte comestível.

A agricultura é uma fonte de poluição difusa tanto da água quanto do solo, que se caracteriza por ser de baixa concentração, atingindo, porém, grandes áreas (WITHERS *et al.*, 2000). O uso de insumos aliado aos processos erosivos e de infiltração da água no solo, bem como a dispersão pelo vento, podem contribuir para esse tipo de contaminação em larga escala devido à associação de eventos simultâneos, como é o caso de aplicação de defensivos em períodos de chuvas

torrenciais, ou a prática de irrigação aliada ao uso de fertilizantes solúveis (AYERS, 1991).

A utilização de agroquímicos é um fator importantíssimo na manutenção de altas produtividades agrícolas, devido à elevada demanda por alimentos, influenciada pela grande explosão demográfica em nível mundial (PUGGINA, 2000). Mas o seu emprego na agricultura está ligado a dois pontos cruciais para o ambiente: eles podem ser biocidas e alguns muito persistentes na natureza, no caso dos defensivos, ou fontes de metais pesados que podem ser adicionados ao sistema como contaminantes, tanto em defensivos quanto nos fertilizantes.

Entendem-se como agroquímicos os defensivos, fertilizantes e corretivos agrícolas, onde esses últimos são materiais minerais ou orgânicos, naturais ou manufaturados, que contêm nutrientes essenciais para o desenvolvimento e o crescimento normal das plantas. Mas, ao mesmo tempo, são fontes antropogênicas poluidoras do ambiente, principalmente de metais pesados, que contaminam o solo e a água devido à lixiviação e carregamento de cátions através de sedimentos para os mananciais, resultando na acumulação e eutrofização, dentre outros impactos.

Já os defensivos são substâncias ou misturas, naturais ou sintéticas, usadas para o controle de plantas, animais (principalmente insetos), fungos e bactérias que possam competir com o homem e prejudicar as plantações. O uso de defensivos que contenham metais pesados em sua composição pode facilitar a dispersão destes para o ambiente, principalmente quando associado a práticas agrícolas inadequadas.

Segundo a IFIA (International Fertilizer Industry Association), o consumo global de fertilizantes aumentou em média 31% de 1996 a 2008, impulsionado por uma expansão de 56% da demanda nos países em desenvolvimento (NOGUEIRA, 2008).

De acordo com dados do IBGE (2010), naquele ano o Brasil passou a ser o maior consumidor de defensivos do mundo, com 734 milhões de toneladas do produto comercializados, ficando à frente dos Estados Unidos, que hoje assumem a segunda colocação com 646 milhões de toneladas. O Estado de Pernambuco lidera nacionalmente o consumo de alimentos com resíduos de defensivos e, com 11 milhões de toneladas de defensivos comercializados em 2008 (ADAGRO, 2009), ocupa o décimo lugar nacional na comercialização de defensivos (D.O.E- 12/2009).

Os fertilizantes minerais e orgânicos, bem como os corretivos agrícolas, podem conter metais pesados, como impurezas, na sua composição (AMARAL SOBRINHO *et al.*, 1992). São considerados como metais pesados (MP) elementos com densidade atômica superior a 5 g cm^{-3} , o que engloba um grupo de metais, semi-metais e até não metais, incluindo alguns elementos essenciais aos seres vivos: cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobalto (Co), molibdênio (Mo) e selênio (Se) (ALLOWAY, 1990; GONÇALVES *et al.*, 2000). Por outro lado, a presença de alguns elementos tóxicos, como: cádmio - Cd, chumbo - Pb, Crômio - Cr, mercúrio - Hg, entre outros, em fertilizantes e defensivos, tem sido motivo de preocupação, devido a suas conseqüências ao ambiente e à saúde humana (MORAES, 2009).

Sem a interferência do homem, o teor de metais nos solos depende das quantidades presentes no material de origem e do seu grau de intemperização (KING, 1996). Em condições normais, ocorrem nos solos em baixas concentrações, não representando riscos para o ambiente.

Os metais entram no sistema solo por diversos caminhos: extração e processamento de minérios, deposição de rejeitos industriais sobre o solo, aplicação de fertilizantes e pesticidas, incorporação de lodo das estações de tratamento de esgoto urbano e industrial e deposição atmosférica (KING, 1996; AMARAL SOBRINHO, 1996). Liberados na solução do solo, os metais podem ser lixiviados para o lençol freático, ou ainda causar toxidez às plantas e organismos do solo, ou ser adsorvidos às argilas ou complexados à matéria orgânica, representando uma fonte poluidora potencial. A contaminação decorrente pode se espalhar pela ação da erosão hídrica e eólica e até mesmo através da cadeia trófica (VANGRONSVELD, 1997).

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais pesados, dependendo da dose e da forma química em que estes ocorrem. Alguns metais pesados são importantes em diversos meios, alguns são usados industrialmente em países de tecnologia avançada como Cd, Pb e Hg. Outros são fisiologicamente essenciais para plantas e animais, como o Cu (formação de melanina e pigmentação da pele dos animais), o Zn (síntese do DNA e RNA em plantas e animais) e, deste modo, contribuem na saúde humana e na produtividade agrícola, porém, os essenciais, se em grande quantidade, podem ser poluentes de ecossistemas.

Sua distribuição é influenciada pelas seguintes propriedades do solo: pH, potencial redox, textura, composição mineral, características do perfil, CTC, quantidade e tipo de componentes orgânicos do solo e da solução, presença de outros metais pesados, temperatura do solo, conteúdo de água e outros fatores que afetam a atividade microbiana. Estes fatores controlam sua solubilidade, mobilidade no meio e disponibilidade às plantas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

Os teores de metais pesados em fertilizantes utilizados para suprir macro e micronutrientes têm de obedecer aos pré-requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa Nº 27 (MAPA, 2006), no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. O controle de metais pesados nas mais diversas amostras (tecidos biológicos, água, solo, alimentos etc.) tem se tornado um assunto relevante para avaliar, principalmente, o grau de exposição e possíveis conseqüências para a saúde humana (VULCANO, 2003).

Os efeitos prejudiciais dos metais pesados ao organismo humano são cumulativos, pois, além de carcinogênicos e mutagênicos, podem causar doenças cardiovasculares e reduzir a absorção de micronutrientes pelo organismo (MORAES, 2009). O chumbo, por exemplo, pode afetar virtualmente órgãos e sistemas do organismo, os mecanismos de toxicidade propostos envolvem processos bioquímicos fundamentais, que incluem a habilidade do chumbo de inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas (MOREIRA *et al.*, 2004).

A contaminação por metais pesados tem sido uma das principais preocupações dos ambientalistas pelo mundo, tendo chamado a atenção de várias instituições governamentais para entender e regulamentar o problema (AMARAL SOBRINHO, 1996). Entretanto, para que esse objetivo seja atingido, torna-se necessário um conhecimento cada vez mais abrangente dos diversos fatores que afetam a contaminação do ambiente por esses elementos. Anualmente, as adições globais de metais pesados ao solo por fertilizantes são da ordem de 30–250 t de Cd, 50–580 t de Cu, 30–380 t de Cr, 200 –550 t de Ni, 420 –2.300 t de Pb e 260-1.000 t de Zn (NRIAGU e PACYNA, 1988).

Fertilizações fosfatadas sucessivas aumentam os teores de Cd em solos e plantas, sendo este metal prejudicial à saúde humana e animal (McLAUGHIN e SINGH, 1999; UEMURA, 2000; WAALKES, 2000), podendo interferir no crescimento

e desenvolvimento das plantas, mesmo em baixas concentrações. Já Gimeno-García *et al.* (1996) observaram que as adições mais significativas de metais pesados pelo uso de fertilizantes fosfatados foram de Mn, Zn, Co e Pb, embora estes fertilizantes não tenham sido os únicos responsáveis por essas adições.

Dentre os defensivos, podemos citar os fungicidas, que em sua maioria possuem em suas moléculas átomos de cobre, cujo efeito danoso à microbiota do solo é reportado por diversos autores, quando aplicados aos sistemas agrícolas, podendo causar danos à microflora do solo como um todo e, principalmente, aos fungos benéficos (VIEIRA *et al.*, 2000). Isso reforça a hipótese de que altas cargas de agroquímicos sobre o solo podem levar a um impacto na população microbiana, com conseqüente inibição das atividades destes e da respiração basal do solo.

A contaminação das águas, sejam superficiais ou de subsuperfície, é um fator importante a ser considerado quando se trata do uso de agroquímicos e da adição continuada de metais pesados e nutrientes oriundos desses produtos, levando a um processo de eutrofização, crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam consideradas como causadoras de interferências na qualidade da água, comprometendo o seu uso. De acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina sofre com esse processo. Nesse contexto, Ramalho *et al.* (1998) avaliando a acumulação de metais pesados pelo uso de insumos agrícolas na microbacia de Caetés, Paty do Alferes, Rio de Janeiro, verificaram que os teores totais de metais pesados nas amostras de água mostraram valores significativamente mais elevados, principalmente de Zn, Pb, Cu e Mn, devido ao uso contínuo de agroquímicos.

Sintomas de toxidez de metais pesados têm sido bastante estudados em várias espécies e sob diferentes condições (SANITÁ DI TOPPI e GABRIELLI, 1999). Estes impactos podem ser os mais diversos possíveis, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas, biota, água, ar, solo, sedimentos etc (PERES *et al.*, 2001). Os efeitos visíveis em vegetais submetidos a altas doses de metais pesados são, em geral, descritos como redução severa do crescimento, clorose e atrofia foliar. Além desses, relata-se ainda, para o caso do Cd, o

enrolamento das folhas (BENAVIDES *et al.*, 2005; GONÇALVES *et al.*, 2008; CUNHA *et al.*, 2008).

O incremento na circulação desses elementos tóxicos através do solo, água e ar e a inevitável transferência para a cadeia alimentar, constitui um importante problema ambiental levando a riscos desconhecidos para a saúde de gerações futuras (ALLOWAY, 1990). O monitoramento de poluentes provenientes da agricultura requer técnicas específicas de análise, estas raramente são utilizadas, porém sua adoção é inevitável para um controle mais eficiente dos riscos da poluição (RODELLA, 2005). A identificação e o acompanhamento de impactos ambientais exigem a adoção de soluções tecnológicas adequadas a cada situação, contemplando não somente os aspectos ambientais como também os econômicos e sociais.

A olericultura é o ramo da horticultura que abrange a exploração de um grande número de espécies de plantas, comumente conhecidas como hortaliças e que engloba culturas folhosas, raízes, bulbos, tubérculos e frutos diversos. A característica mais marcante da olericultura é o fato de ser uma atividade agroeconômica altamente intensiva em seus mais variados aspectos, em contraste com outras atividades agrícolas extensivas. Outras características importantes nos empreendimentos hortícolas são a intensa utilização de tecnologias modernas como fertilizantes e defensivos, em constante mudança, e o reduzido tamanho da área ocupada, porém, intensivamente utilizada, tanto no espaço quanto no tempo. Este é um fato também observado em Camocim de São Félix (PE), visto que grande parte das áreas produtoras de hortaliças é pequena e de cultivo intenso, chegando a uma média de três safras anuais (SILVA *et al.*, 2001).

Camocim de São Felix é um município pequeno, de apenas 54km², localizado na Mesorregião do Agreste, Microrregião do Brejo Pernambucano, que detém, por sua posição privilegiada no Planalto da Borborema, manchas úmidas conhecidas como “brejos” e que ocupam espaços importantíssimos no Agreste e Sertão de Pernambuco e do Nordeste, com uma pluviometria entre 700 e 1.100mm anuais e uma altimetria na faixa dos 500 a 800 metros. De acordo com Barboza *et al.* (2009) neste região predominam solos com o horizonte A proeminente, condições mesológicas observadas com frequência nas Áreas de Exceção do Agreste Pernambucano.

A principal atividade econômica do município é o cultivo irrigado de hortaliças, com destaque para o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crescimento indeterminado, o repolho (*Brassica oleracea* L. var. capitata) e o pimentão (*Capsicum annuum* L.). Esses agroecossistemas exercem uma forte pressão sobre o uso do solo e sua intensa exploração, com utilização de uma maior quantidade de fertilizantes e defensivos agrícolas, que fazem parte do cotidiano dos agricultores, em sua grande maioria produtores familiares, que cultivam em geral as terras arrendadas de proprietários ausentes, ou seja, o lavrador (arrendatário) não negocia diretamente com o proprietário das terras, mas sim com um feitor ou interlocutor. Essa atividade emprega grande contingente de mão-de-obra, notadamente familiar, constituindo-se num sistema de fundamental importância para uma região por demais carente de empregos e de novas alternativas econômicas (SILVA *et al.*, 2001).

A intensificação das práticas agrícolas visando obter produtividades cada vez mais elevadas vem ocasionando a exploração indiscriminada do solo e de outros recursos naturais. Dentre estas práticas cita-se o preparo inadequado do solo, o uso abusivo de insumos agrícolas (fertilizantes e defensivos), bem como o desconhecimento ou desrespeito às características físicas, químicas e biológicas do sistema solo.

Silva *et al.* (2001) constataram que a fórmula de NPK 06-24-12 e os defensivos ditiocarbamato (mancozeb) e captan são usados em larga escala pelos olericultores do município de Camocim de São Félix, além do que, segundo esses mesmos autores, os produtores não fazem uso de análises de solos e de fertilizantes, que são usados de forma abusiva e sem nenhum controle, sendo notório o estado de eutrofização das águas utilizadas tanto para irrigação como para consumo humano e animal.

A adoção dessas práticas abusivas, dentre outros fatores, levou o município, que já foi destaque pelo seu potencial agrícola e premiado pelas elevadas produtividades alcançadas, a um declínio econômico e produtivo, carecendo hoje de políticas públicas adequadas para a revitalização tanto do solo quanto dos próprios agricultores.

Tendo em vista a importância da olericultura para esta região, o monitoramento das áreas produtoras é extremamente necessário para se conhecer

o impacto causado pela utilização de fertilizantes e defensivos. Nesse contexto, esta pesquisa teve por objetivo determinar as concentrações de nutrientes e metais pesados em solos, fontes de água e hortaliças em áreas sob diferentes usos no município de Camocim de São Félix, avaliando o risco de contaminação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAGRO - Solicitação via memorando de dados sobre o uso de defensivos no estado de Pernambuco no período de 2006/09. 2009.

ALEXANDER, M. **Introduction to Soil Microbiology**. New York: John Wiley and Sons. 1961, 472p.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley e Sons, Inc. 1995, p. 29-39.

ALLOWAY, B.J. Soil processes and the behaviour of metals. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. Glasgow : **Blackie and Son**, cap.2. p. 7-27,1990.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Metais pesados em solos brasileiros. In: ALVAREZ, V., V. H.; FONTES, L. E. FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, p. 837-853. 1996.

AMARAL, N. M. B. S.; COSTA, L. M. e VELLOSO, A. C. X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. :271-276, 1992.

ANDA: Associação nacional para difusão de adubos - Relação de trocas /CE-Comitê de Estatísticas: região Centro-Sul. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/home.aspx>>

ARAÚJO FILHO, J. C. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. Boletim de Pesquisa N° 11.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução: GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB, Tradução de: Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 2ªed. 218 p, 1991.

AYOUB, A. T. Fertilizers and environment. Nutrient Cycling in Agroecosystems, **Dordrescht**, v.55, n.2, p.117-121, 1999.

BARBOZA, A.R.; SANTOS, M. R. A nova funcionalidade da agricultura no Brejo de Camocim de São Felix. In.: XIX ENGA – ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo. p. 1-26, 2009.

BATJES, N. H., BRIDGES, E. M. **Mapping of soil and terrain vulnerability to specified chemical compounds in Europe at scale of 1:5 M**. Wageningen, Holanda, 1991.

BENAVIDES, M.P.; GALLEGO, S.M. e TOMARO, M.L. Cadmium toxicity in plants. **Braz. Journal os Plant Physiology**, Piracicaba, v.. 17, p 21-34, 2005.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. e CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.;

RAIJ, B. e ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Legis Summa, p.89-124. 2001.

CUNHA, K. P. V. et al. Cadmium and zinc availability, accumulation and toxicity in maize grown in a contaminated soil **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, ISSN 0100-0683. v.32, n.3, p. 1319-1328. 2008.

DAHER, E. Uma crise de demanda. DBO **Agroecologia**, São Paulo, v.5, n.5, p.27, 2008.

D.O.E/PE: Diário Oficial do Estado de Pernambuco - **Situação do consumo de agrotóxicos e alimentos contaminados no estado**. Edição de Dezembro de 2009.

GIMENO-GARCÍA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. **Environmental Pollution**, Kidlington, v.92, n.1, p.19-25, 1996.

GONÇALVES Jr, A. C; LUCHESE, E. B; LENZI, E. Avaliação da Fitodisponibilidade de Cádmiu, Chumbo e Crômio, em Soja Cultivada em Latossolo Vermelho Escuro Tratado com Fertilizantes Comerciais. **Química Nova**, v. 23, n. 2, 2000.

GONÇALVES, V. C. et al. Biodisponibilidade de cádmio em fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32:2871-2875, 2008.

HARRIS, C.R.; SANS, W.W., Vertical distribution of residues of organochlorine insecticides in soils collected from six farms in southwestern Ontario, **Proceedings of the Entomology Society of Ontario**. Ontario, p.100-156. 1969.

HELLWELL, J. M. Toxic substances in rivers and streams. **Environmental Pollution**, v. 50, p.61-85, 1988.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1179&id_pagina=1.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Ed. Blackie and Son, p.261-277. 1990.

KING, L. D. Soil heavy metals. In: ALVAREZ, V., V. H.; FONTES, L. E. FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: UFV/SBCS, p. 823-836. 1996.

LACERDA, L. D. Heavy metal pollution in soil and plants of the irajá river estuarine area in the Guanabara bay. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.42, n.1, p.89-93, fev. 1982.

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, Philadelphia, v.165, n.1 p.57-72, 2000.

LICHTENSTEIN, E.P. et al. Vertical distribution and persistence of insecticidal residues in soils as influenced by mode of application and a cover crop, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 55, p. 215, May/June 2006.

LISBOA, R.; SENA, J; DUTRA, T. **Uso de Agrotóxicos na Produção de Hortaliças da Bacia Hidrográfica do Natuba, Afluente do Tapacurá – PE e Conseqüências Sobre o Meio Ambiente e Saúde dos Agricultores**. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. 2007, João Pessoa - PB – 2007.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: Aspectos agrônômicos**. 3ª edi. São Paulo: ANDA, 2000. 60p. (Boletim Técnico, 5).

LUNA, A. J.; SALES, L. T.; SILVA, R. F. **Agrotóxicos: responsabilidade de todos (Uma abordagem da questão dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável)**. Disponível em: <http://www.prt6.gov.br/forum/downloads/Artigo1_Adeilson.doc> Acesso em 15 de dez de 2009.

MARCHIORI JR., M. **Levantamento inicial de chumbo, cádmio, níquel, crômio e cobre em pomares de produção comercial no Estado de São Paulo**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, (Tese de Doutorado). 138p. 2003.

McLAUGHLIN, M.J.; SINGH, B.R. Cadmium in soils and plants: a global perspective. In: McLAUGHLIN, M.J.; SINGH, B.R. (Ed). **Cadmium in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, p.269, 1999.

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- **Instrução Normativa nº 27, 05 de junho de 2006**, que dispõe sobre às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninha. Diário Oficial da União, Seção 1, Página 15, Brasília, DF, 9 jun. 2006.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Efeitos da degradação de recursos hídricos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v.36, n.3, junho 2002.

MORAES, M.F. **Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola**. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 108p. 2009

MORAES, M.F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, 123:21-23, 2008.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, 9 (1):167-181, 2004.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 626p. 2002.

NASCIMENTO, C.W.A.; XING, B. Phytoextraction: a review on enhanced metal availability and plant accumulation. **Sci. Agric.** Piracicaba, v.63, n.3, p.229-311. 2006.

NOGUEIRA, A. C. L. **Agricultura: O mercado de fertilizantes no Brasil.** São Paulo, p. 5 - 7, 20 Mai. 2008. Boletim Informações FIPE.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. **Nature**, v.333, p.134-139, 1988.

OLIVEIRA, E. DE; JADOSKI, S. O. Uso excessivo de defensivos agrícolas compromete a qualidade da água e do solo. **Revista Eletrônica Lato Sensu** – Ano nº1, ISSN 1980-6116. p.70-84, 2006.

OLIVEIRA, M. S. **O Mercado Exportador do Sistema Agroindustrial Alimentar e sua influência para a economia nacional.** TCC em Administração. Centro Universitário do Planalto de Araxá. Araxá, 52p, 2009.

ONU: Organização das Nações Unidas. **World population prospects: the 2006 revision New York:** United Nations, 96p. 2007.

PEDEAG: Plano de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba-2010, Disponível em <http://www.incaper.es.gov.br/pedeag/setores07.htm> Acesso em: 15/01/2011.

PERES, F.; MOREIRA, J.C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxico, saúde e ambiente IN: **É veneno ou é remédio?** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública/Fundação Oswaldo Cruz; 2003.

PERES, F. et al. Comunicação relacionada ao uso de agrotóxicos em região agrícola do Estado do Rio de Janeiro. **Rev. Saúde Pública** [online], vol.35, n.6, ISSN 0034-8910. pp. 564-570, 2001

PEZZAROSSA et al. Effect of repeated phosphate fertilization on the heavy metal accumulation in soil and plants protected cultivation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.24, n.17/18, p.1307-2319, 1993.

PUGGINA, W. A. **O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente.** International Fertilizer Industry Association-IFA. 63p, 2000.

RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. e VELLOSO, A.C.X.. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** 35: 1289-1303, 2000.

RAMALHO, J.F.G.P. et al. Acumulação de metais pesados pelo uso de insumos agrícolas na microbacia de Caetés, Paty do Alferes-RJ. (**EMBRAPA-CNPS.** Boletim de Pesquisa ; 5). Rio de Janeiro. 22p, 1998.

RODELLA, A. A. Legislação sobre teores de contaminantes em fertilizantes - estudo de um caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:797-801, 2005.

RODRIGUES, S.; DUARTE, A.C. Poluição do solo: revisão generalista dos principais problemas. In: CASTRO, A., DUARTE, A., SANTOS, T.(Ed). **O Ambiente e a saúde**. Lisboa, Instituto Piaget, p.136-176. 2003.

SALAS, H. J.; MARTINO, P. **A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes**. *Wat. Res.*, 25, 341-350.,1991,.

SANITÀ DI TOPPI, L.; GABRIELLI, R. Response to cadmium in higher plants. **Environmental Experimental Botany**, v. 41, p. 105-130, 1999.

SANTOS, F. S; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. e MAZUR, N. Influência de diferentes manejos agrícolas na distribuição de metais pesados no solo e em plantas de tomate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:535-543, 2002.

SETHUNATHAN, N.; Microbial degradadion of inseticides in flood soil in anaerobic culture. **Residue Reviews**, New York, v.47, p.143-165, 1973.

SILVA, A.B et al. Principais características do sistema de produção de hortaliças no Município de Camocim de São Félix – Pernambuco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1° CD-ROM. - (**Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa; n. 25**). 2001.

SILVA, J. J. O et al. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública**; 35(2):130-135, 2001.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control**. Harper Collins Publishers Inc, Chapter 2 Rivers and Streams, p.29-81, 1987.

UEMURA, T. Experimental reproduction of “Itai-itai” disease: A chronic cadmium poisoning of humanus in rats and monkeys. **J. Veterinaria Res.**, 48:15-28, 2000.

VANGRONSVELD, J.; COLPAERT, J. V.; TICHELEN, K. K. van. Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals: physicochemical and biological evaluation of the durability of soil treatment and revegetation. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 94, p. 131-140, 1997.

VIEIRA, R.F. et al. An appraisal of five methods for the measurement of the fungal population in soil treated with chlorothalonil. **Pest Management Science**, Exeter, v. 56, p. 431-440, 2000.

VIG et al. **Effect of repeated pesticide applications on soil properties in cotton fields**: I. Impact on microbes, iron reduction capacity and respiration - Partly supported by a research contract no. 8082/RB from International Atomic Energy Agency, Vienna, (s/d). 2007.

VULCANO, I. R. C.; SILVEIRA, J. N.; ALVAREZ-LEITE, E. M. Teores de chumbo e cádmio em chás comercializados na região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Ciência e Farmácia**. Volume 44 (3), p. 425-431, 2003.

WAALKES, M.P. Cadmium carcinogenesis in review. **J. Inorg. Biochem.**, 79:241-244, 2000.

WITHERS, P.J.A.; DAVIDSON, I.A. e FOY, R.H. Prospects for controlling diffuse phosphorus loss to water. **J. Environ. Qual.**, 29:167-175, 2000.

YAMADA, T. **Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira.** Informações agronômicas (Encarte Técnico), Piracicaba, n.105, p.1-12, 2004.

ZHANG, W.A forecast analysis on world population and urbanization process. Environmental monitoring and assessment, **Dordrecht**, v.133, n.1-3, p.427-434, 2007.

CAPÍTULO I

ALTERAÇÃO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS E MONITORAMENTO DE NPK DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

RESUMO

A utilização do solo de maneira intensiva pode promover de forma progressiva a perda natural da fertilidade e consequente degradação deste. O contínuo revolvimento do solo e aplicação de resíduos culturais e insumos agrícolas promovem modificações nos teores de matéria orgânica, na capacidade de troca de cátions, no pH, na dinâmica dos íons e na agregação do solo. As principais causas da degradação de recursos naturais fundamentais para a sobrevivência do homem, como o solo e a água, têm sido a erosão e o manejo inadequado do solo. Dentre as atividades agrícolas que mais utilizam insumos, destaca-se a olericultura, que em Pernambuco, concentra-se em alguns municípios do Agreste, com destaque para a microrregião do Brejo Pernambucano. Por conta disso, este trabalho teve o objetivo principal de estudar e identificar as possíveis alterações na fertilidade do solo devido à exploração contínua da olericultura no município de Camocim de São Félix (PE), bem como a acumulação de nutrientes nas barragens. Os solos foram coletados nas linhas de plantio nas áreas cultivadas, nos terços superior, médio e inferior da encosta, e em ziguezague nas áreas de mata, em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Foram analisados: pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, P, K^+ e Na^+ disponíveis e N total, e calculados: SB, CTC, V% e m%. Coletou-se mensalmente 200 mL de água das barragens que abastecem as áreas de cultivo e analisados: pH, P, NO_3^{2-} e K^+ . As variáveis foram submetidas à análise da variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos. Aplicou-se o teste t (5%) para médias pareadas visando comparações entre os teores de nutrientes no solo em áreas cultivadas e de mata, além de correlações de Pearson a 1% e 5% entre as variáveis. Constatou-se que a fertilidade dos solos decorrente dos cultivos com olerícolas foi alterada em relação às áreas de referência; o manejo adotado quanto às fertilizações fosfatadas nas áreas produtoras de olerícolas promoveu aumento substancial nos teores de P disponível no solo, provocando contaminação dos corpos d'água (barragens); a área cultivada AC5 foi a que apresentou menores variações nos seus atributos químicos, em função do menor tempo de cultivo; os teores de NPK e o pH das águas das barragens sofreram influência direta da precipitação pluviométrica, com redução do pH e dos teores de P, e aumento dos teores de NO_3^{2-} e K, com o aumento da precipitação; o NO_3^{2-} das águas subterrâneas (poço) foi superior em até 17 vezes o das águas superficiais (barragens) e as concentrações de P das águas das barragens e do poço, nos meses mais secos, foram superiores em até 500% ao padrão estabelecido pelo CONAMA (2005).

Palavras-chave: Contaminação; Poluição difusa; Eutrofização.

ABSTRACT

ALTERATION IN THE CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL NPK AND MONITORING OF IRRIGATION WATER IN AREAS CULTIVATED WITH VEGETABLES IN RURAL PERNAMBUCO

Intensive land use can promote in a progressive loss of natural fertility and degradation. The continuous soil mixing and application of crop residues and agricultural inputs promote changes in the levels of organic matter in soil cation exchange capacity, pH, and the dynamics of ions and in the soil aggregation. The main causes of degradation of natural resources to the survival of man, such as soil and water have been erosion and inadequate soil management. Among the agricultural activities that use more inputs, there is the vegetable crops, concentrating in some areas of Agreste of Pernambuco State. This work aimed study and identify possible changes in soil fertility due to the continued operation of horticulture in the Sao Felix Camocim (PE) and accumulation of nutrients in the dams. Soil samples were collected in the rows in cultivated areas in the upper, middle and bottom of the slope, and in the forest areas, at three depths (0-10, 10-30 and 30-60 cm). Were analyzed: pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$, K^{+} and Na^{+} available and total N, and calculated: SB, CEC, V% m%. Monthly, was collected 200 mL of water from the dams that supply the growing areas and analyzed pH, P, NO_3^- and K^{+} . Was used analysis of variance, Tukey test ($P < 0,05$), t test ($P < 0,05$) and Pearson correlations ($P < 0,05; 0,01$). Soil fertility due to horticultural crops changed in relation to forest areas (reference); The management of phosphate fertilizations in the areas of vegetables caused increase in levels of available P in the soil, causing contamination of water bodies (dams), the cultivated area (AC5) showed the smallest variations in the chemical attributes, due to the shorter cultivation time, the contents of nitrogen, phosphorus, potassium and pH of the water dams were influenced by rainfall, with reduction of soil pH and P levels, and increasing concentrations of NO_3^{2-} and K, with increasing precipitation; NO_3^{2-} the groundwater (well) was higher 17 times than surface water (dams) and P concentrations of water and dam well. In the driest months were 500% higher than the standard established by CONAMA (2005).

Keywords: Contamination; Diffuse pollution, Eutrophication.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do solo de maneira intensiva, ou a não reposição adequada de nutrientes ao longo do tempo, pode promover de forma progressiva a perda natural da fertilidade e conseqüente degradação deste. Bem como a adição de fertilizantes e defensivos sem o conhecimento e critérios prévios, poderá acarretar tanto desequilíbrios nutricionais como também contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático e mananciais. O contínuo revolvimento do solo e aplicação de resíduos culturais e insumos agrícolas promovem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no pH, na dinâmica dos íons e na agregação do solo (FALLEIRO *et al.*, 2003). As principais causas da degradação de recursos naturais fundamentais para a sobrevivência do homem, como o solo e a água, têm sido a erosão e o manejo da terra sem avaliação prévia das suas potencialidades e limitações (LEONARDO, 2003; SANTOS *et al.*, 2002).

Considerando que o solo é a base para a agricultura e produção florestal sustentável, é necessário adotar práticas de manejo que conservem e, ou, restaurem sua fertilidade, a fim de manter a sua capacidade produtiva (ALVARENGA, 1996).

Segundo Lopes e Guilherme (2000), a utilização racional de insumos agrícolas em busca do aumento da produtividade vem adquirindo importância crescente nas atividades ligadas à agropecuária brasileira. Entretanto, para que esse objetivo seja atingido, torna-se necessário um conhecimento cada vez mais abrangente dos diversos fatores que afetam o seu uso eficiente.

Dentre as atividades agrícolas que mais utilizam insumos, destaca-se a olericultura, caracterizada pela utilização de tecnologias avançadas, em áreas de reduzido tamanho, porém, intensamente manejadas, tanto no espaço quanto no tempo. Os sistemas de produção de hortaliças envolvem, de modo geral, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, tendo em vista que essas culturas necessitam de grandes quantidades de nutrientes num curto período de tempo, sendo consideradas plantas exigentes em nutrientes, além de muito suscetíveis a pragas e doenças.

Em Pernambuco, a produção de hortaliças concentra-se em alguns municípios do Agreste, a exemplo de Camocim de São Félix, São Joaquim do

Monte, Vitória de Santo Antão, Gravatá, Chã Grande dentre outros, com destaque para a microrregião do Brejo Pernambucano. Os ambientes desta microrregião são denominados “brejos de altitude”, e constituem um segmento espacial da região Nordeste onde as condições e recursos naturais (climáticos, edáficos e hídricos) permitem, quando racionalmente utilizados, melhorias das formas de uso da terra e, como consequência, a melhoria estrutural dos setores primário e secundário da economia regional.

O município de Camocim de São Félix tem como principal atividade econômica o cultivo irrigado de hortaliças, com destaque para o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crescimento indeterminado, o repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) e o pimentão (*Capsicum annuum* L.) (SILVA *et al.*, 2001). Segundo os mesmos autores, um dos maiores agravantes no processo de exploração agrícola neste município é o relevo bastante acidentado, visto que não se emprega quase nenhuma prática conservacionista que possa minimizar tanto os processos erosivos quanto a degradação e alteração na fertilidade destas áreas. Grande parte das áreas produtoras de hortaliças é pequena e de cultivo intenso, chegando a uma média de três safras anuais.

Silva *et al.* (2001) constataram que os olericultores de Camocim de São Félix não fazem uso de análises de solos, e que os fertilizantes fosfatados, principalmente a fórmula de NPK 06-24-12 são usados de forma abusiva e sem nenhum controle há pelo menos 30 anos consecutivos, sendo notório o estado de eutrofização das águas utilizadas tanto para irrigação como para consumo humano e animal. Ainda neste sentido, os olericultores desta região costumam limpar a área, retirando os restos culturais para evitar que pragas e doenças do cultivo anterior se restabeleçam no cultivo subsequente, contribuindo para o aumento da erosão hídrica e a consequente degradação do solo e perda da MO, que é um atributo de extrema relevância, uma vez que está relacionado à retenção e fornecimento de diversos nutrientes.

Neste município, os mananciais utilizados tanto para a irrigação como para o consumo humano e animal vêm apresentando indícios de contaminação, com destaque para alterações no pH e na condutividade elétrica e crescimento de uma vegetação densa sobre a superfície das águas, caracterizando processos de

eutrofização pela lixiviação e acúmulo de nutrientes devido ao uso constante de fertilizantes e defensivos usados de forma abusiva e sem nenhum controle.

Assim, considerando o que foi exposto anteriormente, este trabalho teve o objetivo principal de estudar e identificar as possíveis alterações na fertilidade do solo devido à exploração contínua da olericultura no município de Camocim de São Félix (PE), bem como a acumulação de nutrientes nas barragens.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Informações sobre o local da coleta

Os solos e águas de barragens utilizadas neste trabalho são oriundos de áreas produtoras de hortaliças do município de Camocim de São Félix, localizado no Agreste Meridional do Estado de Pernambuco, na microrregião do Brejo Pernambucano. Esta microrregião apresenta, de modo geral, pluviosidade anual entre 900 a 1.300 mm, altitudes que excedem 600 m, raramente ultrapassando 1.000 m, relevo ondulado e forte ondulado, solos muito a moderadamente desenvolvidos, profundos e vegetação natural constituída, predominantemente, de florestas subcaducifólia e/ou subperenifólia.

O manejo do solo para o plantio das hortaliças é semelhante para todas as áreas, independente da classe de solo e do tipo de cultura. O cultivo é feito no interior de sulcos curtos, fechados e nivelados, bem como em covas médias onde são colocadas as sementes e/ou mudas, como também fertilizantes e composto orgânico. Isto facilita a irrigação, reduz a erosão e permite que solos com relevos ondulado e forte ondulado sejam incorporados ao sistema produtivo.

A irrigação é feita quase que diariamente e não há controle da umidade do solo. Os fertilizantes químicos e orgânicos, bem como agrotóxicos, são usados de forma generalizada, sem critérios técnicos adequados. De modo geral não se conhece o nível de fertilidade dos solos nem a qualidade das águas utilizadas nestas áreas.

Para este trabalho foram selecionadas, com base em visitas *in loco* e informações obtidas junto ao escritório local do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA e aos produtores rurais, cinco áreas produtoras de hortaliças com sistema de manejo típico da região (AC1, AC2, AC3, AC4 e AC5), abastecidas com sua barragem própria, e quatro áreas de mata que serviram como referência (AR1, AR2,

AR3, AR4). As áreas de mata compreendiam fragmentos de vegetação florestal secundária no topo das encostas, com o mínimo de intervenção antrópica, em virtude de não existirem nesta região matas preservadas de vegetação primária. As áreas foram geo-referenciadas com auxílio de um aparelho GPS GARMIN eTREX VISTA HCX (Quadro 1).

Quadro 1. Localização geográfica e classificação do solo das áreas trabalhadas no município de Camocim de São Félix (PE)

Áreas	Altitude(m) (¹)	Coordenadas (¹)	Classe de solo (²)
AC1	672	S8° 22' 38,5" e W35° 45' 56,9"	Latossolo Amarelo (LA)
AC2	673	S8° 22' 40,9" e W35° 45' 58,2"	Latossolo Amarelo (LA)
AC3	674	S8° 20' 32,6 " e W35° 45' 02,1"	Latossolo Amarelo (LA)
AC4	675	S8° 20' 33,7" e W35° 45' 06,1"	Latossolo Amarelo (LA)
AC5	688	S8° 20'46,3" e W35° 44' 49,9"	Latossolo Amarelo (LA)
AR1	691	S8° 21' 17,0" e W35° 44' 46,7"	Latossolo Amarelo (LA)
AR2	701	S8° 21' 05,2" e W35° 44' 40,9"	Latossolo Amarelo (LA)
AR3	688	S8° 20' 41,6" e W35° 44' 46,9"	Latossolo Amarelo (LA)
ARR	709	S8° 20' 11,6" e W35° 44' 46,6"	Latossolo Amarelo (LA)

(¹)GPS GARMIN eTREX VISTA HCX em 06/11/2010; (²) EMBRAPA SOLOS (2000)

Durante as visitas e coletas de solo e água foi observada a presença de embalagens de fertilizantes e defensivos em depósitos e nas lavouras, bem como foi feita também uma sondagem junto aos proprietários sobre as culturas que haviam sido exploradas naquelas áreas durante os últimos cinco anos.

Fertilizantes: MAP, DAP, super simples (granulado e em pó), uréia, NPK (06-24-12, 20-10-20, 10-10-10, 10-20-20 e 20-0-20), cloreto de potássio, sulfato de potássio, FTE com micros, fertilizantes foliares (Zn), sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato diamônio.

Defensivos: Chess 500 WE, Lannate BR, Malathion 100 EC, Fastac 100, Haiten, Sumidan 25 EC, Ajifol, Manzate WG, Roundup, Polytrin, Quimifol, Trigard 750 WP, Bravonil Utrex, Cercobim 500 SC, Priori Xtra, Score, Cabrio Top, Folicur 200 EC,

Captan SC, Cuprozeb, Sumilex, Derosal Plus, Maxin XL, Amistar WG, Actara, Karate Zeon 250 CS, Pirate, Decis 25 EC, LoSBan 480, Furadan 350 TS, Dimilin, Marshal 400 SC, Dual Gold, Topik 240 EC, Fusilate 250 EW, Cobra, Roundup Ultra, Goal BR, Diuron, Acefato, Metamidofós.

Últimos cultivos: Tomate, repolho, acelga, alface, pimentão, berinjela, milho, inhame São Tomé, abobrinha, couve-flor, coentro, cebolinha, alho poró, manjeriço, feijão vagem, chuchu, "feijão de corda", ervas medicinais, maracujá, cenoura, morango, mamão e espécies ornamentais.

As áreas trabalhadas possuem manejo semelhante, ou seja, cultivos consecutivos de olerícolas ao longo da encosta, com uso de irrigação, e aplicações de fertilizantes e defensivos de forma preventiva e corretiva. A declividade é semelhante em todas as áreas (AC1=31%, AC2=33%, AC3=32%, AC4=33% e AC5=32%). As áreas AC1, AC2 e AC4 foram cultivadas no último ano por arrendatários, já AC3 e AC5 foram cultivadas por seus próprios donos. Para comparação entre AC e AR, as áreas AC3 e AC4 foram comparadas com a mesma área de mata (AR3), em virtude da extensão da mesma e proximidade com aquelas áreas de cultivo.

No Quadro 2 são apresentadas informações obtidas junto aos proprietários, arrendatários e trabalhadores rurais, durante as visitas de acompanhamento e coletas de solo e água das barragens.

Quadro 2. Informações sobre as áreas trabalhadas em Camocim de São Félix (PE), repassadas por proprietários, atuais arrendatários e trabalhadores

Informação	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
Nome do Sítio	Nezinho-1	Nezinho-2	Palmeira-2	Palmeira-1	Palmeira
Área cultivada (ha)	1,4	1,8	1,2	1,4	1,4
Culturas do último ano*	Tomate, milho e tomate	Tomate, berinjela e tomate	Acelga, couve e acelga	Berinjela, sem plantio e abobrinha	Pimentão, sem plantio e tomate
Usa irrigação?	Mangueira	Mangueira	Microaspersão	Microaspersão	Micro e mangueira
Tem assistência técnica?	Sim, das lojas e do IPA	Sim, das lojas e do IPA	Sim, das lojas	Às vezes, das lojas	Sim, das lojas e do IPA
Adota alguma prática de conservação do solo?	Planto nas mesmas covas todos os anos	Nem sei, é difícil nessa região.	Não sei o que é isso	Não, ouvi falar disso no globo rural	Sulcos em curva de nível
Quanto tempo de cultivo tem a área?	Mais de 30 anos	Mais de 35 anos	Não sei, comprei assim, talvez 20 anos	Não sei, mas deve ter uns 30 anos	Não lembro, mas faz pelo menos 5 anos.
Faz análise de solo?	Já fiz, mas faz tempo	Sim, mas não acredito nisso	A loja leva o solo e faz	Sim, com a loja	Todo ano, com o pessoal da loja
Usa muitos fertilizantes?	Acho que não, é muito caro	Não, o preço não deixa	Sempre que a planta precisa eu uso	Só quando a planta precisa.	Uso, por que o solo é fraco
Quais os fertilizantes mais usados?	MAP, 06-24-12, 20-10-20, nitratos e foliares	06-24-12, cloreto, nitrato e foliares	MAP, Cloreto, nitrato e VITAFOL ZN-10 (foliar) e 06-24-12	06-24-12, cloreto, fertilizante foliar e nitrato	MAP, 06-24-12, cloreto, nitrato e foliar.
Sempre usam defensivos (venenos)?	Claro, se não você não colhe nada	Sim, mais para a broca e doenças	Sempre, é preciso	Uso, se não as pragas tomam de conta	Sim, aqui só produz se usar
Os aplicadores usam EPI's?	Comprei mas eles não usam	Já usei sim, mas agora só uma roupa grossa	Não, mas já fiz um curso	Aqui é difícil, fazemos uma camisa com sacos	Tem, mas os trabalhadores não usam
Costuma misturar defensivos?	Sim, por que aplica tudo de uma vez e gasta menos	Sim, às vezes coloco até o foliar, para ganhar tempo	Não costumo, mas já misturei sim	Dizem que não pode, mas faço, é mais barato	Sim, mas coloco um redutor de pH

* material coletado

2.2. Amostragem do solo e das águas

Nas áreas cultivadas (AC), as amostras de solos foram coletadas nas linhas de plantio, um total de 10 amostras simples para cada amostra composta em cada posição do relevo (terços superior - TS, médio - TM e inferior - TI) e em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Já nas áreas de mata (AR), a coleta foi feita em ziguezague no topo, sendo coletadas 10 amostras simples e homogêneas para formar uma amostra composta, também nas três profundidades coletadas nas áreas cultivadas. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, lacrados e armazenados em temperatura ambiente e transportados para o Laboratório de Manejo do Solo e Água da UFRPE. As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha para a caracterização química.

Foram coletados mensalmente 200 mL de água de barragens que abastecem cada área cultivada (Quadro 3), além de amostras da água consumida na cidade, proveniente de um poço que não passa por tratamento prévio. Durante 12 meses, entre Janeiro e Dezembro de 2010, as coletas foram realizadas entre o 5° e 8° dia de cada mês em pontos diferentes da barragem, evitando locais com água turva ou que contivessem, visualmente, muito material em suspensão, coletando em média cinco sub-amostras para formar uma amostra de 200 mL. Os recipientes usados para a coleta das águas foram previamente imersos em solução ácida (HCl a 3%) durante 24 horas para limpeza. Após a coleta, as amostras foram passadas em papel de filtro qualitativo de filtração lenta (faixa azul), acondicionadas em geladeira a 4°C, e analisadas trimestralmente.

Quadro 3. Localização geográfica das barragens e suas respectivas áreas cultivadas em Camocim de São Félix (PE)

Barragens	Altitude (m) ⁽¹⁾	Coordenadas ⁽¹⁾	Áreas cultivadas
BR-01	643	S8° 22' 34.5" e W35° 45' 59.4"	AC1
BR-02	640	S8° 22' 37.0" e W35° 46' 02.5"	AC2
BR-03	646	S8° 20' 39.3" e W35° 45' 04.9"	AC3
BR-04	656	S8° 20' 36.7" e W35° 45' 00.2"	AC4
BR-05	665	S8° 20' 49.9" e W35° 44' 58.1"	AC5
Poço ⁽²⁾	699	S8° 21' 50.2" e W35° 45' 44.2"	casa

⁽¹⁾ GPS GARMIN eTREX VISTA HCX em 06/11/2010; ⁽²⁾ Amostras de água subterrânea

2.3. Caracterização física do solo

Também foi coletado solo para a caracterização física (Quadro 4) nas profundidades 0-30 e 30-60 cm, sendo determinadas a granulometria e argila dispersa em água pelo método da pipeta, de acordo com Ruiz (2005); densidade do solo pelo método do cilindro volumétrico; densidade de partículas pelo método do balão volumétrico e porosidade total do solo obtida por cálculos matemáticos (EMBRAPA, 1997).

Quadro 4. Caracterização física do solo das áreas produtoras de hortaliças e áreas de matas em Camocim de São Félix (PE)

Áreas	Prof. (cm)	Ds ¹	Dp ²	Pt ³	Ag ⁴	Af ⁵	At ⁶	Sil ⁷	ArT ⁸	ADA ⁹
		---g cm ⁻³ ---		%	-----g kg ⁻¹ -----					
AC1	00-30	1,58	2,44	35,16	380	180	560	160	280	132
	30-60	1,68	2,70	37,71	400	210	610	100	290	98
AC2	00-30	1,28	2,53	49,48	340	80	420	60	520	15
	30-60	1,48	2,59	42,97	440	100	540	240	220	44
AC3	00-30	1,67	2,62	36,28	420	160	580	60	360	37
	30-60	1,71	2,46	30,42	400	100	500	80	420	154
AC4	00-30	1,50	2,54	41,06	390	340	730	60	210	141
	30-60	1,45	2,65	45,22	380	170	560	170	270	84
AC5	00-30	1,40	2,40	41,49	450	90	540	120	340	14
	30-60	1,45	2,42	40,06	500	230	730	100	170	65
AR1	00-30	1,19	2,38	50,15	340	30	370	60	570	122
	30-60	1,09	2,46	55,82	310	140	450	160	390	212
AR2	00-30	1,27	2,61	51,37	460	150	610	80	310	163
	30-60	1,17	2,62	55,39	360	210	570	120	310	163
AR3	00-30	1,48	2,59	42,67	410	160	570	210	220	154
	30-60	1,43	2,64	45,68	390	160	550	120	330	173
AR4	00-30	1,27	2,52	49,76	430	170	600	190	210	63
	30-60	1,27	2,59	50,82	390	150	540	90	370	62

¹Densidade solo; ²Densidade das partículas; ³Porosidade total; ⁴Areia grossa; ⁵Areia fina; ⁶Areia total; ⁷Silte; ⁸Argila total e ⁹Argila Dispersa em Água

2.4. Análises químicas

2.4.1. Solos

As determinações para caracterização química do solo foram: pH (aferido em H₂O e KCl 1 mol.L⁻¹, relação 1:2,5), Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com solução de cloreto de potássio 1 mol.L⁻¹, sendo Ca²⁺ e Mg²⁺ determinados por titrimetria com EDTA a 0,0125 mol.L⁻¹, H⁺ + Al³⁺ (extraídos com solução de acetato de cálcio 1 mol.L⁻¹ a pH 7,0 e determinados por titrimetria com NaOH 0,0606 mol.L⁻¹), P, K⁺ e Na⁺ disponíveis foram extraídos com solução de Mehlich-1, o P foi dosado por colorimetria, K⁺ e Na⁺ foram determinados por espectrofotometria de emissão de chama; Carbono orgânico obtido pelo método do Walkey-Black; e N total pelo método Kjeldahl por destilação a vapor. A partir dos dados obtidos foram calculados: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T) e saturação por bases (V%) e por alumínio (m%). Essas determinações foram realizadas conforme EMBRAPA (1997).

2.4.2. Águas

As análises das águas consistiram em: pH aferido com pHmetro digital, P dosado por colorimetria, NO₃²⁻ determinado segundo Mendonça *et al.* (2005), adaptado de Yang (1998), e K⁺ determinado por espectrofotometria de emissão de chama.

2.5. Análises estatísticas

Para comparações entre as áreas cultivadas, considerou-se o delineamento em blocos, com três tratamentos, sendo as cinco áreas (AC1, AC2, AC3, AC4 e AC5) os blocos e as três posições na encosta (TS, TM e TI) os tratamentos, para três profundidades de coleta de solo (0-10, 10-30, e 30-60 cm), perfazendo um arranjo fatorial de 5 x 3 x 3. As variáveis estudadas foram submetidas à análise da variância e teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos. Foi realizado o teste t (5%) para médias pareadas visando comparações entre AC e AR, além de correlações de Pearson a 1% e 5% de probabilidade entre os atributos químicos do solo. Todas estas análises foram realizadas empregando-se o software SAEG 9.0 (2007), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atributos químicos dos solos

As características químicas das áreas cultivadas com olerícolas, nos terços superior, médio e inferior da encosta, nas três profundidades avaliadas são apresentadas no Quadro 5.

A análise da variância dos dados não mostrou diferenças significativas para a maioria dos atributos do solo avaliados em função da posição na encosta. No entanto, para a camada de 0 a 10 cm de profundidade, a percentagem de MO e CTC apresentaram valores significativamente mais elevados no terço superior da encosta, em relação ao terço inferior, possivelmente a MO na posição TS pareceu influenciar também a CTC, que apresentou maiores valores nessa mesma posição. Os valores de H + Al na posição TS foram significativamente maiores que no TM, influenciado talvez por altos teores de Al^{3+} e MO apresentados nesta posição do relevo. Na presença de MO, ocorre retenção preferencial de cátions de maior valência (Silva *et al.*, 2006). Valores semelhantes foram encontrados por Texeira *et al.* (2010), em fragmentos de matas nativas em Tamandaré-PE.

Relação inversa foi observada para a saturação por bases (V%), com valores mais elevados no TM em relação ao TS. Na camada de 30-60 cm, SB e CTC apresentaram valores significativamente maiores no terço superior da encosta, em comparação com o terço inferior (Quadro 5). Valores semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2009), que sugeriram que isso possa ter ocorrido em função do uso intensivo nas áreas agrícolas, sem reposição dos elementos retirados pela colheita e, ainda, com a contribuição de processos erosivos, que são mais intensos nas áreas sob encostas com reduzida cobertura vegetal.

Quadro 5. Atributos químicos do solo nos terços superior, médio e inferior da encosta, em três profundidades diferentes de coleta. Médias de cinco áreas produtoras de olerícolas

Posição na encosta	pH KCl	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	N dag kg ⁻¹	MO %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H +Al	Al ³⁺	SB	CTC	PST	m	V	
						-----cmol _c dm ⁻³ -----										-----%-----	
0 - 10 (cm)																	
TS	5,81a	5,17a	170a	0,39a	2,61a	4,26 a	2,30a	1,50a	0,18a	3,60a	0,14a	8,24a	11,83a	1,52a	1,16a	69,6 b	
TM	6,24a	5,59a	206a	0,30a	2,21ab	4,23a	2,17a	1,81a	0,22a	1,78b	0,11a	8,43a	10,2ab	2,19a	1,11a	81,4a	
TI	5,83a	5,06a	150a	0,32a	2,016b	3,78 a	1,50a	1,03 a	0,13a	2,41ab	0,08a	6,44a	8,85b	1,37a	0,89a	72,6ab	
10 – 30 (cm)																	
TS	6,01a	5,08a	101a	0,29a	1,95a	3,76a	1,96a	1,05a	0,13a	3,37a	0,15a	6,91a	10,3a	1,26a	1,49a	67,7a	
TM	6,33a	5,47a	174a	0,29a	1,64a	3,73a	1,89a	0,66a	0,12a	1,82a	0,14a	6,40a	8,21a	1,49a	1,69a	77,2a	
TI	5,70a	5,05a	132a	0,24a	1,70a	3,49a	1,60a	0,53a	0,12a	2,47a	0,10a	5,73a	8,21a	1,42a	1,25a	67,0a	
30 – 60 (cm)																	
TS	5,93a	4,84a	99a	0,29a	1,62a	3,43a	1,36a	1,39a	0,17a	3,76a	0,12a	6,35a	10,2a	1,75a	1,25a	63,9a	
TM	6,37a	5,36a	137a	0,26a	1,34a	3,66a	1,45a	0,59a	0,12a	2,31a	0,12a	5,82ab	8,13ab	1,55a	1,45a	72,5a	
TI	6,14a	5,25a	135a	0,31a	1,15a	2,68a	1,01a	0,50a	0,13a	2,18a	0,12a	4,33b	6,51b	2,03a	1,74a	68,9a	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas dentro de cada profundidade de coleta não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tuckey (P<0,05)

Comparando os valores de pH (água e KCl), P, MO, H + Al e Al entre as áreas cultivadas e as áreas de mata correspondentes (Quadro 6), observa-se que o pH do solo nas áreas cultivadas (AC) foi estatisticamente superior ao pH das áreas de mata (AR) para todas as profundidades, com exceção da A4 (0-10cm) e da A5 (30-60cm). Silva (2010), em áreas cultivadas com mangueiras e de caatinga no sertão de Pernambuco, obteve resultados semelhantes e sugeriu que o aumento do pH de áreas cultivadas em relação ao de áreas de referência possa ter ocorrido devido às práticas agrícolas, principalmente calagem.

Quadro 6. Atributos químicos (pH, P, MO, Al e H+Al) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60 cm

Área	pH		P		MO		Al ³⁺		H + Al	
	-----H ₂ O-----		---mg dm ⁻³ ---		-----g kg ⁻¹ -----		-----mg kg ⁻¹ -----			
	AC	AR	AC	AR	AC	AR	AC	AR	AC	AR
0-10 cm										
1	6,25aA	4,78B	203aA	8B	2,28abB	4,55A	0,12aB	0,80A	2,09bB	13,53A
2	5,92aA	4,64B	204aA	6B	2,87aB	4,32A	0,12aB	1,10A	3,96aB	12,38A
3	5,67aA	4,63*B	137aA	8*B	1,41bB	3,86*A	0,08aB	0,70*A	2,81abB	5,28*A
4	5,57aA	4,63*A	258aA	8*B	2,38aB	3,86*A	0,15aB	0,70*A	2,53abB	5,28*A
5	6,39aA	4,18B	75aA	5**B	2,37bB	3,97**A	0,08aB	0,95**A	1,60bB	11,39**A
10-30 cm										
1	6,40aA	4,48B	182aA	5B	1,84abB	4,32A	0,12aB	1,31A	2,09aB	14,36A
2	6,19aA	4,57B	71aA	4B	2,02abB	3,86A	0,17aB	1,15A	3,56aB	11,88A
3	5,94aA	4,51*B	157aA	3*B	1,08bB	3,26*A	0,08aB	0,95*A	2,04aB	7,26*A
4	5,83aA	4,51*B	232aA	3*B	1,58abB	3,26*A	0,15aB	0,95*A	2,37aB	7,26*A
5	5,71aA	4,42**B	36aA	4**B	2,28aB	3,34**A	0,13aB	1,45**A	2,70aB	8,58**A
30-60 cm										
1	6,56aA	4,82B	248aA	6B	1,64abB	3,71A	0,13aB	1,30A	1,76aB	13,2A
2	6,23aA	4,74B	72aA	2B	1,46abB	3,57A	0,15aB	1,15A	3,96aB	11,1A
3	5,87aA	4,29*B	99aA	2*B	0,61cB	2,19*A	0,07aB	1,40*A	1,54aB	8,75*A
4	6,14aA	4,29*B	187aA	2*B	1,18bcB	2,19*A	0,07aB	1,40*A	2,04aB	8,75*A
5	5,94aA	5,2**A	12aA	2**B	1,96aB	2,78**A	0,18aB	1,85**A	4,46aB	7,26**A

Médias seguidas de letras minúsculas idênticas nas colunas, para cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), e médias seguidas por letras maiúsculas idênticas nas linhas (entre AC e AR) não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas (P<0,05)

*Valores da área AR3; **Valores da área AR4

Comparando as AC observou-se que não ocorreu variação significativa do pH para as três profundidades (Quadro 6). Os maiores valores de pH das AC em relação às AR ocorreu devido à prática da calagem ou adição de fertilizantes e/ou

MO no cultivo destas áreas ao longo do tempo, justificando a redução dos teores de Al e H+Al nas AC, que apresentaram valores muito inferiores aos das AR. Esses valores diferem dos encontrados por Silva (2010), em ambientes sob vegetação de caatinga, no sertão pernambucano, onde não se verificou aumento nos teores de Al ou de H+Al com o aumento da profundidade, talvez pela menor precipitação, que promoveu menor intemperização e lixiviação de bases, ocorrendo o inverso na região em estudo, caracterizada por maior precipitação e por solos mais profundos e maduros. No entanto, os resultados deste trabalho corroboram com os encontrados por Theodoro *et al.* (2003), que encontraram maiores teores de Al e H+Al em solos sob mata nativa, comparadas com áreas cultivadas com cafeeiro.

Correlações positivas e altamente significativas foram observadas entre o pH x Ca, SB e V nas três profundidades de coleta do solo nas AC (Quadros 9, 10 e 11). Prado *et al.* (2003) e Tissi *et al.* (2004), aplicando calcário ao solo, observaram aumento linear do pH do solo com a elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis e com a saturação por bases. Para Caíres (2004) e Rosolem (2006) é evidente o efeito da calagem no aumento dos valores de pH e de saturação por bases, bem como nos teores de cálcio e magnésio.

As correlações significativas ($P < 0,05$) e negativas estabelecidas entre H+Al e o pH já eram esperadas, e podem ser explicadas pela ação acidificante do H^+ e Al^{3+} no solo. Os teores de Al^{3+} encontrados neste trabalho nas AC, para todas as profundidades, ficaram abaixo de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerados baixos a muito baixos, de acordo com Faria *et al.* (2007). Já nas áreas de mata (AR), os teores de Al^{3+} para as três profundidades variaram de médios a altos, ou seja, entre $0,4-1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e maiores que $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente.

As percentagens de MO nas áreas de mata (AR) foram estatisticamente superiores ($P < 0,05$) às das áreas cultivadas (AC), para as três profundidades (Quadro 6). Observou-se uma tendência de diminuição da MO em profundidade em consequência, provavelmente, do menor desenvolvimento de raízes das culturas olerícolas, resultados também encontrados por Corrêa *et al.* (2001), que detectaram valores decrescentes de MO ao longo do perfil do solo, tanto em ambientes de mata como sob cultivo de cana-de-açúcar.

As áreas de mata apresentaram percentagens de matéria orgânica significativamente mais elevadas, como esperado, uma vez que nesses ambientes a

MO permanece mais preservada em virtude da não mobilização do solo, da maior diversidade de espécies vegetais e da maior reciclagem do carbono propiciada pela reposição continuada do material orgânico vegetal (ALMEIDA *et al.*, 2005). Por outro lado, a retirada dos restos culturais das áreas cultivadas com o intuito de reduzir o foco de pragas e doenças para os plantios seguintes é uma prática comum entre os olericultores da região, contribuindo para a redução dos teores nestas áreas, embora o uso da cama de frango como adubação orgânica explique o maior teor de MO nas camadas superficiais do solo.

Observou-se correlação positiva e altamente significativa entre MO e CTC do solo, tanto nas AC quanto nas AR, nas três profundidades (Quadros 9, 10 e 11).

Os teores de fósforo foram os que apresentaram maiores diferenças entre AC e AR. Todas as áreas cultivadas apresentaram valores estatisticamente superiores ($P < 0,05$) aos das áreas de mata, mas as AC não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade (Quadro 06).

A área cultivada AC5 apresentou os menores valores de P para todas as profundidades, esse fato pode ser um indicativo do uso maciço de fertilizações fosfatadas nas outras áreas, já que dentre as áreas cultivadas, esta é a de menor tempo de cultivo (apenas 5 anos), as demais já vêm sendo cultivadas há pelo menos 25 anos consecutivos.

Segundo Farias *et al.* (2007) teores de P acima de 40 mg dm^{-3} , tanto para solos arenosos quanto argilosos, são considerados muito altos. Silva (2010) encontrou teores elevados de P em áreas cultivadas e atribuiu isso às práticas de fertilizações minerais adotadas pelas empresas agrícolas. Segundo este autor, o excesso de fósforo no solo pode contribuir com desequilíbrios nutricionais e com a contaminação dos mananciais de água. Resultados semelhantes também foram encontrados por Sanches *et al.* (1999), Araujo *et al.*, (2000) e Costa (2009). O aumento de P nas áreas cultivadas, em níveis preocupantes, pode realmente estar ligado às práticas agrícolas inadequadas, visto que os olericultores da região estudada usam de forma abusiva e sem nenhum controle fertilizantes fosfatados, principalmente a fórmula de NPK 06-24-12 e não fazem uso de análises de solos ou de fertilizantes (SILVA *et al.*, 2001).

Os solos das regiões produtoras, que antes de serem cultivados apresentavam algumas limitações de seus atributos químicos para o cultivo, tais

como elevada acidez, baixo nível de fósforo, boro, dentre outros, depois que passaram a ser cultivados apresentaram níveis de nutrientes bastante elevados, podendo assim causar desequilíbrios nutricionais às plantas. Neste caso, comumente observam-se solos com teores de fósforo que podem causar problemas de antagonismo, isto é, o excesso de P inibe a absorção, por exemplo, de zinco, mesmo que o nível do nutriente no solo seja adequado para a planta (MELO, 2006). Sharpley *et al.* (1996) afirmam que teores superiores a 120 mg kg^{-1} de P, extraídos com Mehlich-1, são considerados críticos no solo e não se recomenda fertilizações fosfatadas até a diminuição significativa desses teores.

Nas profundidades 10-30 e 30-60 cm, o P estabeleceu correlações com o H+Al, negativa e significativa ($P < 0,05$) para as áreas cultivadas, e correlações altamente significativas e positivas a 1 e 5% para as áreas de mata (Quadros 9, 10 e 11). Este fato pode estar relacionado ao processo de adsorção de fósforo aos óxidos de Fe e Al. Segundo Novais *et al.* (2007) a baixa capacidade de adsorção da MO, em relação aos óxidos de Fe e de Al, mais eficazes e ativos na adsorção de P, é mais forte na faixa de pH entre 4,9 e 6,5, onde os óxidos de Fe e de Al apresentam cargas positivas, atraindo o ânion ortofosfato, enquanto a MO tem cargas negativas, repelindo o ânion ortofosfato. Eberhardt *et al.* (2008) obtiveram correlação negativa e significativa entre o P (extraído com Mehlich-1) e H+Al e observaram que ocorreu maior adsorção de fosfatos aos óxidos de Fe e de Al livres e amorfos, que também apresentaram correlação negativa com o P. Já a correlação significativa e positiva do P x H+Al nas áreas de mata pode estar relacionada à influência da MO na adsorção do P, visto que neste ambiente os teores de MO são mais altos que nas AC. De acordo com alguns autores (SANYAL e DE DATTA, 1991; VILLAPANDO e GRAETZ, 2001), o caráter aniônico da MO reduz a adsorção de P em solos, por meio de ácidos orgânicos adsorvidos, bloqueando sítios de adsorção e/ou solubilizando os oxidróxidos de Al, Fe e Ca, reduzindo suas superfícies de adsorção (AZEVEDO *et al.*, 2004; GUPPY *et al.*, 2005).

Os teores de cálcio foram significativamente mais elevados nas áreas cultivadas (AC) quando comparadas às áreas de mata (AR), nas três profundidades (Quadro 7), devido às calagens efetuadas periodicamente ou à adição de fertilizantes que contêm Ca em sua formulação, como nitrato de cálcio (18 a 19% de Ca), superfosfato simples (18 a 20% de Ca), superfosfato triplo (12 a 14% da Ca) e

fosfato bicálcico (12 a 14% de Ca) (ALCARDE *et al.*, 1991). A comparação entre as áreas cultivadas não mostrou diferenças significativas ($P < 0,05$) para os teores de Ca; isso pode ser um indício da semelhança no manejo dessas áreas.

Quadro 7. Atributos químicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60 cm

Áreas	Ca		Mg		K		Na	
	AC	AR	AC	AR	AC	AR	AC	AR
0-10 cm								
1	4,91aA	1,50B	2,02aA	3,20A	1,59aA	0,51B	0,14aA	0,07B
2	3,90aA	1,25B	2,28aA	1,53A	1,25aA	0,09B	0,24aA	0,05B
3	3,13aA	1,00*B	1,15aB	2,74*A	0,49aA	0,21*B	0,15aA	0,14*A
4	4,03aA	1,00*B	2,08aA	2,74*A	2,02aA	0,21*B	0,22aA	0,14*A
5	4,47aA	0,80**B	2,43aA	3,01**A	1,90aA	0,17**B	0,12aA	0,03**B
10-30 cm								
1	4,65aA	1,30B	2,18aA	1,51A	1,13aA	0,63A	0,10abA	0,07A
2	3,43aA	1,20B	2,83aA	2,54A	0,82aA	0,09B	0,21aA	0,08A
3	3,02aA	1,05*B	0,83aB	1,61*A	0,23aA	0,08*B	0,09abA	0,01*B
4	3,42aA	1,05*B	1,74aA	1,61*A	0,56aA	0,08*B	0,15abA	0,01*B
5	3,79aA	0,60**B	1,50aA	1,66**A	1,01aA	0,15**B	0,06bA	0,04**B
30-60 cm								
1	4,85aA	1,35B	1,60aA	1,50A	0,91aA	0,66A	0,12aA	0,08A
2	3,17aA	1,15B	1,49abB	2,74A	0,89aA	0,08B	0,19aA	0,12B
3	2,47aA	1,30*B	0,67bA	0,96*A	0,18aA	0,06*B	0,10aA	0,01*B
4	3,33aA	1,30*B	1,08abA	0,96*A	0,98aA	0,06*B	0,13aA	0,01*B
5	2,47aA	0,50**B	1,57abA	1,35**A	1,17aA	0,08**B	0,16aA	0,03**B

Médias seguidas de letras minúsculas idênticas nas linhas, para cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), e médias seguidas por letras maiúsculas idênticas nas colunas (entre AC e AR) não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*Valores da área AR3; **Valores da área AR4

Com relação aos teores de magnésio, observaram-se os maiores valores nas áreas de mata, embora sem diferença estatística para as áreas cultivadas, excetuando-se apenas as áreas cultivadas AC3 nas profundidades 0-10 e 10-30 cm e AC1 e AC2 na profundidade 30-60 cm, que foram estatisticamente inferiores ($P < 0,05$) às suas respectivas áreas de referência (Quadro 7). Os teores de Mg nas áreas cultivadas podem ser considerados médios a altos ($0,7-1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e altos nas áreas de mata ($>1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), de acordo com Faria *et al.* (2007).

Simulando o cálculo da necessidade de calagem nas áreas cultivadas, para posterior plantio de tomate, tomando como base a profundidade 0-30 cm (média dos valores das profundidades 0-10 e 10-30 cm), e considerando a seguinte fórmula $NC = 2 \times Al + [3 - (Ca + Mg)]$ para o cálculo, obter-se-iam os seguintes valores: AC1 = - 3,64 t; AC2 = - 2,93 t; AC3 = - 0,91 t; AC4 = - 2,34 t e AC5 = - 2,89 t, respectivamente, ou seja, como a NC para todas as áreas foi negativa, há um excedente de Ca e Mg no solo, não sendo necessário fazer o uso de calagem por um certo tempo, até que os teores desses dois elementos venham a reduzir evitando desbalanço nutricional.

A absorção do Ca e do Mg é competitiva e o antagonismo implica que o excesso de um desses elementos resultará na diminuição na absorção do outro. Hernandez e Silveira (1998), trabalhando com milho, observaram que elevadas concentrações de Ca no solo devido às altas aplicações de carbonato de cálcio, tiveram efeito depressivo sobre o teor de Mg na parte aérea das plantas, ocasionado pelo antagonismo do Ca na absorção do Mg e, segundo esses autores, a relação Ca:Mg de 3:1 e a saturação por bases de 65% favoreceu a absorção de P pelas plantas. Neste trabalho as relações Ca:Mg nas áreas cultivadas não ultrapassaram 4:1, sendo que as maiores relações ocorreram na profundidade 30-60 cm. Já nas áreas de mata essas relações foram inferiores a 2:1, indicando a entrada do Ca no sistema solo das AC através de calagens e/ou uso de fertilizantes contendo Ca^{2+} na sua formulação, como sugerido por Silva (2010).

O Ca estabeleceu correlações positivas com o pH e SB nas áreas cultivadas, em todas as profundidades, sendo que as correlações com SB (soma de bases) foram mais íntimas ($P < 0,01$) (Quadros 9, 10 e 11). Observaram-se correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre Ca x V% (saturação por bases) e Al, nas profundidades 0-10 e 30-60 cm, e entre Ca x MO, na profundidade 0-10 cm, tanto para AC quanto para AR. As correlações estabelecidas entre Ca x pH já eram esperadas, visto que o aumento de cátions básicos na solução do solo tende a elevar também o pH do meio, devido à neutralização da acidez causada por H + Al.

O Mg correlacionou-se positivamente e significativamente com a SB nas três profundidades das áreas cultivadas e com o teor de K nas profundidades 0-10 e 10-30 cm (Quadros 9, 10 e 11). A relação K/Mg no solo acima de 10:1 induz à carência de Mg (PIONEER, 1994), mas isso não foi observado neste trabalho, visto que os

teores de Mg, tanto nas AC quanto nas AR, foram relativamente superiores aos teores de K. Oliveira *et al.* (2001) sugerem que a disponibilidade de K no solo e a sua absorção pelas plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions divalentes, Ca e Mg, dominantes do complexo de troca. Pioneer (1994) considera a seguinte relação entre bases adequada para a maioria das culturas: 13 a 17 para a relação Ca:K; 2 a 4 para Mg:K; e 3 a 5 para Ca:Mg.

Os teores de potássio nas áreas cultivadas foram estatisticamente superiores ($P < 0,05$) aos das áreas de mata (Quadro 7), com exceção da AC1 nas profundidades 10-30 e 30-60 cm. Esses acréscimos de K nas AC resultam de aplicações sucessivas de fertilizantes potássicos, como o solo foi coletado em pleno estágio de crescimento das culturas, possivelmente teve a influência do K adicionado na fertilização de fundação e cobertura. Na AC3 observaram-se os menores teores de K, possivelmente devido ao menor teor de MO no solo desta área, tanto na AC quanto na AR, nas três profundidades de coleta do solo. Adição de matéria orgânica é altamente desejável não só pelo K que contém e pelo que ajuda a liberar, mas, também, porque ela estimula a absorção de K, as condições de aeração, de umidade, e a retenção contra a lavagem (CARVALHO, 2002).

Observou-se acúmulo de K na camada superficial do solo, bem como a diminuição dos teores em profundidade para as AC estudadas, o que também foi verificado por outros pesquisadores (BAYER e MIELNICZUK, 1997; SOUZA e ALVES, 2003). Este acúmulo de K na superfície do solo pode estar relacionado aos maiores teores de MO na superfície das AC. É comum o uso de cama de frango como fertilizante orgânico pelos olericultores desta região, embora ela apresente baixa concentração de nutrientes em relação aos fertilizantes minerais, a capacidade de liberação de K deste produto independe da taxa de mineralização, tornando-se disponível às plantas em pouco tempo após ser adicionado ao solo. Outro fato que pode justificar a ligação do K com a MO é o estabelecimento de correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) entre K x CTC nas áreas cultivadas, nas três profundidades. Devido à semelhança no manejo e condução das áreas, não se observou diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para os teores de K entre as áreas cultivadas.

Com exceção da AC3, todas as demais AC apresentaram teores de K considerados muito altos ($> 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Quadro 7), nas três profundidades, de

acordo com Faria *et al.* (2007). A área cultivada AC3 foi também a que apresentou os menores teores de MO no solo em todas as profundidades. Essa informação justifica as correlações positivas e significativas estabelecidas entre K, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) (Quadros 9, 10 e 11).

Foram observadas diferenças significativas nos teores de sódio entre áreas cultivadas e de mata, nas áreas 1, 2 e 5 (profundidade 0-10 cm), na profundidade 10-30 cm entre 3, 4 e 5, e nas áreas 2, 3, 4 e 5 (profundidade 30-60 cm), sendo que onde houve diferença estatística entre AC e AR, as áreas cultivadas apresentaram teores de Na mais elevados, embora sem características sódicas (Quadro 7).

Todas as áreas cultivadas apresentaram aumento nas somas de bases e, com exceção de AC3 na profundidade 0-10 cm e de AC2 na profundidade 30-60 cm (Quadro 8), todas foram estatisticamente superiores ($P < 0,05$) às áreas de mata, nas três profundidades. Verificou-se uma redução na SB em profundidade, possivelmente pela baixa mobilidade de alguns cátions, ou pelo fato das aplicações de fertilizantes serem feitas a pouca profundidade, para atingir a área explorada pelas raízes das hortaliças cultivadas nesta região. Outro fato é o maior teor de MO em superfície, fazendo aumentar a CTC nesta camada, retendo mais bases. De acordo com Santos *et al.* (2001), a aplicação de fertilizante orgânico nas camadas superiores do solo aumenta o suprimento de macro e micronutrientes, a soma de bases e a CTC. MO pode contribuir com até 80% das cargas negativas do solo, e isso explica o fato de a CTC estar, em grande parte, associada à matéria orgânica do solo. Souza (2000) confirma que há efeito positivo da adubação orgânica no aumento e na manutenção da fertilidade do solo.

A CTC do solo teve comportamento semelhante ao da MO, justificado pela elevada correlação positiva entre esses atributos (Quadros 9, 10 e 11). As áreas de mata, de modo geral, apresentaram valores de CTC e MO superiores aos das áreas cultivadas ao longo do perfil, ressaltando que a CTC da matéria orgânica varia de 100 a 300 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (CASANELLAS *et al.*, 2003). Segundo Faria *et al.* (2007), a CTC das áreas cultivadas pode ser considerada média (5,0-10,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), enquanto a das áreas de mata se enquadra como alta ($> 10,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Essa redução na CTC das AC possivelmente ocorreu devido a não reposição da MO, perdida ou mineralizada, tendo em vista que os olericultores desta região costumam retirar os restos culturais, como forma de limpeza da área e redução do foco de

pragas e doenças para os cultivos subseqüentes. O uso de compostos orgânicos como a cama de frango e outros, comum na região, não parece suprir a demanda por MO nessas áreas, provavelmente devido à sua rápida decomposição e mineralização.

Quadro 8. Atributos químicos (SB, CTC_{total} e V) de solos em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata (AR) nas profundidades 0-10, 10-30 e 30-60cm

Áreas	SB		CTC		V	
	-----cmol _c dm ⁻¹ -----		-----		-----%-----	
	AC	AR	AC	AR	AC	AR
0-10 cm						
1	8,66aA	5,28B	10,8abB	18,81A	80,6bA	28,05B
2	7,68bA	2,92B	11,6aB	15,29A	66,0bA	19,09B
3	4,92bA	4,09*A	7,73bA	9,37*A	64,2bA	43,65*B
4	8,34aA	4,09*B	10,9abA	9,37*A	78,0abA	43,65*B
5	8,91aA	4,01**B	10,5abB	15,4**A	83,9aA	26,05**B
10-30 cm						
1	8,06aA	3,51B	10,2aB	17,87A	79,3aA	19,66B
2	7,30aA	3,91B	10,9aB	15,79A	68,0aA	24,76B
3	4,17aA	2,75*B	6,20bB	10,01*A	67,1aA	27,49*B
4	5,86abA	2,75*B	8,23abA	10,01*A	74,3aA	27,49*B
5	6,34abA	2,45**B	9,03abA	11,03**A	69,5aA	22,18**B
30-60 cm						
1	7,48aA	3,59B	9,24aB	16,79A	80,5aA	21,37B
2	5,74abA	4,09A	9,70aB	15,15A	61,8aA	27,01B
3	3,43bA	2,33*B	4,97bB	11,07*A	69,3aA	21,02*B
4	5,52abA	2,33*B	7,56abA	11,07*A	77,6aA	21,02*B
5	5,33abA	1,97**B	9,78aA	9,23**A	53,1a A	21,31**B

Médias seguidas de letras minúsculas idênticas nas linhas, para cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05), e médias seguidas por letras maiúsculas idênticas nas colunas (entre AC e AR) não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas (P<0,05)

*Valores da área AR3; **Valores da área AR4

As altas correlações positivas e significativas (P<0,01) entre CTC e MO, tanto nas AC quanto nas AR, evidenciam a participação da MO na elevação da CTC dos solos. Silva (2010) ressalta que a MO aumenta as cargas negativas do solo, contribuindo para maior retenção de bases trocáveis, provenientes de fertilizantes e/ou corretivos, confirmada pela ocorrência de correlação entre a CTC x V% e MO x V% (Quadros 9, 10 e 11).

Quadro 9. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de referência (AR) na profundidade 0-10 cm

	Áreas	pH	M.O	P	H+Al	Ca	Mg	Al	K
M.O	AC	0,12 ^{ns}	-	0,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,45*	0,59**	0,41 ^{ns}	0,32 ^{ns}
	AR	0,47 ^{ns}	-	0,00 ^{ns}	0,86*	0,90*	-0,12 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,56 ^{ns}
P	AC	-0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-	-0,01 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,42*
	AR	0,81*	0,00 ^{ns}	-	-0,49 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,82*	0,56 ^{ns}
H+Al	AC	-0,49*	0,41 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-	-0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,4 ^{ns}
	AR	-0,05 ^{ns}	0,86*	-0,49 ^{ns}	-	0,54 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Ca	AC	0,60**	0,45*	-0,28 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-	0,21 ^{ns}	0,43*	0,32 ^{ns}
	AR	0,81*	0,90*	0,43 ^{ns}	0,54 ^{ns}	-	-0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Mg	AC	0,28 ^{ns}	0,59**	0,28 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-	0,34 ^{ns}	0,72**
	AR	-0,16 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-	-0,66 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Al	AC	-0,01 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,43*	0,34 ^{ns}	-	0,36 ^{ns}
	AR	-0,32 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-0,82*	0,71 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	-	-0,4 ^{ns}
K	AC	0,35 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,42*	-0,41 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,72**	0,3 ^{ns}	-
	AR	0,48 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,69 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-
SB	AC	0,53*	0,59**	0,19 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,66*	0,82**	0,50*	0,87**
	AR	0,26 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,89*	-0,62 ^{ns}	0,94**
CTC	AC	0,20 ^{ns}	0,82**	0,17 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,51*	0,78**	0,70*	0,58**
	AR	0,00 ^{ns}	0,88*	-0,36 ^{ns}	0,98**	0,59 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,48 ^{ns}
V	AC	0,61**	0,02 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,86**	0,48*	0,41 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,76**
	AR	0,20 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	0,71 ^{ns}	-0,92**	-0,34 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-0,93**	0,09 ^{ns}
m	AC	-0,13 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,82**	0,06 ^{ns}
	AR	-0,14 ^{ns}	-0,75 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,73 ^{ns}	-0,60 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,85*

*, ** e ns: significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, e não significativos respectivamente

A saturação por bases (V%) das AC foi numericamente e estatisticamente superior ($P < 0,05$) à das AR (Quadro 8), certamente é um reflexo da adição contínua de fertilizantes e corretivos ao longo dos anos nessas áreas, evidenciado pela correlação positiva e significativa ($< 0,01$) entre V% e o pH e correlações significativas e negativas entre V% e H+Al, ou seja, o aumento de bases no complexo de troca reduz os teores disponíveis de H^+ e de Al^{3+} do solo.

Quadro 10. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de referência (AR) na profundidade 10-30 cm

	Áreas	pH	M.O	P	H+Al	Ca	Mg	Al	K
M.O	AC	0,12 ^{ns}	-	-0,45*	0,68*	0,28 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,51*
	AR	0,17 ^{ns}	-	0,90*	0,99*	0,67 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,84*
P	AC	0,22 ^{ns}	-0,45*	-	-0,46*	-0,11 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
	AR	-0,23 ^{ns}	0,90*	-	0,92 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,85*
H+Al	AC	-0,42*	0,68*	-0,46*	-	-0,09 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,19 ^{ns}
	AR	0,15 ^{ns}	0,99*	0,92*	-	0,60 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,80*
Ca	AC	0,46*	0,28 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-	0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}
	AR	0,71 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,60 ^{ns}	-	0,22 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Mg	AC	0,48*	0,38 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-	0,32 ^{ns}	0,46*
	AR	0,70 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-	-0,02 ^{ns}	-0,37 ^{ns}
Al	AC	0,10 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-	0,04 ^{ns}
	AR	-0,65 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,48 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-	0,46 ^{ns}
K	AC	0,43*	0,51*	-0,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,46*	0,04 ^{ns}	-
	AR	-0,27	0,84*	0,85*	0,80*	0,46 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-
SB	AC	0,63**	0,52*	-0,13 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,61**	0,84**	0,27 ^{ns}	0,68**
	AR	0,70 ^{ns}	0,80*	0,53 ^{ns}	0,80*	0,79 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,36 ^{ns}
CTC	AC	0,24 ^{ns}	0,76**	-0,35 ^{ns}	0,68**	0,40 ^{ns}	0,76**	0,37 ^{ns}	0,61**
	AR	0,25 ^{ns}	0,99*	0,88*	0,99**	0,65 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,75 ^{ns}
V	AC	0,70**	-0,33 ^{ns}	0,43*	-0,81**	0,35 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,25 ^{ns}
	AR	0,48 ^{ns}	-0,75 ^{ns}	-0,96**	-0,79*	-0,04 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,87*	-0,83**
m	AC	-0,01 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,87**	-0,26 ^{ns}
	AR	-0,77 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	-0,99**	-0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,40 ^{ns}

*, ** e ns: significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, e não significativos respectivamente

Com relação aos níveis de fertilidade do solo, a saturação por bases das áreas cultivadas pode ser considerada de média a alta, e a das áreas de mata considerada de baixa a muito baixa, segundo Faria *et al.* (2007).

Quadro 11. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de referência (AR) na profundidade 30-60 cm

	Áreas	pH	M.O	P	H+Al	Ca	Mg	Al	K
M.O	AC	0,12 ^{ns}	-	-0,22 ^{ns}	0,65 ^{**}	0,34 ^{ns}	0,77 ^{**}	0,58 ^{**}	0,50 [*]
	AR	0,57 ^{ns}	-	0,63 ^{ns}	0,79 [*]	0,02 ^{ns}	0,76 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,65 ^{ns}
P	AC	0,24 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-	-0,52 [*]	0,29 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
	AR	0,22 ^{ns}	0,63 ^{ns}	-	0,81 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,99 ^{**}
H+Al	AC	-0,45 [*]	0,65 ^{**}	-0,52 [*]	-	-0,23 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,49 [*]	0,39 ^{ns}
	AR	0,01 ^{ns}	0,79 [*]	0,81 [*]	-	0,61 ^{ns}	0,45 ^{ns}	-0,74 ^{ns}	0,81 [*]
Ca	AC	0,59 ^{**}	0,34 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-	0,29 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
	AR	-0,78 [*]	0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,61 ^{ns}	-	-0,06 ^{ns}	-0,84 [*]	0,33 ^{ns}
Mg	AC	0,30 ^{ns}	0,77 ^{**}	-0,01 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-	0,62 ^{**}	0,57 ^{**}
	AR	0,37 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,45 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-	-0,49 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Al	AC	-0,02 ^{ns}	0,58 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,49 [*]	-0,24 ^{ns}	0,62 ^{**}	-	0,30 ^{ns}
	AR	0,51 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,74 ^{ns}	-0,84 [*]	-0,49 ^{ns}	-	-0,24 ^{ns}
K	AC	-0,02 ^{ns}	0,50 [*]	-0,09 ^{ns}	0,39 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,57 ^{**}	0,30 ^{ns}	-
	AR	0,26 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,99 ^{**}	0,81 [*]	0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-
SB	AC	0,48 [*]	0,67 ^{**}	0,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,76 [*]	0,74 ^{**}	0,14 ^{ns}	0,60 ^{**}
	AR	0,09 ^{ns}	0,85 [*]	0,44 ^{ns}	0,86 [*]	0,43 ^{ns}	0,83 [*]	-0,81 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CTC	AC	0,01 ^{ns}	0,88 ^{**}	-0,25 ^{ns}	0,76 ^{**}	0,34 ^{ns}	0,74 ^{**}	0,42 [*]	0,66 ^{**}
	AR	0,04 ^{ns}	0,83 [*]	0,73 ^{ns}	1,00 ^{**}	0,58 ^{ns}	0,57 ^{ns}	-0,78 ^{ns}	0,73 ^{ns}
V	AC	0,62 ^{**}	-0,37 ^{ns}	0,61 ^{**}	-0,89 ^{**}	0,47 [*]	-0,07 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
	AR	0,16 ^{ns}	0,57 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,96 ^{**}	-0,56 ^{ns}	-0,19 ^{ns}
m	AC	0,0 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,83 ^{**}	-0,12 ^{ns}
	AR	0,36 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,88 [*]	-0,82 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	0,97 ^{**}	-0,47 ^{ns}

*, ** e ns: significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, e não significativos respectivamente

3.2. Concentrações de NPK e valores de pH das águas das barragens

As concentrações de NO_3^{2-} , P e K e os valores de pH das amostras de água das barragens são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. Os valores de NO_3^{2-} , P e pH foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA-MMA de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Já a concentração de K foi comparada às características de potabilidade das águas (CETESB, 1999). Essas legislações estabelecem condições e padrões de lançamento de efluentes. Também estabelecem parâmetros de qualidade de uso dessas águas para o consumo humano e animal, bem como para irrigação de hortaliças que são consumidas cruas

e/ou de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

Foram levantados junto ao ITEP/LAMEPE (2010) os dados da precipitação pluviométrica mensal do município de Camocim de São Félix (Figura 1), com o intuito de relacionar essa precipitação com as concentrações de NPK e os valores do pH das águas.

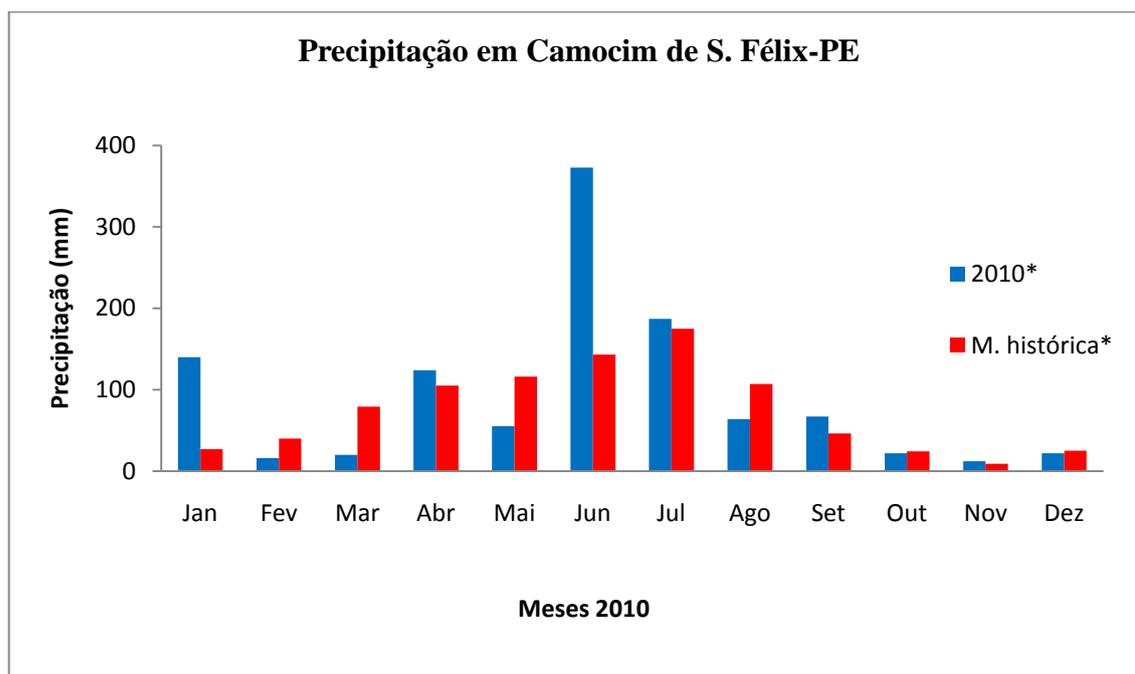


Figura 1. Valores médios mensais da precipitação pluviométrica (Janeiro a Dezembro de 2010) para o município de Camocim de São Félix (PE)

Fonte: Dados fornecidos pelo ITEP/LAMEPE, Estação Meteorológica de Camocim de São Félix (PE); * precipitação mensal em 2010 e média histórica dos 10 anos.

Observa-se que a precipitação para o ano de 2010 neste município aumentou significativamente nos meses de Janeiro e Junho, variando para além da média histórica.

O pH das águas das barragens e da água do poço ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA (2005), que é de 6 a 9, mas percebe-se uma leve redução nos meses seguintes ao aumento da precipitação, ou seja, fevereiro, maio e agosto (Figura 2). Segundo Maier (1987), uma pequena diminuição no pH das águas pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica que leva à conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Reduções do pH, em especial durante o período de cheia, podem ser

atribuídas ao aquecimento das águas e à produção de ácidos orgânicos a partir da decomposição de matéria orgânica no reservatório (SOUZA FILHO *et al.*, 2010). Tal situação foi também encontrada por Roberto (2008) e, segundo este autor, essa redução pode ter ocorrido devido ao efeito de diluição, causada pelo aumento da precipitação. Neste trabalho foi também constatado aumento do teor de nitratos, que pode ter contribuído para a acidificação do meio.

O pH da água do poço variou semelhantemente ao das águas das barragens. Segundo Macedo (2007) o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5. Para a maioria das águas naturais o pH é influenciado pela concentração de H^+ originado da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1998).

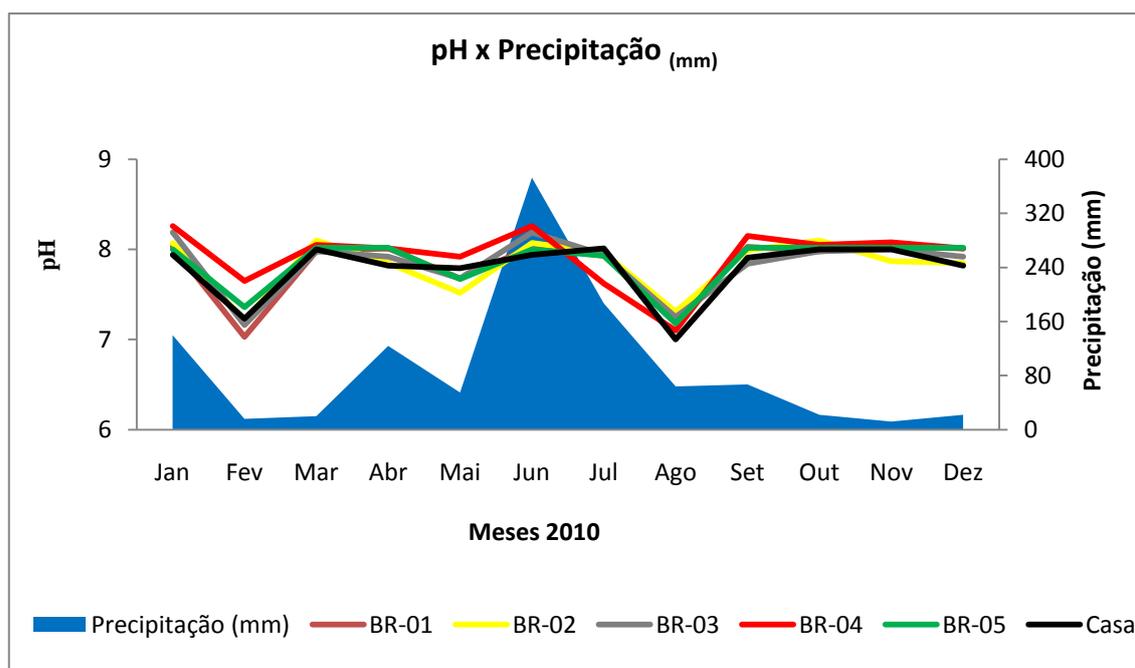


Figura 2. Valores de pH nas amostras de águas de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal, no município de Camocim de São Félix (PE)

As concentrações de nitrato (NO_3^{2-}) das águas das barragens permaneceram inferiores ao padrão estabelecido pelo CONAMA (2005) que é de 10 mg L^{-1} . Na maioria das barragens o teor de NO_3^{2-} foi inferior a 1 mg L^{-1} , apresentando relação direta com a precipitação, aumentado a concentração com a elevação da

precipitação (Figura 3). A água do poço não foi exposta no gráfico, por apresentar-se em uma escala maior, visto que foram obtidos valores mais elevados para nitrato, variando de 4,72 a 4,97 mg L⁻¹, não apresentando relação direta com a precipitação. Pesquisa realizada pela USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo território norte-americano, constatou que cerca de 75.000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de 10 mg L⁻¹ de nitrato. No Brasil, não se tem idéia da extensão do problema. Aparentemente, aqui o problema está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizantes (BRASIL, 2010). Porém, levando-se em consideração que o nitrato pode se transformar em nitrito e que o nitrito pode dar origem a substâncias cancerígenas, os produtores devem ser alertados a aperfeiçoar o uso de fertilizantes para evitar possíveis problemas de saúde pública.

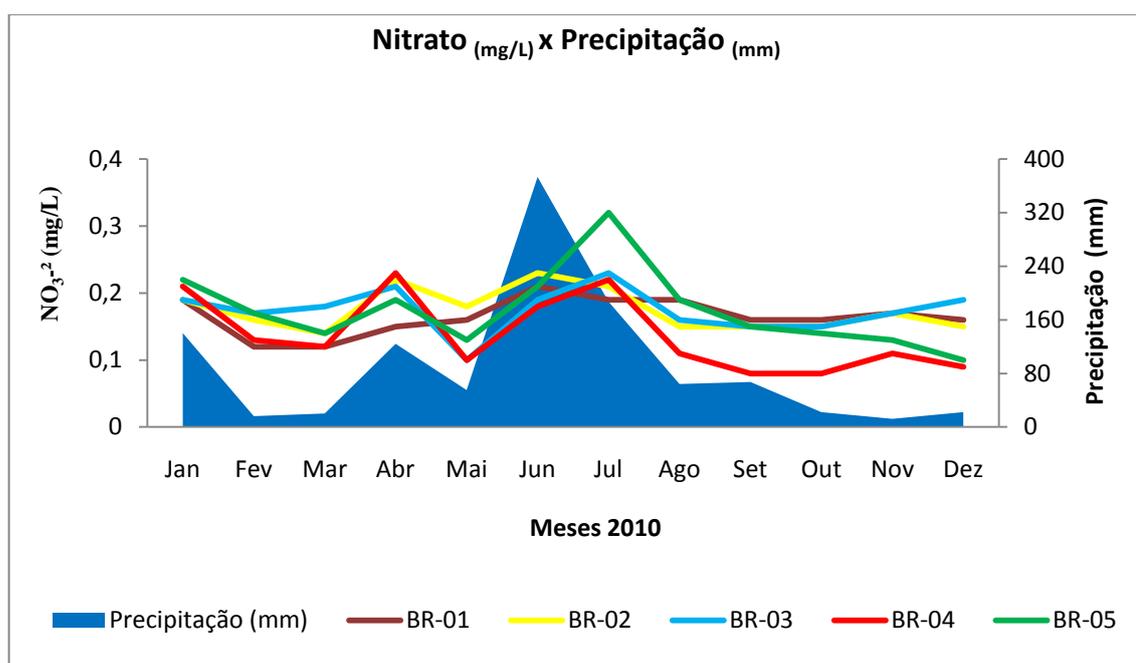


Figura 3. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de NO₃²⁻ em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE)

As concentrações de P nas águas das barragens foram superiores ao padrão estabelecido pelo CONAMA (2005), que é de 0,02 mg L⁻¹, em alguns momentos chegando a 500% acima do recomendado (Figura 4). Já a água do poço apresentou

menores concentrações de P ao longo do ano, mas superior ao padrão do CONAMA (2005). O aumento da precipitação influenciou negativamente reduzindo a concentração deste nutriente no meio aquoso, tanto nas águas superficiais (barragens), quanto na água do poço, inversamente ao ocorrido com o NO_3^{2-} .

A alta concentração do P nas águas das barragens possivelmente está relacionada a processos erosivos e ao escoamento superficial, visto que a água do poço apresentou menor concentração de P e que essa água é fornecida basicamente por infiltração.

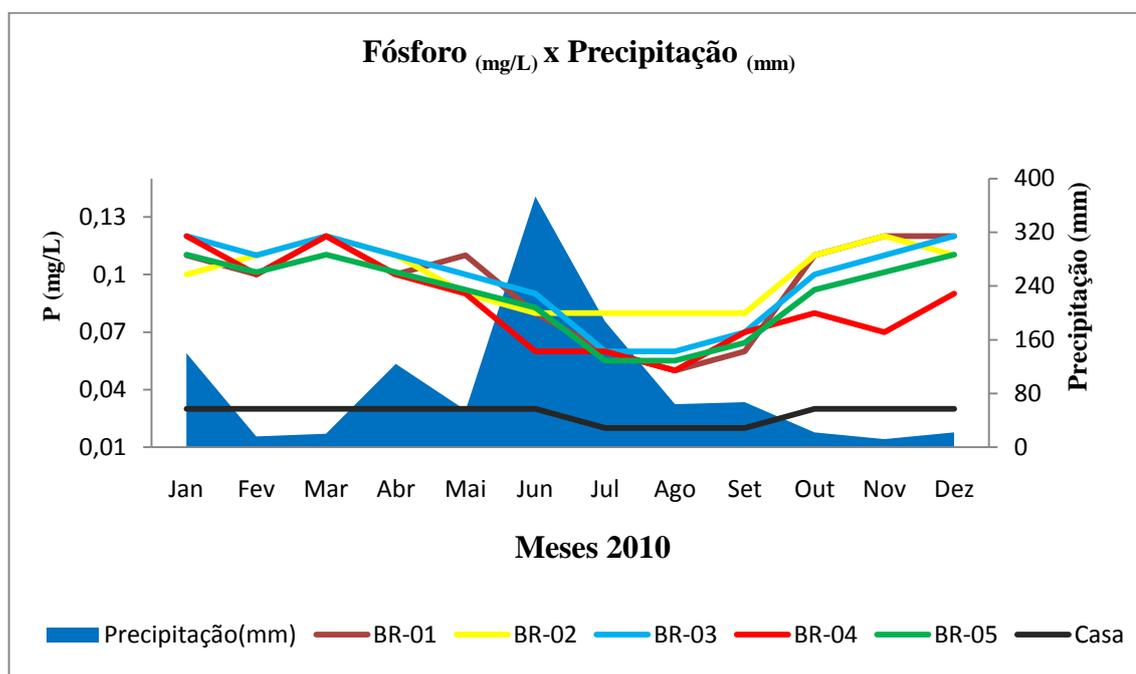


Figura 4. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de P em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE)

Durante as visitas para amostragem das águas observou-se que, durante os meses mais secos, as águas das barragens eram cobertas por uma vegetação aquática densa, indicando um possível estado de eutrofização, possivelmente devido às altas concentrações de P e de outros elementos, como metais pesados (discutido em outra parte deste trabalho). De acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina são limitados por fósforo, por conta disto, Von Sperling (1994) apresenta uma coletânea de diversas referências, em termos de concentração de fósforo total e faixas de trofia das águas superficiais, especialmente para lagos tropicais (Quadro 12).

Quadro 12. Classes de trofia em águas superficiais paradas, em função das concentrações de P_{total}

Classe de trofia	P total em águas superficiais ($mg L^{-1}$)
Ultraoligotrófico	< 0,005
Oligotrófico	< 0,01 – 0,02
Mesotrófico	0,01 – 0,05
Eutrófico	0,025 – 0,1
Hipereutrófico	> 0,10

Adaptado de Von Sperling (1994)

Fazendo uma associação do Quadro 12 com a Figura 4, com relação às concentrações de P nas águas, percebe-se que esses ambientes (barragens) podem ser enquadrados nas faixas de Eutrófico a Hipereutrófico. Segundo Sharpley *et al.* (1994), a contaminação das águas superficiais com P é um problema que poderá assumir grandes proporções se não for considerado o enriquecimento da água devido ao escoamento superficial, oriundo de áreas agrícolas. A drenagem pluvial de áreas com ampla cobertura vegetal, como matas e florestas, transporta menor quantidade de fósforo. Nestas áreas, o fósforo não está superabundando no meio, já que o ecossistema se encontra próximo ao equilíbrio, não havendo nem grandes excessos, nem grandes faltas desse elemento no solo (IRRIGART, 2006). Já drenagem de áreas agrícolas apresenta valores mais elevados e, também, uma ampla variabilidade, dependendo da capacidade de retenção do solo, irrigação, tipo de fertilização da cultura e condições climáticas.

As concentrações de potássio (Figura 5), em todas as amostras de água de todas as barragens, foram inferiores ao valor estabelecido para características de potabilidade da água, que é de $10 mg L^{-1}$ (CETESB, 1999). A água do poço apresentou concentrações superiores a $10 mg L^{-1}$ ao longo do ano. A precipitação influenciou contrariamente nos dois ambientes, sendo que nas barragens a concentração de K sofreu um leve aumento, possivelmente por escoamento superficial (arrastando solo e MO), já na água do poço ocorreu uma redução da concentração do K, provavelmente por efeito de diluição.

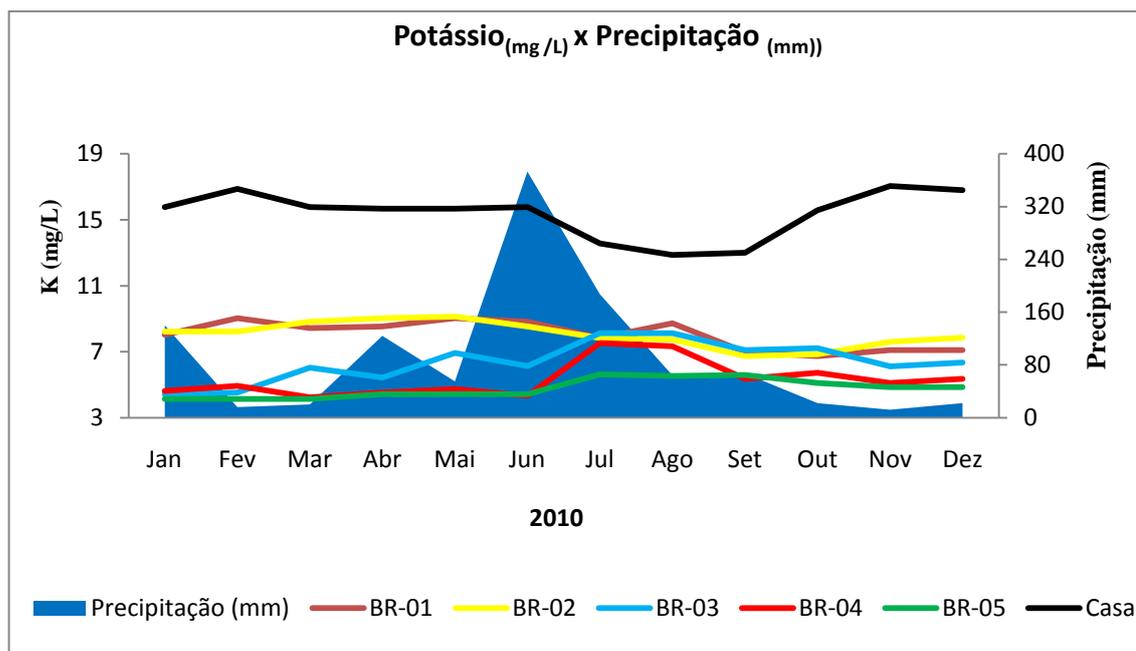


Figura 5. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de K em amostras de água de cinco barragens e um poço, usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de S. Félix (PE)

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contêm potássio são relativamente resistentes à ação do intemperismo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria de fertilizantes para agricultura, adicionado às águas doces através da lixiviação das terras agrícolas (CETESB, 2011).

4. CONCLUSÕES

1. A fertilidade dos solos decorrente dos cultivos com olerícolas foi alterada em relação às áreas de referência.
2. Não houve variações significativas nos atributos químicos ao longo da encosta.
3. O manejo adotado quanto às fertilizações fosfatadas nas áreas produtoras de olerícolas promoveu aumento substancial nos teores de P disponível no solo, provocando contaminação dos corpos d'água (barragens).
4. A área cultivada AC5 foi a que apresentou menores variações nos seus atributos químicos, em função do menor tempo de cultivo.
5. Os teores de NPK e o pH das águas das barragens sofreram influência direta da precipitação pluviométrica, com redução do pH e dos teores de P, e aumento dos teores de NO_3^{2-} e K, com o aumento da precipitação.
6. O NO_3^{2-} das águas subterrâneas (poço) foi superior em até 17 vezes ao das águas superficiais (barragens).
7. As concentrações de P das águas das barragens e do poço, nos meses mais secos, foram superiores em até 500% ao padrão estabelecido pelo CONAMA (2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os Adubos e a eficiência das adubações**. 2. ed., São Paulo: ANDA. 35p, 1991.

ALMEIDA, J. A. de. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 437-445, 2005.

ALVARENGA, M. I. N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas**. 1996. 211f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 1996.

ARAUJO, M. A. et al. Avaliação do impacto do cultivo nas características químicas e na agregação de um latossolo vermelho distrófico do noroeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1045-1053, 2000.

ARAÚJO FILHO, J. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. Boletim de Pesquisa N° 11.

AZEVEDO, W. R. et al. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 995-1004, 2004.

BARBOZA, A. R.; SANTOS, M. R. A nova funcionalidade da agricultura no Brejo de Camocim de São Felix. In.: XIX ENGA – ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, São Paulo. **Anais...** pp. 1-26, 2009.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.2, p.235-239, 1997.

BIONDI, C, M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. 2010. 58p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2010.

BRAGA, D. F. et al. Alterações nas características químicas de um Cambissolo Háplico cultivado com melão. In.: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Gramado, RS. **Anais...**2007.

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, p.125-136, 2004.

CALEGARI, A. et al. **Plantio direto e rotação de culturas. Experiência em Latossolo Roxo**. IAPAR/COCAMAR/ZENECA, Fazenda Sto. Antonio, Floresta, PR, 1985-1992. Relatório mimeografado.

CARVALHO, A. P.; FERREIRA, C. A. Produção de mudas e plantio. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. S. M. **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas. 134p, 2002.

CASANELLAS, J. L. P.; REGUERIN, M. L. A.; LABURU, C. R. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. 3.ed., Madrid: Mundi-Prensa, 929p. 2003.

CAVALCANTE, E. G. S. S. et al. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol. 37, n.2, p. 394-400, 2007. ISSN 0103-8478.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em 18 jan. 2011.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Variáveis de qualidade das águas. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 26 de setembro de 2009.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Lei nº 357/17/03/2005** “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.” - Publicação D. O. U: 18/03/2005.

CORRÊA, M. C. DE M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.

COSTA, W. P. L. B. **Alterações na fertilidade do solo e teores de metais pesados em solos cultivados com videira**. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 2009.

EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p.1009-1016, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p, 1997.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais**. Sistemas de Produção, No.5, Dezembro/2005. ISSN 1679-8869 Versão eletrônica.

IRRIGART - ENGENHARIA E CONSULTORIA EM RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE LTDA. **Plano de gerenciamento integrado para remediação e proteção dos recursos hídricos da sub-bacia do Atibaia com ênfase no reservatório de Salto Grande em Americana**. Piracicaba- SP. p175. 2006.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p, 1998.

FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FARIA, A. F. G. et al. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do rio Araguaia, Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.34, n.2, pp. 517-524, 2010. ISSN 0100-0683.

FARIA, C. M. B. DE.; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 33 p, 2007. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74.

Fórum Pernambucano de Combate aos Efeitos dos Agrotóxicos na Saúde do Trabalhador, no Meio Ambiente e na Sociedade. Associação Nacional de Defesa Vegetal - ANDEF Recife, 10p. 2000. Disponível em: <http://www.prt6.mpt.gov.br/ForumAgrotoxicos/noticias/plenarias/noticia%202009.doc/view>. Acesso em 21/01/2011.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 1, p. 215-224, 2004.

FURLANI, A. M. C. Absorção de nutrientes pelas plantas In: **Curso de atualização em nutrição mineral de plantas perenes**. Campinas: Instituto Agrônomo. p.2-13, 2001. (resumos).

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 63-81, 2002.

GUPPY, C. N. et al. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Austrália, 43, n. 2, p. 189-202, 2005.

HERNANDEZ, R.J . M.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, jan./Apr. 1998.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 11 out. 2010.

ITEP/LAMEPE: O Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Posto Camocim de S. Félix/PE-2010.

LEONARDO, H. C. L.; **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da bacia hidrográfica do rio Passo Cue, região Oeste do estado do Paraná**. 2003. 98f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- USP, Piracicaba, SP. 2003.

LOPES, A.S. e GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: Aspectos agrônômicos**. 3ª ed. São Paulo: ANDA, 2000. 60p. (Boletim Técnico, 5).

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3ª Edição. Juiz de Fora: editado pelo autor, 2007.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MELO, G. W. B. **O perigo do excesso de adubação da videira**. Toda Fruta. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 13 dez. 2006.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. 1. ed. Ponte Nova - MG: DeM Gráfica e Editora Ltda, v. 1, 107p. 2005.

BRASIL: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>>. Acesso em: 18 Jan 2011.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1017p, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.329-335, abr./jun. 2001.

PIONEER. **Híbridos comerciais de milho**. Santa Cruz do Sul: Pioneer, 94 p, 1994.

PRADO, R. de M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: Revisão de Literatura. **Revista Biociência**, Taubaté, v.9, n.3, p.7-16, 2003.

RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5a aproximação. Viçosa, MG: SBCS, 359p 1999.

ROBERTO, M. C. Limnologia. In: A planície de Inundação do Alto Rio Paraná. Programa PELD/CNPq. **Relatório Anual PELD 2007**. Maringá: UEM; Nupélia, 8 p, 2008.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 297-300, 2005.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.0: Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, 2007.

SALAS, H. J.; MARTINO; P. A Simplified Phosphorus Trophic State Model for Warm-Water Tropical Lakes; **Water Research**, vol. 25, No. 3, pp 341-350, 1991.

SANCHES, A. C. et al. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 91-99, 1999.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da Represa Vaca Brava, Areia/PB. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.277-285, 2010.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 86-94, dez. 2002.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.54, n.1, p.86-94, 2002.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B.; GALVÃO, S. R. Influência do uso e da posição do perfil no relevo na fertilidade de solos em áreas de encosta. Goiânia, GO, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2009. ISSN 1517-6398.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; GALVAO, S. R. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol.12, n.5, pp. 458-464, 2008. ISSN 1807-1929.

SANTOS, R. H. S. et al. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001.

SANYAL, S. K.; DE DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in Soil. **Advances In Soil Science**, New York, v.16, p.1-120, 1991.

SHARPLEY, A. N. et al. Managing agricultural phosphorus for protection of surface water: issues and options. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 23, p. 437-451, 1994.

SHARPLEY, A. N. et al. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeni, v. 51, p. 160-166, 1996.

SILVA, A. E. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, Manaus, vol.38, n.4, p. 733-742, 2008. ISSN 0044-5967.

SILVA, A.B et al. **Principais características do sistema de produção de hortaliças no Município de Camocim de São Félix – Pernambuco**. Rio de Janeiro: cd rom. (Embrapa Solos). 2001. Boletim de Pesquisa; n. 25.

SILVA, C. R.; SOUZA, Z. M. **Eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos: Manejo de nutrientes e uso pelas plantas**. Ilha Solteira, Universidade Estadual de São Paulo, 1998. Caderno Didático.

SILVA, E. B.; COSTA, H. L A. O; FARNEZI, M. M. M. Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da região do Vale do Jequitinhonha no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.30, n.4, p. 751-757, 2006. ISSN 0100-0683.

SILVA, J. P. S. **Fertilidade dos solos e metais pesados em cultivos de mangueira em Petrolina (PE)**. 2010. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 2010.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, p. 73-99, 2006.

Sistema para Análises Estatísticas SAEG., Versão 9.0: Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, 2007.

SOUZA, J. L. Estudo de sistema de adubação orgânica e mineral sobre as características do solo, o desenvolvimento de hortaliças e a relação com pragas e doenças ao longo de oito anos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40, 2000, São Pedro. **Trabalhos apresentados e palestras/Horticultura brasileira**, v. 18, p. 826-828, 2000. Suplemento.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.133-139, 2003.

SOUZA FILHO, E. E. de.; et al. A hidroquímica do rio Paraná após a barragem de Porto Primavera. **Boletim geográfico**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 101-112, 2010.

TEIXEIRA, L. J. et al. Relações entre a florística arbórea e características do solo em um fragmento de floresta atlântica, Tamandaré – PE. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 3, p. 625-634, jul./set. 2010.

THEODORO, V. C. A. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TISSI, J. A.; CAIRES, E. F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.405-413, 2004.

VILLAPANDO, R.R.; GRAETZ, D.A. Phosphorus sorption and desorption properties of the spodic horizon from selected Florida spodosols. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65: 331-339. 2001.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico das águas residuárias.** Belo Horizonte: DESA-UFMG. v.1. 240 p, 1994

YANG, J. E.; E. O.; SCHAFF, BB. E.; KIM, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Sci. Am. J.**, 62:1108-1115, 1998.

CAPÍTULO II

**CONTAMINAÇÃO DE SOLO, ÁGUA E ALIMENTOS COM METAIS PESADOS EM
ÁREAS CULTIVADAS COM OLERÍCOLAS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO**

RESUMO

A utilização de agroquímicos, que incluem defensivos, fertilizantes e corretivos agrícolas, é um fator importante para o aumento da produtividade agrícola. Estes produtos são fontes antropogênicas potencialmente poluidoras do ambiente, podem conter metais pesados, como impurezas, na sua composição. Dentre as atividades agrícolas, a olericultura destaca-se pela utilização de tecnologias avançadas, em áreas de reduzido tamanho, porém, intensamente manejadas, envolvendo de modo geral, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes em grandes quantidades. Em Pernambuco, a produção de hortaliças concentra-se em alguns municípios do Agreste, com destaque para os brejos pernambucanos. Por conta disso, este trabalho teve como principal objetivo determinar os teores dos metais pesados (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) em solos, fontes de água e hortaliças em áreas produtoras do município de Camocim de São Félix, avaliando o nível de contaminação ambiental devido ao uso de agroquímicos. Nas áreas cultivadas, os solos foram coletados nas linhas de plantio, nos terços superior, médio e inferior da encosta, e em zigzag nas áreas de mata, em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Coletou-se mensalmente 200 mL de água das barragens que abastecem as áreas de cultivo, além de amostras de tomate, berinjela, pimentão, abobrinha e acelga. Foram determinados os teores totais de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em todas as amostras. As variáveis foram submetidas à análise da variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre os tratamentos. Aplicou-se o teste t (5%) para médias pareadas visando comparações entre os teores de MP em áreas cultivadas e de mata, além de correlações de Pearson a 1% e 5% entre as variáveis. Ao final constatou-se que: as fertilizações fosfatadas pareceram ser a principal via de entrada do Cd no sistema solo como contaminante desses fertilizantes; sugere-se que os solos desta região sejam naturalmente ricos em Ni; a área 5 apresentou as menores variações nos teores totais de metais pesados entre AC e AR, em função do menor tempo de cultivo; as áreas cultivadas apresentaram acúmulo superficial de Cd, Cu, Mn e Zn no solo; a precipitação pluviométrica exerceu maior influência na concentração de Pb e influência moderada nas concentrações de Cd e Ni, não sendo detectada a presença de Cu, Mn e Zn nas águas superficiais e do poço; as concentrações de Cd, Ni e Pb nas amostras de água foram muito superiores aos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA-MMA (2005). O material vegetal apresentou valores acima dos Limites Máximos de Tolerância para Ni e Pb, e a acelga apresentou as maiores concentrações de Cd e Pb nos seus tecidos.

Palavras-chave: Poluição difusa; Agroquímicos; Elementos-traço.

ABSTRACT

CONTAMINATION OF SOIL, WATER AND FOOD WITH HEAVY METALS IN CULTIVATED AREAS WITH NO VEGETABLES BLEAK

The use of agrochemicals is an important factor for increasing agricultural productivity. These products are anthropogenic sources potentially polluting the environment and can contain heavy metals such as impurities; Among the agricultural activities, horticulture is notable for the use of advanced technologies in areas of limited size, however, intensively managed, involving in general, application of pesticides and fertilizers in large quantities. In the Pernambuco State vegetable production is concentrated in some municipalities of the Agreste Region. Then, this work aimed to determine the concentration of heavy metals (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn) in soils, water sources and vegetable in the areas of Sao Felix Camocim city to evaluate the level of environmental contamination due to use of agrochemicals (fertilizers and pesticides). Were collected soil samples in the rows in the upper, middle and bottom of the slope, and in the forest areas, at three depths (0-10, 10-30 and 30-60 cm). Monthly were collect samples of 200 mL of water dams that supply the area under cultivation, and plant samples of Tomato, Eggplant, Pepper, Zucchini and Chard. The contents of total Cd, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn were analysed in all samples. The variables were analyzed by analysis of variance, Tukey test ($P < 0,05$), t test ($P < 0,05$), and Pearson correlations ($P < 0,05$; 0,01). The phosphorus fertilization appeared to be the main route of entry of Cd in the soil as a contaminant of fertilizers, it is suggested that the soils of this region is naturally rich in Ni. The area with number 5 had the smallest variation in the content of heavy metal between cultivated area and reference area, according to the shorter cultivation; cultivated areas had superficial accumulation of Cd, Cu, Mn and Zn in the soil; rainfall had a greater influence on the concentration of Pb and moderate influence on the concentrations of Cd and Ni, was not detected the presence of Cu, Mn and Zn in surface water and well; concentrations of Cd, Ni and Pb in water samples were much higher than the standards established by CONAMA-MMA (2005) and plant material showed values above the Maximum Tolerance for Ni and Pb, and Chard had the highest concentrations of Cd and Pb in their tissues.

Keywords: Diffuse pollution; Agrochemicals; Trace elements.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de agroquímicos é um fator importante para o aumento da produtividade agrícola, tendo em vista a grande demanda por alimentos, influenciada pela explosão demográfica em nível mundial (PUGGINA, 2000).

Entendem-se como agroquímicos os defensivos, fertilizantes e corretivos agrícolas, incluindo materiais minerais ou orgânicos, naturais ou sintéticos, usados para o controle de plantas, animais (principalmente insetos), fungos e bactérias que possam competir com o homem e prejudicar as plantações, ou que contêm elementos essenciais para o desenvolvimento e crescimento dos seres vivos. Estes produtos são fontes antropogênicas potencialmente poluidoras do ambiente, pois podem conter metais pesados, como impurezas, na sua composição (AMARAL SOBRINHO *et al.*, 1992).

São considerados como metais pesados (MP) elementos com densidade atômica superior a 5 g cm^{-3} , o que engloba um grupo de metais, semi-metais e até não metais, incluindo alguns elementos essenciais aos seres vivos, como: cobre - Cu, zinco - Zn, ferro - Fe, manganês - Mn, cobalto - Co, molibdênio - Mo e selênio - Se (ALLOWAY, 1990; GONÇALVES *et al.*, 2000). Por outro lado, a presença de alguns elementos tóxicos, como: cádmio - Cd, chumbo - Pb, crômio - Cr, mercúrio - Hg, entre outros, em fertilizantes e defensivos, tem sido motivo de preocupação, devido a suas conseqüências ao ambiente e à saúde humana (MORAES, 2009).

Por conta disso, no Brasil foi lançada uma instrução normativa (IN nº 27/2006 do MAPA) que regulamenta as concentrações máximas admitidas para metais pesados ou para contaminantes presentes em fertilizantes usados para suprir macro e microelementos usados na agricultura.

Sem a interferência do homem, o teor de metais nos solos depende das quantidades presentes no material de origem e do seu grau de intemperização (KING, 1996). Em condições normais, estes elementos ocorrem nos solos em baixas concentrações, não representando riscos para o ambiente. O aumento anormal das concentrações de metais pesados nos solos é resultado da deposição atmosférica e da aplicação de agrotóxicos, resíduos orgânicos e inorgânicos urbanos e industriais, fertilizantes e corretivos.

Anualmente, as adições globais de metais ao solo por fertilizantes são da ordem de 30–250 t de Cd, 50–580 t de Cu, 30–380 t de Cr, 200 –550 t de Ni, 420 –

2.300 t de Pb e 260-1.000 t de Zn (NRIAGU e PACYNA, 1988). Estes elementos podem causar impactos sobre o ambiente, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas, biota, água, ar, solo, sedimentos etc (PERES *et al.*, 2003).

Fertilizações fosfatadas sucessivas aumentam os teores de Cd em solos e plantas, sendo este metal prejudicial à saúde humana e animal (McLAUGHIN e SINGH, 1999; UEMURA, 2000; WAALKES, 2000), podendo interferir no crescimento e desenvolvimento das plantas, mesmo em baixas concentrações. Já Gimeno-García *et al.* (1996) observaram que as adições mais significativas de metais pesados pelas fertilizações fosfatadas foram de Mn, Zn, Co e Pb, embora os fertilizantes fosfatados não tenham sido os únicos responsáveis por essas adições.

Muitos fungicidas possuem em suas moléculas átomos de cobre, cujo efeito danoso à microbiota do solo, quando aplicados aos sistemas agrícolas é reportado por Vieira *et al.* (2000), podendo causar danos à microflora do solo como um todo e, principalmente, aos fungos benéficos. Isso reforça a hipótese de que altas cargas de agroquímicos sobre o solo podem levar a um impacto na população microbiana, com conseqüente inibição das atividades destes e da respiração basal do solo (RAMALHO *et al.*, 2000).

A contaminação das águas, sejam superficiais ou de subsuperfície, é um fator importante a ser considerado quando se tem o uso contínuo de agroquímicos. Para Jardim (1986), a poluição aquática por metais pesados é considerada uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que tais elementos não são degradáveis e tendem a acumular-se em organismos vivos (MORAES, 2009), cujas conseqüências poderão ir desde a intoxicação e envenenamento, até a dizimação da biota. Ramalho *et al.* (1998) avaliando a acumulação de metais pesados pelo uso de insumos agrícolas na microbacia de Caetés, Paty do Alferes, Rio de Janeiro, verificaram que os teores totais de metais pesados nas amostras de água mostraram valores significativamente mais elevados, principalmente de Zn, Pb, Cu e Mn, devido ao uso contínuo de agroquímicos.

O monitoramento de poluentes provenientes da agricultura requer técnicas específicas de análises, que raramente são utilizadas, porém sua adoção é inevitável para um controle mais eficiente dos riscos da poluição (RODELLA, 2005).

A identificação e o acompanhamento de impactos ambientais exigem a adoção de soluções tecnológicas adequadas a cada situação, contemplando não somente os aspectos ambientais como também os econômicos e sociais. O controle de metais pesados nas mais diversas amostras (tecidos biológicos, água, solo, alimentos etc.) tem se tornado um assunto relevante para avaliar, principalmente, o grau de exposição e possíveis conseqüências para a saúde humana, podendo até mesmo, constituir-se em problema de saúde pública (VULCANO, 2003).

Dentre as atividades agrícolas que mais utilizam insumos, destaca-se a olericultura, caracterizada pela utilização de tecnologias avançadas, em áreas de reduzido tamanho, porém intensamente manejadas, tanto no espaço quanto no tempo. Os sistemas de produção de hortaliças envolvem, de modo geral, aplicação de agrotóxicos e fertilizantes, tendo em vista que essas culturas necessitam de grandes quantidades de nutrientes num curto período de tempo, sendo consideradas plantas exigentes em nutrientes, além de muito suscetíveis a pragas e doenças.

Em Pernambuco, a produção de hortaliças concentra-se em alguns municípios do Agreste, a exemplo de Camocim de São Félix, São Joaquim do Monte, Vitória de Santo Antão, Gravatá, Chã Grande, dentre outros, com destaque para a microrregião do Brejo Pernambucano. Dentre estes, o município de Camocim de São Félix, em particular, tem como principal atividade econômica o cultivo irrigado de hortaliças em áreas pequenas, intensivamente exploradas, chegando a uma média de três safras anuais (SILVA *et al.*, 2001).

O sistema de produção de hortaliças de Camocim envolve, de modo geral, intensas aplicações de defensivos, em sua grande maioria produtos não autorizados para tais culturas. Devido ao relevo acidentado e aos solos relativamente descobertos, agravado pela precipitação relativamente alta, provoca, dentre outros problemas, a erosão e lixiviação, contaminando o lençol freático e os mananciais.

Portanto, considerando a importância da olericultura para a economia desta região, a necessidade de monitoramento ambiental e da produção de alimentos cada vez mais limpos e seguros, além do intuito de contribuir para o esclarecimento tanto de produtores quanto dos consumidores, este trabalho teve como objetivo determinar os teores dos metais pesados (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) em solos, fontes de água e hortaliças em áreas produtoras do município de Camocim de São Félix, avaliando o nível de contaminação ambiental devido ao uso de agroquímicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Informações sobre o local da coleta

Os solos, materiais vegetais e águas de barragens, utilizados neste trabalho são oriundos de áreas produtoras de hortaliças, do município de Camocim de São Félix, localizado no Agreste Meridional do Estado de Pernambuco, na microrregião do Brejo Pernambucano. Esta microrregião apresenta, de modo geral, pluviosidade anual entre 900 a 1.300 mm, altitudes que excedem 600 m, raramente ultrapassando 1.000 m, relevo ondulado e forte ondulado, solos muito a moderadamente desenvolvidos, profundos e vegetação natural constituída, predominantemente, de florestas subcaducifólia e/ou subperenifólia.

Para esse trabalho foram selecionadas, com base em visitas *in loco* e informações obtidas junto ao escritório local do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA e aos produtores rurais, cinco áreas produtoras de hortaliças com sistema de manejo típico da região (AC1, AC2, AC3, AC4 e AC5), abastecidas com sua barragem própria, e quatro áreas de mata que serviram como referência (AR1, AR2, AR3, AR4). As áreas de mata compreendiam fragmentos de vegetação florestal secundária no topo das encostas, com o mínimo de intervenção antrópica, em virtude de não existirem nesta região matas preservadas de vegetação primária. As áreas foram geo-referenciadas com auxílio de um aparelho GPS GARMIN eTREX VISTA HCX (Quadro 1).

Durante as visitas e coletas de solo, água e vegetais foram observadas, em depósitos e lavouras, as seguintes embalagens de fertilizantes e defensivos utilizados nas áreas em estudo, bem como realizada sondagem junto aos proprietários sobre as culturas que haviam sido exploradas naquelas áreas durante os últimos cinco anos:

Fertilizantes: MAP, DAP, super simples (granulado e em pó), uréia, NPK (06-24-12, 20-10-20, 10-10-10, 10-20-20 e 20-0-20), cloreto de potássio, sulfato de potássio, FTE com micros, fertilizantes foliares (Zn), sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato diamônio.

Defensivos: Chess 500 WE, Lannate BR, Malathion 100 EC, Fastac 100, Haiten, Sumidan 25 EC, Ajifol, Manzate WG, Roundup, Polytrin, Quimifol, Trigard 750 WP, Bravonil Utrex, Cercobim 500 SC, Priori Xtra, Score, Cabrio Top, Folicur 200 EC, Captan SC, Cuprozeb, Sumilex, Derosal Plus, Maxin XL, Amistar WG, Actara, Karate

Zeon 250 CS, Pirate, Decis 25 EC, LoSBan 480, Furadan 350 TS, Dimilin, Marshal 400 SC, Dual Gold, Topik 240 EC, Fusilate 250 EW, Cobra, Roundup Ultra, Goal BR, Diuron, Acefato, Metamidofós.

Últimos cultivos: Tomate, repolho, acelga, alface, pimentão, berinjela, milho, inhame São Tomé, abobrinha, couve-flor, coentro, cebolinha, alho poró, manjerição, feijão vagem, chuchu, "feijão de corda", ervas medicinais, maracujá, cenoura, morango, mamão e espécies ornamentais.

Quadro 1. Localização geográfica e classificação do solo das áreas trabalhadas no município de Camocim de São Félix (PE)

Áreas	Altitude(m) ⁽¹⁾	Coordenadas ⁽¹⁾	Classe de solo ⁽²⁾
AC1	672	S8° 22' 38,5" e W35° 45' 56,9"	Latossolos Amarelos (LA)
AC2	673	S8° 22' 40,9" e W35° 45' 58,2"	Latossolos Amarelos (LA)
AC3	674	S8° 20' 32,6 " e W35° 45' 02,1"	Latossolos Amarelos (LA)
AC4	675	S8° 20' 33,7" e W35° 45' 06,1"	Latossolos Amarelos (LA)
AC5	688	S8° 20'46,3" e W35° 44' 49,9"	Latossolos Amarelos (LA)
AR1	691	S8° 21' 17,0" e W35° 44' 46,7"	Latossolos Amarelos (LA)
AR2	701	S8° 21' 05,2" e W35° 44' 40,9"	Latossolos Amarelos (LA)
AR3	688	S8° 20' 41,6" e W35° 44' 46,9"	Latossolos Amarelos (LA)
AR4	709	S8° 20' 11,6" e W35° 44' 46,6"	Latossolos Amarelos (LA)

⁽¹⁾GPS GARMIN eTREX VISTA HCX em 06/11/2010; ⁽²⁾ EMBRAPA SOLOS (2000)

As áreas trabalhadas possuem manejo semelhante, ou seja, cultivos consecutivos de olerícolas ao longo da encosta, com uso de irrigação, e aplicações de fertilizantes e defensivos de forma preventiva e corretiva. A declividade é semelhante em todas as áreas (AC1=31%, AC2=33%, AC3=32%, AC4=33% e AC5=32%). As áreas AC1, AC2 e AC4 foram cultivadas no último ano por arrendatários, já AC3 e AC5 foram cultivadas por seus próprios donos. Para comparação entre AC e AR, as áreas AC3 e AC4 foram comparadas com a mesma área de mata (AR3), em virtude da extensão da mesma e proximidade com aquelas áreas de cultivo, visto que houve a necessidade de retirar uma das áreas de referência, em virtude desta ter sido um local de descarte para fungicidas e inseticidas com prazos de validade vencidos.

No Quadro 2 são apresentadas informações obtidas junto aos proprietários, arrendatários e trabalhadores rurais, durante as visitas de acompanhamento e coletas de solo e água das barragens ao longo do ano de 2010.

Quadro 2. Informações sobre as áreas trabalhadas em Camocim de São Félix (PE), repassadas por proprietários, atuais arrendatários e trabalhadores

Informação	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
Nome do Sítio	Nezinho-1	Nezinho-2	Palmeira-2	Palmeira-1	Palmeira
Área cultivada (ha)	1,4	1,8	1,2	1,4	1,4
Culturas do último ano*	Tomate, milho e tomate	Tomate, berinjela e tomate	Acelga, couve e acelga	Berinjela, sem plantio e abobrinha	Pimentão, sem plantio e tomate
Usa irrigação?	Mangueira	Mangueira	Microaspersão	Microaspersão	Micro e mangueira
Tem assistência técnica?	Sim, das lojas e do IPA	Sim, das lojas e do IPA	Sim, das lojas	Às vezes, das lojas	Sim, das lojas e do IPA
Adota alguma prática de conservação do solo?	Planto nas mesmas covas todos os anos	Nem sei, é difícil nessa região.	Não sei o que é isso	Não, ouvi falar disso no globo rural	Sulcos em curva de nível
Quanto tempo de cultivo tem a área?	Mais de 30 anos	Mais de 35 anos	Não sei, comprei assim, talvez 20 anos	Não sei, mas deve ter uns 30 anos	Não lembro, mas faz pelo menos 5 anos.
Faz análise de solo?	Já fiz, mas faz tempo	Sim, mas não acredito nisso	A loja leva o solo e faz	Sim, com a loja	Todo ano, com o pessoal da loja
Usa muitos fertilizantes?	Acho que não, é muito caro	Não, o preço não deixa	Sempre que a planta precisa eu uso	Só quando a planta precisa.	Uso, por que o solo é fraco
Quais os fertilizantes mais usados?	MAP, 06-24-12, 20-10-20, nitratos e foliares	06-24-12, cloreto, nitrato e foliares	MAP, Cloreto, nitrato e VITAFOL ZN-10 (foliar) e 06-24-12	06-24-12, cloreto, fertilizante foliar e nitrato	MAP, 06-24-12, cloreto, nitrato e foliar.
Sempre usa defensivos (venenos)?	Claro, se não você não colhe nada	Sim, mais para a broca e doenças	Sempre, é preciso	Uso, se não as pragas tomam de conta	Sim, aqui só produz se usar
Os aplicadores usam EPI's?	Comprei mas eles não usam	Já usei sim, mas agora só uma roupa grossa	Não, mas já fiz um curso	Aqui é difícil, fazemos uma camisa com sacos	Tem, mas os trabalhadores não usam
Costuma misturar defensivos?	Sim, por que aplica tudo de uma vez e gasta menos	Sim, às vezes coloco até o foliar, para ganhar tempo	Não costumo, mas já misturei sim	Dizem que não pode, mas faço, é mais barato	Sim, mas coloco um redutor de pH

* material coletado

2.2. Amostragem do solo

Nas áreas cultivadas (AC), as amostras de solos foram coletadas nas linhas de plantio, um total de 10 amostras simples para cada amostra composta em cada posição do relevo (terços superior - TS, médio - TM e inferior - TI) e em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm). Já nas áreas de mata (AR), a coleta foi feita em ziguezague no topo, sendo coletadas 10 amostras simples e homogeneizadas para formar uma amostra composta também nas três profundidades coletadas nas áreas cultivadas. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, lacrados e armazenados em temperatura ambiente e transportados para o Laboratório de Manejo do Solo e Água da UFRPE. As amostras de solo foram secas ao ar sobre sacos plásticos limpos, destorroadas e passadas em peneira de nylon de 2 mm de malha visando evitar possíveis contaminações, para a determinação dos teores totais dos metais pesados (Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn).

2.3. Amostragem e análises dos corpos d'água

Foram coletados mensalmente 200 mL de água de barragens que abastecem cada área cultivada (Quadro 3), além de amostras da água consumida na cidade, proveniente de um poço que não passa por tratamento prévio, durante 12 meses, entre Janeiro e Dezembro de 2010, entre o 5º e 8º dia de cada mês. As amostras foram coletadas em pontos diferentes das barragens, evitando locais com água turva ou que contivessem, visualmente, muito material em suspensão, coletando em média cinco sub-amostras para formar uma amostra de 200 mL. Os recipientes usados para a coleta das águas eram previamente imersos em solução ácida (HCl a 3%) durante 24 horas para limpeza. Após a coleta, as amostras foram passadas em papel de filtro qualitativo de filtração lenta (faixa azul), acondicionadas em geladeira a 4°C, e analisadas trimestralmente.

As análises das águas consistiram em determinação dos teores totais dos metais pesados Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn. Esses valores foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA-MMA de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Quadro 3. Localização geográfica das barragens e suas respectivas áreas cultivadas em Camocim de São Félix (PE)

Barragens	Altitude (m) ⁽¹⁾	Coordenadas ⁽¹⁾	Área cultivada
BR-01	643	S8° 22' 34.5" e W35° 45' 59.4"	AC1
BR-02	640	S8° 22' 37.0" e W35° 46' 02.5"	AC2
BR-03	646	S8° 20' 39.3" e W35° 45' 04.9"	AC3
BR-04	656	S8° 20' 36.7" e W35° 45' 00.2"	AC4
BR-05	665	S8° 20' 49.9" e W35° 44' 58.1"	AC5
Poço ⁽²⁾	699	S8° 21' 50.2" e W35° 45' 44.2"	Casa

⁽¹⁾ GPS GARMIN eTREX VISTA HCX em 06/11/2010; ⁽²⁾ Amostras de água subterrânea

2.4. Amostragem e análise do material vegetal

Nas mesmas áreas de amostragem do solo, foram também coletadas amostras da parte comestível das seguintes hortaliças: tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), berinjela (*Solanum melogena*), pimentão (*Capsicum annuum* L.), abobrinha (*Cucurbita pepo* L) e acelga (*Beta vulgaris* L). A coleta foi feita em ziguezague, no sentido do declive de cada área, coletando-se dez frutos por área para compor uma amostra. A hortaliça folhosa (acelga) foi coletada obedecendo ao mesmo esquema de caminhamento anteriormente descrito para os frutos, com cinco plantas inteiras e sem raízes compondo uma amostra, sendo realizadas duas coletas no ano (Janeiro e Novembro). O material foi levado ao laboratório, lavado com água destilada e conservado em sacos de papel, seco em estufa sob circulação forçada a 65°C até peso constante e, posteriormente, passado em moinho de facas.

Foram também coletadas em cada área duas amostras de 200g do composto orgânico (cama de frango) utilizado pelos produtores, para verificação da presença de contaminantes (metais pesados) em sua constituição, perfazendo um total de dez amostras. Este material foi desidratado em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante e passado em peneira de nylon de malha de ~ 2,00 mm.

2.5. Caracterização física do solo

Para caracterização física do solo (Quadro 4), foram analisados: granulometria e argila dispersa em água pelo método da pipeta, de acordo com Ruiz (2005), densidade do solo pelo método do cilindro volumétrico; densidade de partículas pelo método do balão volumétrico e porosidade total do solo obtida por cálculos matemáticos seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997).

Quadro 4. Caracterização física do solo das áreas produtoras de hortaliças e áreas de matas em Camocim de São Félix (PE)

Áreas	Prof. (cm)	Ds ¹ ----g cm ⁻³ ----	Dp ²	Pt ³ %	Ag ⁴	Af ⁵	At ⁶	Sil ⁷	ArT ⁸	ADA ⁹
-----g kg ⁻¹ -----										
AC1	00-30	1,58	2,44	35,16	380	180	560	160	280	132
	30-60	1,68	2,70	37,71	400	210	610	100	290	98
AC2	00-30	1,28	2,53	49,48	340	80	420	60	520	15
	30-60	1,48	2,59	42,97	440	100	540	240	220	44
AC3	00-30	1,67	2,62	36,28	420	160	580	60	360	37
	30-60	1,71	2,46	30,42	400	100	500	80	420	154
AC4	00-30	1,50	2,54	41,06	390	340	730	60	210	141
	30-60	1,45	2,65	45,22	380	170	560	170	270	84
AC5	00-30	1,40	2,40	41,49	450	90	540	120	340	14
	30-60	1,45	2,42	40,06	500	230	730	100	170	65
AR1	00-30	1,19	2,38	50,15	340	30	370	60	570	122
	30-60	1,09	2,46	55,82	310	140	450	160	390	212
AR2	00-30	1,27	2,61	51,37	460	150	610	80	310	163
	30-60	1,17	2,62	55,39	360	210	570	120	310	163
AR3	00-30	1,48	2,59	42,67	410	160	570	210	220	154
	30-60	1,43	2,64	45,68	390	160	550	120	330	173
AR4	00-30	1,27	2,52	49,76	430	170	600	190	210	63
	30-60	1,27	2,59	50,82	390	150	540	90	370	62

¹Densidade solo; ²Densidade das partículas; ³Porosidade total; ⁴Areia grossa; ⁵Areia fina;

⁶Areia total; ⁷Silte; ⁸Argila total e ⁹Argila Dispersa em Água

2.6. Determinação dos teores totais de metais pesados em solo, material vegetal e composto orgânico

As amostras de solo foram secas ao ar sobre sacos plásticos limpos, e passadas em peneira de nylon de ~2,00 mm de abertura. Com a finalidade de determinar o teores totais dos metais pesados Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, uma alíquota de 5 cm³ do solo foi macerada em almofariz de ágata e passada inteiramente em peneira de 0,3 mm de abertura (ABNT n° 50), com malha de aço inoxidável, visando evitar contaminações.

As digestões das amostras de solo, planta e composto orgânico foram realizadas seguindo o método 3051A desenvolvido pela USEPA (1998), citado por Biondi (2010). Para o processo, pesou-se 1g de solo, 0,5g do material vegetal e 0,5g do composto orgânico para cada digestão, passou-se para os tubos de teflon (próprios do aparelho), adicionou-se 9 mL de HNO₃ e 3 mL de HCl (pa). O conjunto (forno de microondas - *Mars Xpress*) foi mantido em sistema fechado, por 8'40" na rampa de temperatura, tempo necessário para atingir 175°C, mantendo-se esta temperatura por mais 4'30". Após resfriamento, as amostras foram transferidas para balões certificados (NBR ISO/IEC) de 25 mL, sendo o volume dos balões completado com água destilada e os extratos imediatamente filtrados em papel de filtro qualitativo (Macherey Nagel®) como descrito em Biondi (2010).

As digestões e extrações foram realizadas em triplicatas, sendo as duas primeiras utilizadas nas determinações e, em caso de dissimilaridade entre os valores, a terceira réplica era também determinada. Os teores de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn dos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica (AAAnalyst 800 Perkin Elmer), utilizando a técnica de chama.

2.7. Análises estatísticas

Para comparações entre as áreas cultivadas, considerou-se o delineamento em blocos, com três tratamentos, sendo as cinco áreas (AC1, AC2 AC3, AC4 e AC5) os blocos e as três posições na encosta (TS, TM e TI) os tratamentos, para três profundidades de coleta de solo (0-10, 10-30, e 30-60 cm), perfazendo um arranjo fatorial de 5 x 3 x 3. As variáveis estudadas foram submetidas à análise da variância e teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos. Foi realizado o teste t (5%) para médias pareadas para comparações entre AC e AR, além de correlações de Pearson a 1% e 5% de

probabilidade entre os atributos químicos do solo e os metais. Todas estas análises foram realizadas empregando-se o software SAEG 9.0 (2007), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Metais pesados no solo

Os teores de metais pesados das áreas cultivadas com olerícolas, nos terços superior, médio e inferior da encosta, nas três profundidades avaliadas são apresentados no Quadro 5. A análise da variância dos dados não mostrou diferenças significativas entre os teores de MP no solo avaliados em função da posição na encosta.

3.1.1. Cádmio

Os teores de cádmio variaram de 0,19 a 0,66 mg kg⁻¹, nas áreas de cultivo (AC), e de 0,25 a 0,58 mg kg⁻¹, nas áreas de mata (AR). De acordo com Fadigas *et al.* (2006), teores de Cd abaixo de 0,8 mg kg⁻¹ são considerados normais para solos não poluídos. De modo geral, as áreas cultivadas apresentaram teores de Cd mais elevados que as de mata, embora estatisticamente significativos apenas para as áreas AC1 e AC3 (0-10 cm), AC2 (10-30 cm) e AC2 e AC5 (30-60 cm) (Figura 1).

Já Ramalho *et al.* (2000) constataram aumento nos teores de Cd em Latossolos e Cambissolos cultivados com cana-de-açúcar que receberam fertilizações fosfatadas sucessivas durante 25 anos, em relação ao solo mantido sob condições naturais.

Comparando as áreas cultivadas, não foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre elas em superfície, embora AC3 e AC4 tenham apresentado teores significativamente inferiores aos encontrados nas outras áreas, em profundidade.

Silva *et al.* (2001) constataram, e as informações constantes no Quadro 2 deste trabalho comprovam, que a fórmula de NPK 06-24-12 é usada em larga escala pelos olericultores da região, além do que, segundo esses mesmos autores, os produtores não fazem uso de análises de solos e de fertilizantes. Na microbacia de Caetés, em Paty do Alferes (RJ), Ramalho *et al.* (2000) observaram aumento

significativo no teor de Cd em áreas cultivadas com olerícolas que receberam continuamente aplicações de defensivos agrícolas e fertilizantes fosfatados.

Não houve influência significativa do relevo no acúmulo e distribuição de Cd ao longo da encosta, para cada profundidade de coleta do solo (Quadro 5), indicando que uma possível redução ou aumento da concentração deste metal pode ser influenciado mais pelo manejo do que por ação do relevo. Observou-se maior concentração de Cd no terço superior (TS) da encosta para todas as profundidades.

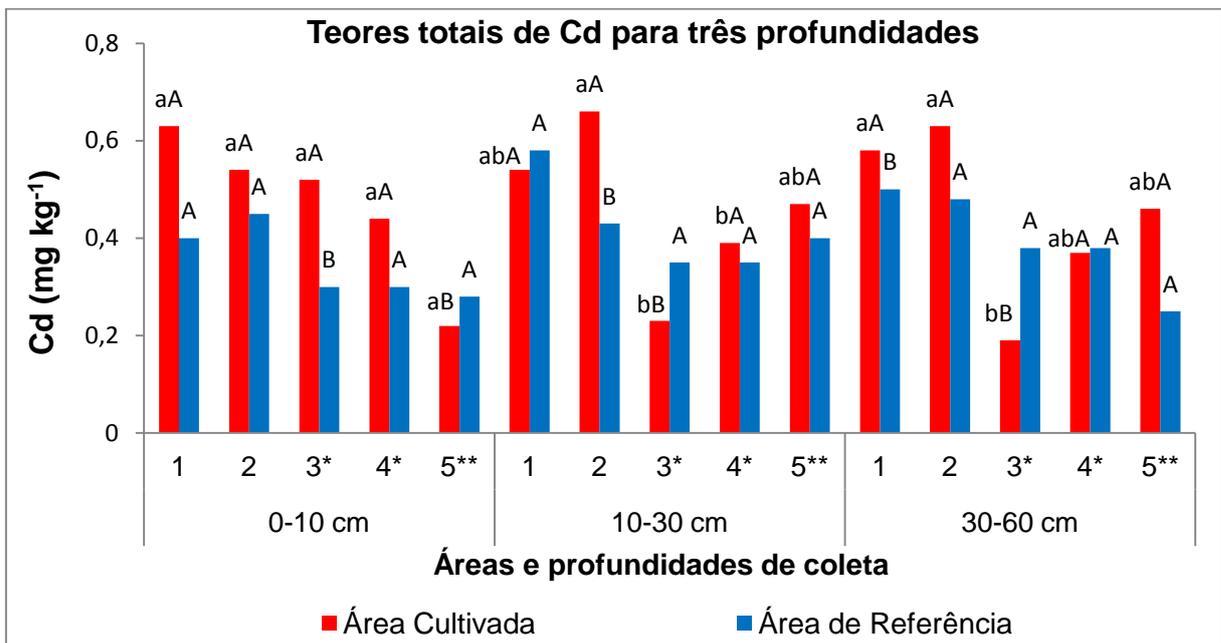


Figura 1. Médias dos teores totais de Cd em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

Os teores de Cd das áreas estudadas (áreas cultivadas e de mata) ficaram abaixo do valor de prevenção ($VP = 1,30 \text{ mg kg}^{-1}$) estabelecido pelo CONAMA (2009), o que leva a considerar que os teores desse metal nos solos estudados não provocaram alterações prejudiciais à sua qualidade.

Almeida (2009) trabalhando com áreas de cultivo de bananeira e videira em São Vicente Ferrer - PE, observou uma movimentação de Cd em direção à parte mais baixa na topossequência, devido à topografia acidentada, indicando

contaminação da área tanto pelo Cd (valores acima do VP-CONAMA), quanto por outros metais pesados, como Pb e Ni.

Quadro 5. Teores totais de metais pesados no solo nos terços superior, médio e inferior da encosta, nas diferentes profundidades de coleta, médias de cinco áreas produtoras de olerícolas no município de Camocim de São Félix (PE)

Posições na encosta	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----					
	00 – 10 (cm)					
TS	0,51a	11,1a	101a	27,1a	4,09a	21,8 ^a
TM	0,50a	8,78a	120a	29,5a	2,81a	17,7 ^a
TI	0,39a	8,48a	154a	30,7a	2,33a	16,3 ^a
	10 – 30 (cm)					
TS	0,52a	7,69a	73,6a	25,1a	4,62a	21,3 ^a
TM	0,45a	6,77a	78,7a	23,1a	3,41a	15,1 ^a
TI	0,44a	7,07a	112a	21,0a	3,28a	17,5 ^a
	30 – 60 (cm)					
TS	0,54a	7,49a	120a	19,9a	4,79a	20,9 ^a
TM	0,44a	7,39a	141a	24,8a	4,30a	15,2 ^a
TI	0,37a	6,43a	120a	23,2a	2,41a	15,0a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

O Cd apresentou correlações positivas e significativas a 1 e 5% com o P, Pb e Zn nas áreas cultivadas (Quadro 6), enquanto nas áreas de mata correlacionou-se positivamente com MO e Pb na camada 0-10 cm e com P e Zn na camada de 10-30 cm e correlação negativa com o Ni na profundidade de 30-60 cm. Segundo Campos (2010) uma fonte direta de contaminação pelo Cd é a utilização de fertilizantes fosfatados ou que contenha Zn em sua formulação.

Em todas as áreas cultivadas avaliadas o manejo foi bem semelhante, sendo prática comum o uso de defensivos e fertilizantes, principalmente os fosfatados. Esses insumos são aplicados sucessivamente ao longo de cada ciclo de cultivo, podendo-se obter até três safras anuais. Fertilizações fosfatadas sucessivas podem incrementar as quantidades de Cd em solos e plantas, o que pode resultar em impactos no ambiente pela contaminação de águas superficiais e subsuperficiais, possibilitando a entrada deste metal na cadeia alimentar (ALLOWAY, 1995; GIMENO-GARCIA *et al.*, 1996; OLIVEIRA, 2001; MARCHIORI JR, 2003). O uso

excessivo e contínuo desses produtos com teores elevados de metais pode acarretar em sérios problemas ambientais, em médio e longo prazo, com o comprometimento da qualidade de vida e saúde do homem. Apesar dos teores totais de Cd neste estudo não terem apresentado diferença estatística significativa entre os teores naturais (mata) e das áreas cultivadas, apresentaram diferença em valores principalmente na profundidade útil de enraizamento (até 30 cm), o que pode indicar o acréscimo de Cd ao solo via fertilizantes.

As correlações entre Cd x P, Pb e Zn aumentaram com a profundidade, o que pode estar relacionado à sua mobilidade no solo (SHEPPARD e THIBAULT, 1992; AMARAL SOBRINHO *et al.*, 1998; BRADY e WEIL, 1996). Possivelmente o Cd está sendo lixiviado devido à elevada precipitação ou sendo adicionado ao solo através da irrigação com águas contendo teores de Cd acima do permitido pelo CONAMA ($0,001 \text{ mg L}^{-1}$), dados que serão apresentados posteriormente neste trabalho.

Quadro 6. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os teores de metais pesados do solo em áreas de cultivo (AC) e áreas de mata nativa (AR) nas três profundidades

	P		MO		K		Cd		Cu		Mn		Ni		Pb	
	AC	AR	AC	AR	AC	AR										
0 - 10 cm																
Cd	0,53*	-0,12 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,85*	0,18 ^{ns}	0,72 ^{ns}										
Cu	0,28 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,63**	0,84*	0,60**	0,13 ^{ns}	0,46**	0,43 ^{ns}								
Mn	0,34 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,64 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,58 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,31 ^{ns}						
Ni	-0,52 ^{ns}	-0,84*	0,31 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,92*	0,27 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,35	0,75 ^{ns}				
Pb	-0,43 ^{ns}	0,97**	0,62*	0,09 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,66*	-0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,53*	-0,68 ^{ns}	0,65**	-0,94**		
Zn	0,51*	-0,96**	0,31 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	0,24*	0,25 ^{ns}	0,82**	0,13 ^{ns}	0,42**	0,52 ^{ns}	-0,42**	0,83*	-0,24 ^{ns}	-0,97**
10 - 30 cm																
Cd	0,64*	0,90*	0,05 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,54 ^{ns}										
Cu	-0,29 ^{ns}	0,95**	0,56*	0,95**	0,57*	0,95**	0,24 ^{ns}	0,75 ^{ns}								
Mn	0,48**	0,36 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,79*	-0,14 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,60**	-0,07 ^{ns}						
Ni	-0,37 ^{ns}	-0,64 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,92**	-0,19 ^{ns}	-0,76 ^{ns}	-0,42**	-0,26 ^{ns}	-0,48**	-0,94**				
Pb	-0,68*	0,28 ^{ns}	0,79**	0,40 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,77**	0,53 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,43**	0,97**	0,14 ^{ns}	-0,86*		
Zn	0,15 ^{ns}	0,81*	-0,09 ^{ns}	0,81*	0,32 ^{ns}	0,99*	0,50**	0,93**	0,33 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,32**	0,83*	-0,24 ^{ns}	-0,94**	0,06 ^{ns}	0,79*
30 - 60 cm																
Cd	0,90**	-0,07 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,72 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,10 ^{ns}										
Cu	-0,02 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,69**	0,64 ^{ns}	0,60**	0,58 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}								
Mn	0,19 ^{ns}	-0,58 ^{ns}	-0,60**	-0,42 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,49 ^{ns}						
Ni	-0,36 ^{ns}	-0,79*	0,56*	-0,96**	0,06 ^{ns}	-0,80*	-0,04 ^{ns}	-0,79*	-0,42 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,67**	0,37 ^{ns}				
Pb	-0,31 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,86**	-0,39 ^{ns}	0,47**	0,41 ^{ns}	0,81**	0,16 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,85*	-0,34 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}		
Zn	0,33 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,81*	0,33 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,53*	-0,64 ^{ns}	0,51*	0,67 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,59**	0,71 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,66 ^{ns}

*, ** e ns: significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, e não significativo, respectivamente

3.1.2. Cobre

Os teores de Cu variaram de 3,10 a 11,60 mg kg⁻¹ nas cultivadas (AC) e de 2,63 a 4,53 mg kg⁻¹ nas áreas de mata (AR). As áreas cultivadas apresentaram teores de Cu mais elevados que as de mata na camada superficial, embora não significativos apenas para a área AC5 (Figura 2). Nas demais profundidades também se verificou a mesma tendência. A área AC5 apresentou as menores concentrações desse elemento, provavelmente devido ao menor tempo de cultivo em relação às demais áreas estudadas.

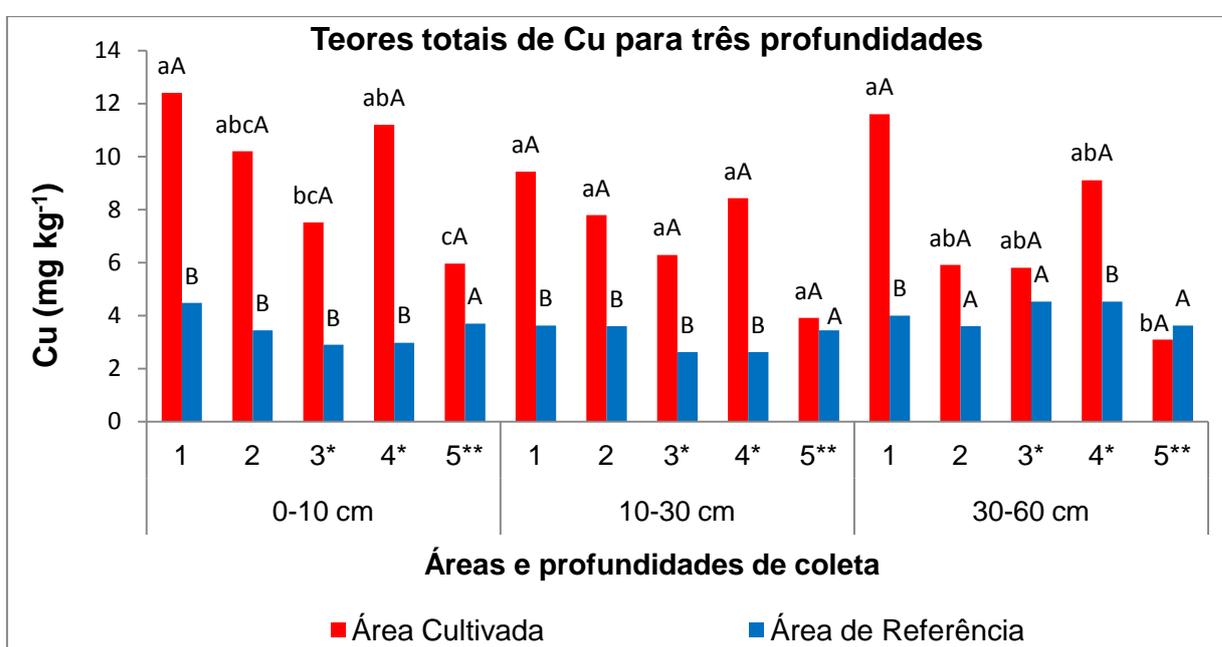


Figura 2. Médias dos teores totais de Cu em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$).

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

Segundo Griotto *et al.* (2010) a maior parte do cobre fornecido ao solo é fortemente adsorvido e permanece nos primeiros centímetros superficiais, com exceção de solos arenosos onde a ligação não é tão forte. Silva (2010) trabalhando em áreas produtoras de manga com vários tempos de cultivo no vale do São Francisco, Petrolina (PE), observou que o acúmulo de Cu no solo aumentou com o tempo de cultivo, fato também observado por Costa (2009), trabalhando com videira

de várias idades na mesma região, corroborando com os resultados de Casali *et al.* (2008), que também encontraram teores de Cu elevados em solos cultivados com videira na Serra Gaucha.

Comparando as áreas cultivadas na camada superficial, AC1, AC2 e AC4 apresentaram valores significativamente superiores à área AC5, mas esta não diferiu da AC3 ($P < 0,05$) em relação aos teores totais de Cu (Figura 2). Nas áreas cultivadas o Cu pode estar sendo adicionado ao solo, possivelmente, pelo uso de fungicidas como Cercobim 500 SC, Cabrio Top, Cuprozeb, Manzate WG, Mancozebe, além do Sulfato de Cobre, fontes do micronutriente e usados pelos olericultores da região.

Não houve influência significativa do relevo no acúmulo e distribuição de Cu ao longo da encosta, para cada profundidade de coleta do solo (Quadro 5), indicando que uma possível redução ou aumento da concentração deste metal pode ser influenciado mais pelo manejo do que por ação do relevo. O Cu apresentou valores mais elevados no terço superior (TS) da encosta para todas as profundidades, resultados semelhantes aos de Almeida (2009), para três pontos de uma topossequência em São Vicente Ferrer (PE).

Os teores de Cu encontrados neste trabalho ficaram abaixo do valor de prevenção ($VP = 60 \text{ mg kg}^{-1}$) (Quadro 5) estabelecido pelo CONAMA (2009), e podem ser considerados como não prejudiciais à qualidade do solo. Observou-se que os teores de Cu das AC foram superiores aos das AR tanto em superfície quanto em subsuperfície, para todas as áreas avaliadas.

Na profundidade 0-10 cm o Cu apresentou correlações positivas com a MO, K e Zn nas AC e apenas com a MO nas AR (Quadro 6). Para a profundidade 10-30 cm, mostrou correlações positivas com MO, K e Mn nas AC e nas áreas de mata com P, MO e K. À profundidade de 30-60 cm, apenas com o teor de Pb nas áreas de mata, enquanto nas cultivadas apresentou comportamento semelhante ao da camada superficial. Estudos em solos agrícolas demonstram que, em média, mais de 90% de todo o Cu adicionado ao sistema solo é ligado à matéria orgânica (LOFTS e TIPPING, 1998; WENG *et al.*, 2001; RAMOS, 2006). Alexandre e Szikszay (1999) estudando a contaminação de solos e água do lençol freático por metais pesados provenientes de herbicidas e fungicidas, na região vitícola de Jundiaí-SP, observaram que na camada superficial do solo a matéria orgânica era a principal responsável pela retenção do Cu.

A MO do solo tem efeitos diretos e indiretos na disponibilidade de nutrientes para as plantas, servindo de fonte de N, P, S e alguns elementos-traço, apresentando grande afinidade pelos metais pesados no solo. Em razão de sua configuração e profusão de grupos fenólicos e, principalmente carboxílicos, tal afinidade manifesta-se pela exposição de sítios de adsorção (específicos ou não), sendo, portanto, similar à adsorção de argilas silicatadas e óxidos, bem como pela ação como agente complexante do metal na solução do solo (AMARAL SOBRINHO *et al.*, 1992).

O tipo de solo, aliado às práticas agrícolas que proporcionem alterações de pH (pH ácido aumenta a solubilidade do cobre) e perda de MO do solo, facilitam a mobilidade desse elemento e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático (KARATHANASIS, 1999; ALVA *et al.*, 2000; KABALA e SINGH, 2001). Portanto, o melhor meio para mitigar problemas de alta concentração de cobre no solo é diminuir a quantidade adicionada anualmente, o que requer cuidados com as doses, número de aplicações por safra, concentração de cobre na calda e substituição da calda bordalesa por outros insumos menos contaminantes.

3.1.3. Manganês

Os teores de Mn variaram de 25,60 a 164 mg kg⁻¹ na áreas cultivadas (AC) e de 13,05 a 40,60 mg kg⁻¹ nas áreas de mata (AR) (Figura 3). Os teores de Mn nas áreas cultivadas foram significativamente superiores (P<0,05) aos teores naturais das suas respectivas áreas de referência, com exceção da área AC5, que não diferiu da área de mata.

Também não se observou influência significativa do relevo no acúmulo e distribuição de Mn ao longo da encosta, para cada profundidade de coleta do solo (Quadro 5). Maiores concentrações foram observadas na profundidade de 30-60 cm e na superficial, embora inferiores aos valores encontrados por Almeida (2009).

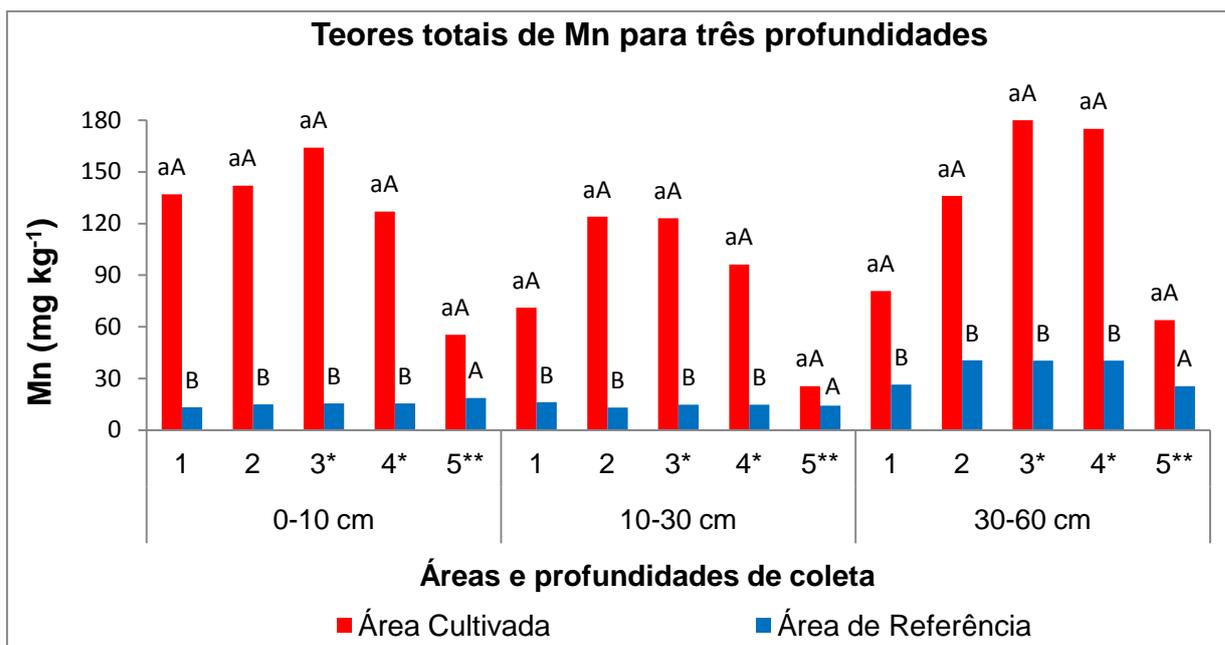


Figura 3. Médias dos teores totais de Mn em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

O CONAMA (2009) não estabelece valores orientadores de prevenção nem de intervenção agrícola para o Mn. Mas os teores de Mn das AC foram muito superiores aos teores nas AR. Em virtude disso, sugere-se que ocorreu incremento de Mn ao solo por via antrópica, provavelmente de fertilizantes foliares, aplicados para garantir um melhor desenvolvimento das culturas de ciclo curto, principalmente as folhosas como acelga, alface e couve, ou de fertilizantes fosfatados. Camargo *et al.* (2000) verificam a presença de $163,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn no superfosfato triplo e $2.613,5 \text{ mg kg}^{-1}$ no termofosfato magnesiano.

Os teores de Mn apresentaram correlação negativa com Pb (0-10cm), MO e Ni (30-60cm), e positiva com Cu (10-30 cm) nas áreas cultivadas. Nas áreas de mata Mn e K apresentaram correlação positiva apenas na camada de 10-30 cm. Silva (2010) encontrou correlação positiva entre Mn e P em áreas cultivadas com mangueira em Petrolina (PE), sugerindo que este metal pudesse estar ligado aos íons fosfato, advindos da elevada aplicação de fósforo. Neste trabalho verificou-se

correlação significativa ($P < 0,01$) entre Mn de P na profundidade 10-30 cm nas AC, embora fraca para modelo linear.

3.1.4. Níquel

Os teores de Ni variaram de 12,90 a 41,70 mg kg⁻¹ na áreas cultivadas (AC) e de 37,45 a 58,88 mg kg⁻¹ nas áreas de mata (AR) (Figura 4). Ao contrário dos outros metais avaliados, as áreas de mata apresentaram teores de Ni mais elevados que as áreas cultivadas em todas as profundidades, embora não significativos apenas para a área AC5 em profundidade, e para AC1, AC2 e AC5 na superfície, ressaltando que AC5 é a área com menor tempo de cultivo dentre as demais avaliadas neste trabalho.

Não foi observada influência significativa do relevo no acúmulo e distribuição de Ni ao longo da encosta, para todas as profundidades de coleta do solo (Quadro 5).

Os valores de Ni encontrados neste trabalho para as áreas de cultivo (AC) ficaram abaixo do valor de intervenção agrícola ($VI_{agrícola} = 35 \text{ mg kg}^{-1}$) estabelecido pelo CONAMA (2009) (Quadro 5), com exceção da área AC5 nas profundidades 0-10 e 30-60 cm. Para as áreas de mata (AR) os teores foram sempre mais elevados. Segundo Pais e Jones Jr (1996), os teores deste metal no solo variam de 1 a 200 mg kg⁻¹. Costa (2009) sugeriu que a redução dos teores de Ni em áreas cultivadas em relação aos teores naturais das áreas de referência pode ocorrer devido à remoção do Ni pelas culturas (absorção) ou pela lixiviação para as camadas mais profundas do solo, reforçado por Antoniadis e Tsadilas (2007), que afirmaram ser o Ni um elemento de alta mobilidade no solo.

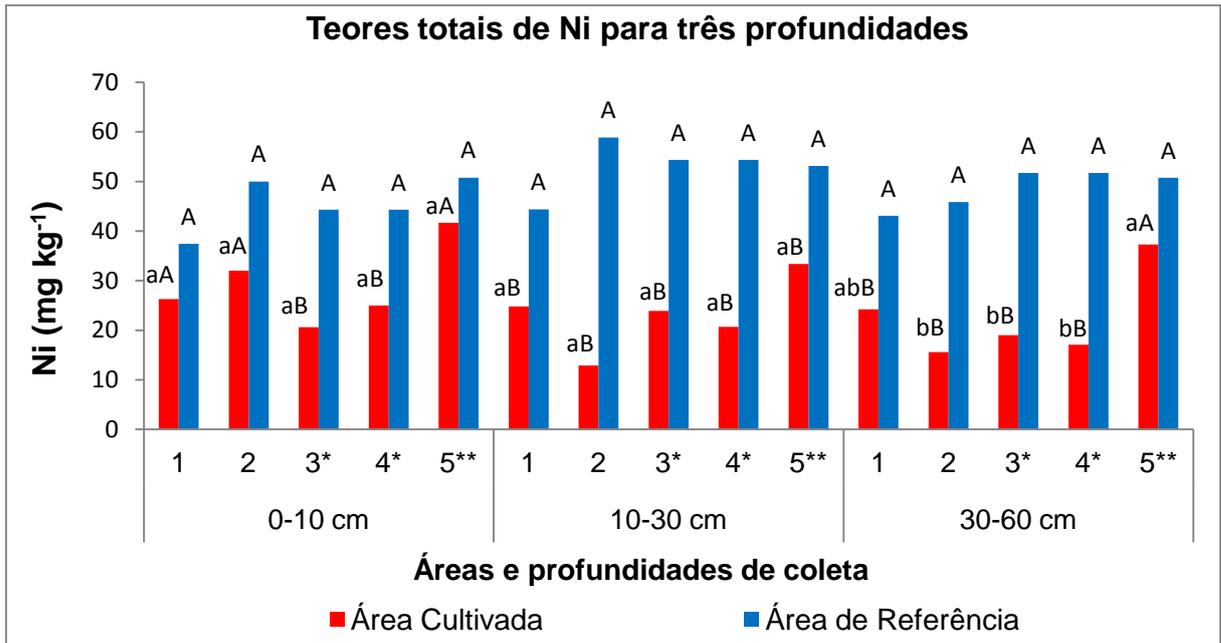


Figura 4. Médias dos teores totais de Ni em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

Os teores de Ni nas áreas cultivadas (AC) foram menores que os apresentados por Caires (2009) para solos de Minas Gerais, onde o maior teor observado em Latossolos foi de $46,65 \text{ mg kg}^{-1}$. Para as áreas de mata, no entanto, os valores foram superiores aos apresentados por aquele autor. Mas, esta diferenciação pode ser entendida pela composição do material de origem dos Latossolos de Pernambuco.

O Ni estabeleceu correlação positiva com a MO nas áreas de cultivo, na profundidade 30-60 cm ($r=0,56^*$). Segundo Senesi *et al.* (1989) e Egreja Filho (2000), o Ni apresenta uma grande afinidade com a fração MO, especialmente nos casos em que essa provém de materiais adicionados aos solos. Foram observadas correlações negativas com K e P nas áreas de mata em superfície e subsuperfície (Quadro 6).

3.1.5. Chumbo

Os teores de Pb variaram de 1,2 a 6,66 mg kg⁻¹ na áreas cultivadas (AC) e de 0,93 a 4,78 mg kg⁻¹ nas áreas de mata (AR) (Figura 05). Ocorreram diferenças significativas entre as áreas de cultivos AC2 e AC5 e suas respectivas áreas de referência (AR). Nestas áreas, os teores de Pb aumentaram com a profundidade, o que não ocorreu nas áreas de mata, onde a distribuição do metal foi relativamente uniforme nas camadas avaliadas. Não foi detectada presença de Pb nos solos da área cultivada AC3.

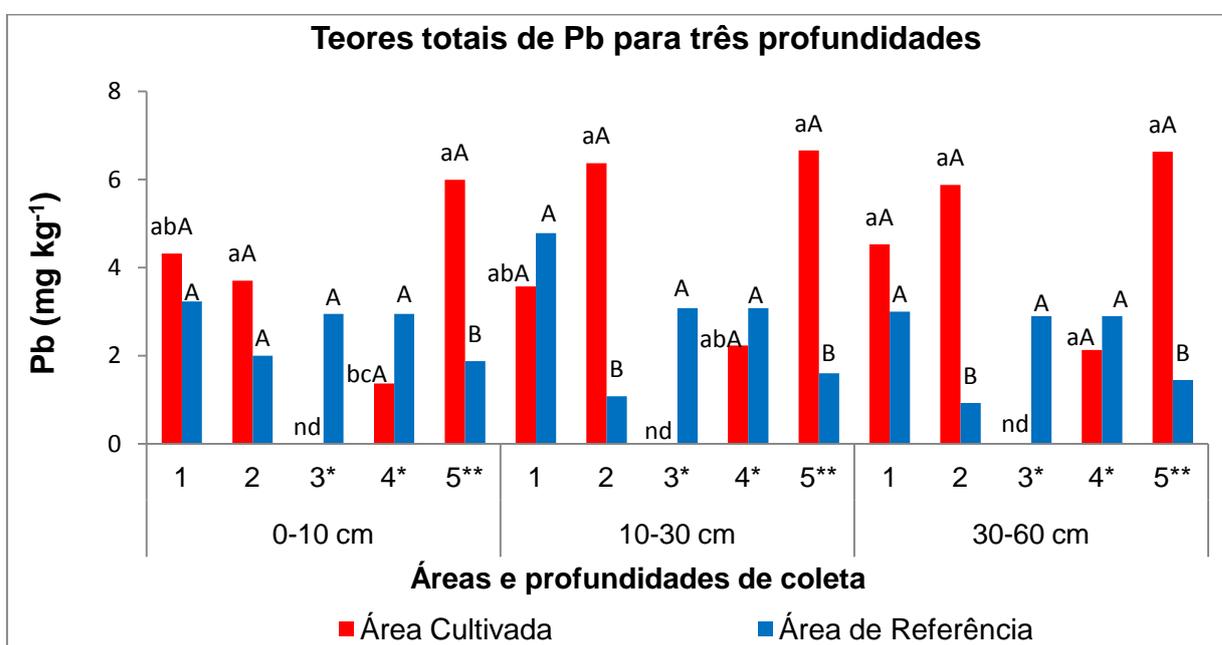


Figura 5. Médias dos teores totais de Pb em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

Foram encontraram teores de Pb em solos de áreas cultivadas com meloeiro superiores aos de áreas de vegetação nativa (MENDES *et al.*,2010), diferentes dos resultados encontrados por Silva (2010) em cultivos de mangueiras no Vale do São Francisco em Petrolina (PE).

Não foram observadas diferenças significativas entre os teores de Pb nos terços superior, médio e inferior das encostas em todas as profundidades de coleta (Quadro 5).

Os teores de Pb de todas as áreas avaliadas estão abaixo dos valores de prevenção ($VP=72 \text{ mg kg}^{-1}$) e de intervenção agrícola ($VI_{\text{agrícola}}=180 \text{ mg kg}^{-1}$) preconizados pelo CONAMA (2009). Nas áreas cultivadas observaram-se correlações positivas significativas entre Pb x MO e Cd nas três profundidades, entre Pb x Mn e Ni na camada superficial, e correlação negativa e significativa entre Pb e P na profundidade 10-30 cm (Quadro 6). O Pb se acumula nas camadas superficiais do solo devido às altas quantidades de matéria orgânica (JOHNSON e PETRAS, 1998; SANCHEZ-CAMAZANO *et al.*, 1998), podendo este acúmulo ser aumentado com contaminações antropogênicas (FUJIKAWA e FUKUI, 2001). Segundo Abreu *et al.* (1998), o Pb antropogênico acumula-se na camada superficial do solo (0-10 cm) em virtude da sua baixa mobilidade no perfil. Um dos motivos para esta baixa movimentação é a forte adsorção que o solo e a matéria orgânica promovem, principalmente nos primeiros centímetros de profundidade.

3.1.6. Zinco

Nas áreas cultivadas os teores de Zn variaram de 9,31 a 22,30 mg kg^{-1} enquanto nas de mata variaram de 1,95 a 9,43 mg kg^{-1} (Figura 6). Com exceção da área AC5 nas profundidades de 0-10cm e 30-60cm, todas as demais áreas cultivadas apresentaram teores de Zn significativamente superiores ($P<0,05$) às suas áreas de referência, indicando acúmulo deste metal devido, provavelmente, à contínua adição de fertilizantes ao longo dos anos, enquanto a área AC5 tem menor tempo de cultivo. Segundo Weingerl e Kerin (2000), os teores de Zn em solos cultivados aumenta anualmente de 0,5 a 1 mg Kg^{-1} devido ao uso de fungicidas e fertilizantes que contém Zn na sua formulação. Os defensivos contêm várias combinações de metais pesados, tanto como constituintes ativos quanto como impurezas (ALLOWAY, 1990).

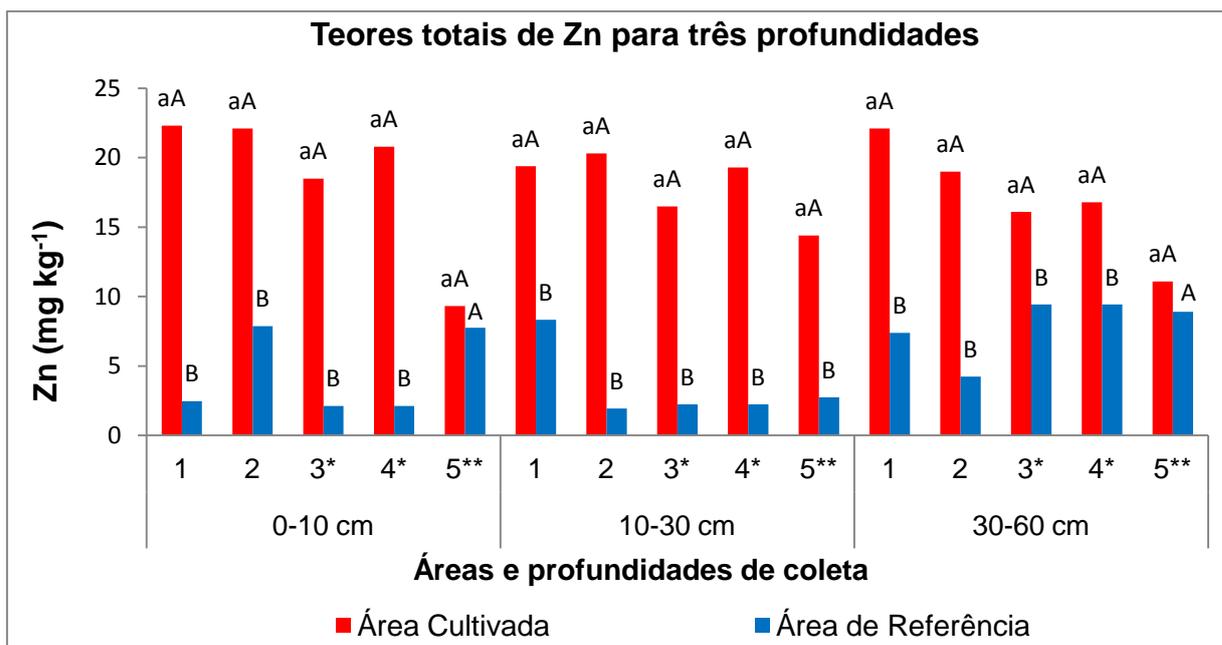


Figura 6. Médias dos teores totais de Zn em três profundidades (0-10, 10-30 e 30-60 cm) nas áreas cultivadas (AC) e de mata (AR), no município de Camocim de São Félix (PE). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as áreas cultivadas nas diferentes profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e média seguidas por letras maiúsculas entre área cultivada e mata, não diferem entre si pelo teste t para médias pareadas ($P < 0,05$)

*=Área de referencia-AR3, **=Área de referência-AR4

Esses dados corroboram com os valores encontrados por Costa (2009) e Silva (2010) que, trabalhando na região do Vale do São Francisco, Petrolina, com cultivos de videira e mangueira de várias idades, obtiveram valores de Zn superiores em áreas de cultivo em relação aos teores naturais das áreas de referência, atribuindo esse aumento à atividade antrópica.

Com relação à influência do relevo no acúmulo e distribuição de Zn ao longo da encosta, não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as diferentes posições de coleta do solo, para todas as profundidades (Quadro 5).

Comparando os teores de Zn obtidos neste trabalho com os valores de prevenção ($VP = 300 \text{ mg kg}^{-1}$) e de intervenção ($VI_{agrícola} = 450 \text{ mg kg}^{-1}$) preconizados pelo CONAMA (2009), observou-se que foram muito inferiores tanto nas AC quanto nas AR. As áreas de mata, sem exceção, tiveram seus teores naturais de Zn inferiores em relação aos teores deste metal das áreas cultivadas.

Nas áreas cultivadas o Zn apresentou correlações positivas e significativas ($P < 0,05$) com Cu, Cd e P (Quadro 6), e negativa e significativa com o Ni. Observou-

se correlação altamente significativa e negativa na profundidade 0-10 cm entre Zn x P nas áreas de mata ($r=-0,96^{**}$).

Apesar do Zn não ter estabelecido correlação significativa com o P para todas as profundidades de coleta nas áreas cultivadas, ocorrendo apenas na profundidade 0-10 cm, os altos teores de Zn nestas áreas pode estar relacionado ao uso contínuo de fertilizações fosfatadas e foliares, além de pesticidas (inseticidas e fungicidas). Segundo Kiekens (1990), os fertilizantes minerais e orgânicos, bem como os corretivos de solo contêm freqüentemente Zn como impureza. Com relação aos pesticidas, estes autores afirmam que podem conter Zn em concentrações de até 25% e, possivelmente, aumentar as concentrações desse elemento no solo. Nos fertilizantes fosfatados as concentrações de Zn podem chegar a $501,45 \text{ mg kg}^{-1}$; em pedras calcárias, $10.450 \text{ mg kg}^{-1}$; e em esterco, até $15.250 \text{ mg kg}^{-1}$. Pezzarossa *et al.* (1993), trabalhando com aplicação de fertilizante fosfatado em hortaliças, observaram aumento nos teores de Zn com o aumento das quantidades de fertilizante aplicado.

Já as correlações entre Zn e Cd indicam uma forte ligação entre estes dois metais. Segundo Aciolly e Siqueira (2000), o excesso de Zn no solo é um fator limitante à absorção de Cd pelas plantas, e estes dois elementos ocorrem juntos nos minerais e apresentam intensa interação entre si, apresentando maior mobilidade, migrando para profundidades maiores no solo. O Zn é quimicamente semelhante ao Cd, por conta disso o Cd pode substituí-lo em várias reações metabólicas ou competir pelos mesmos sítios de absorção (WELCH e NORVEL, 1999; HART *et al.*, 2002). Outra hipótese que pode justificar as interações entre Zn e Cd nas AC pode ser a presença do Cd como contaminante em fertilizantes e defensivos a base de Zn. De acordo com Ribeirinho (2010), o Cd é normalmente encontrado em minas de zinco, e os fertilizantes (fontes de P e Zn) podem contaminar o solo devido à presença deste metal pesado (Cd).

3.2. Metais pesados nas águas das barragens

Foram levantados junto ao ITEP/LAMEPE (2010) os dados referentes à precipitação pluviométrica mensal do município de Camocim de São Félix (Figura 7), com o intuito de relacionar essa precipitação com as concentrações dos metais pesados determinados neste trabalho (Cd, Cu, Ni, Mn, Pb e Zn).

Os teores totais dos metais pesados presentes nas amostras de água das barragens foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela resolução nº 357 do CONAMA-MMA de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Também estabelece parâmetros de qualidade de uso dessas águas para o consumo humano e animal, bem como para irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e/ou de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

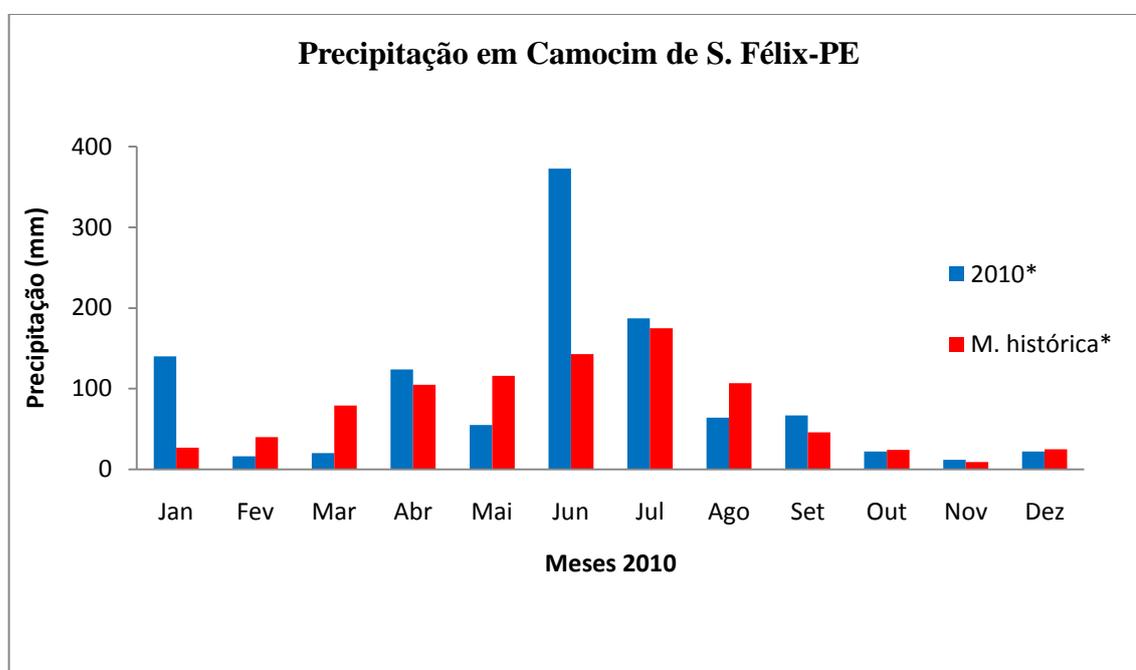


Figura 7. Média mensal acumulada da precipitação (Janeiro a Dezembro de 2010), para o município de Camocim de São Félix-PE

Fonte: Dados fornecidos pelo ITEP/LAMEPE, estação meteorológica de Camocim de São Félix-PE; * média acumulada para o ano de 2010 e média histórica para os últimos 1º anos.

Os teores de Cd nas amostras de água variaram de 0,041 a 0,058 mg L^{-1} (Figura 08), sendo que todas as amostras, inclusive da água do poço consumida na cidade, ficaram acima do padrão estabelecido pelo CONAMA (2005), que é de 0,001 mg L^{-1} , indicando forte contaminação desses corpos d'água, corroborando com os dados de Ramalho (2000) em Paty do Alferes (RJ) e Alexandrino *et al.* (2007) em Barra do Choça (BA).

Não foram observadas mudanças significativas na concentração de Cd em função de variações mensais na precipitação, mas apenas discreto aumento em algumas barragens após o período de precipitações mais intensas, possivelmente devido a um maior aporte de sedimentos carregados pela erosão.

O cádmio tem alto potencial tóxico, podendo causar envenenamento quando ingerido na água ou nos alimentos. Em grandes quantidades é cancerígeno e sua inserção no meio ambiente pode ocorrer por meio de praguicidas, fertilizantes, além de fontes industriais (BRIGANETE e ESPINHOLA, 2003). Segundo Barreto *et al.* (2004), para uma água ser utilizada na irrigação o valor máximo permitido para este metal é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$.

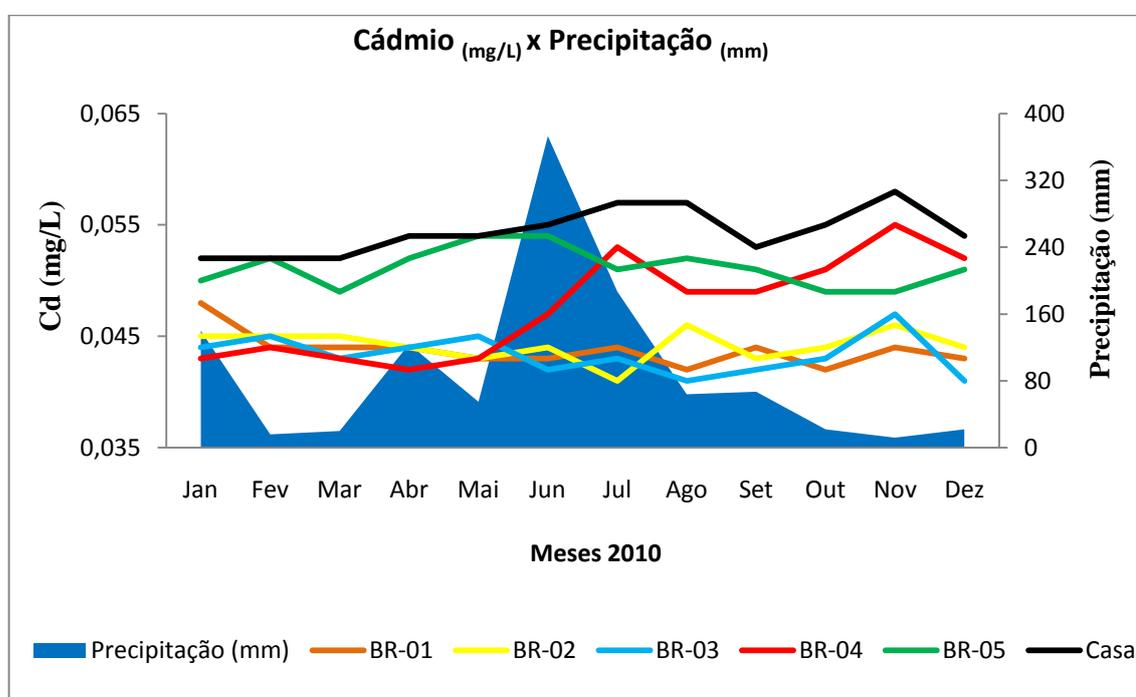


Figura 8. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Cd em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE

Os teores de Ni nas amostras de água variaram de $1,85$ a $3,31 \text{ mg L}^{-1}$, ultrapassando o padrão estabelecido pelo CONAMA (2005), de $0,025 \text{ mg L}^{-1}$, em todas as barragens e poço (Figura 9), indicando forte contaminação desses corpos d'água por esse metal. Isso talvez justifique em parte a redução do Ni nas áreas cultivadas, tendo em vista sua maior movimentação no solo, que pode favorecer sua lixiviação, contaminando o lençol freático e conseqüentemente as águas represadas

nas barragens, agravado pela evaporação. O aumento da concentração de Ni após o período de precipitações mais intensas (junho-julho) possivelmente indica a entrada do metal junto com os sedimentos carregados pela erosão.

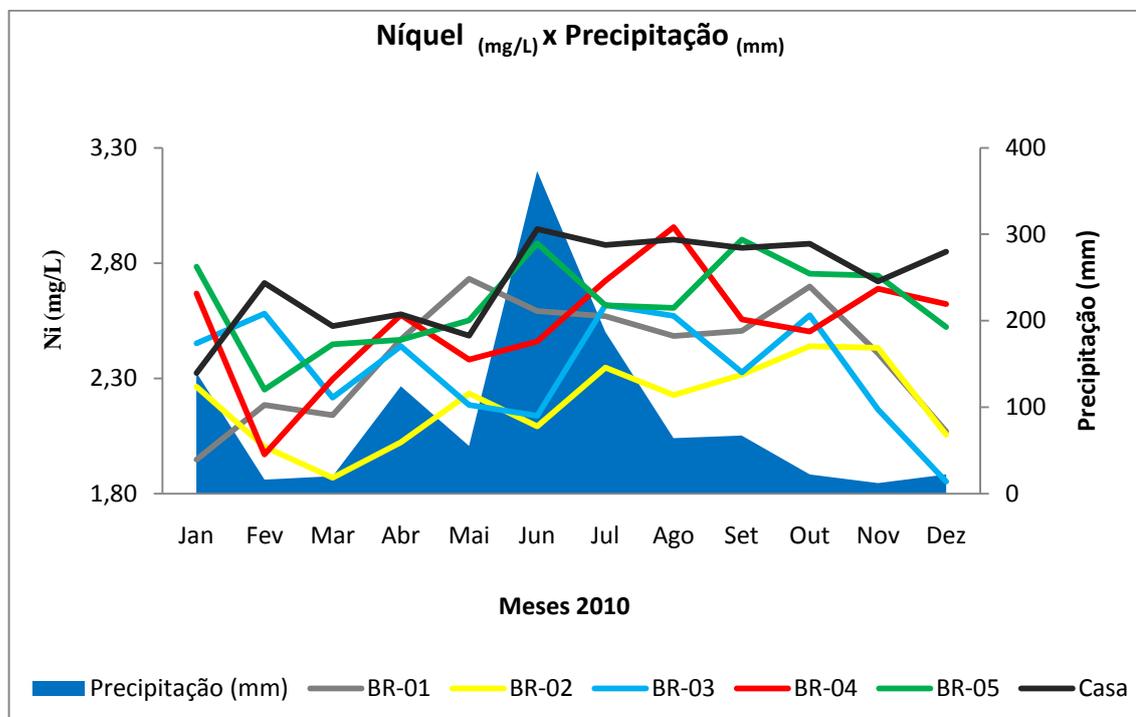


Figura 9. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Ni em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE

Os teores de Pb variaram de 0,051 a 0,144 mg L⁻¹, sendo que nas barragens BR-01, BR-02 e BR-03 não detectou-se Pb em meio aquoso (Figura 10). Os valores foram muito superiores ao padrão preconizado pelo CONAMA (2005), que é de 0,01 mg L⁻¹, sendo que a BR-05, foi a que apresentou maiores teores de Pb. Essa barragem abastece a área cultivada AC5, que apresentou os maiores teores de Pb no solo, possivelmente proveniente de insumos agrícolas. Sugere-se que este metal esteja sendo transportado pela erosão e concentrando-se nas barragens, já que o Pb não é muito móvel no solo, com o agravante de que essa água será usada novamente para irrigação e possivelmente este Pb retornará ao solo, contaminando-o, bem como aos vegetais produzidos no local.

Ramalho *et al.* (2000), estudando a contaminação por metais pesados na microbacia de Paty do Alferes (RJ), verificaram que os teores de Pb e Cd foram muito superiores aos valores permitidos pela legislação.

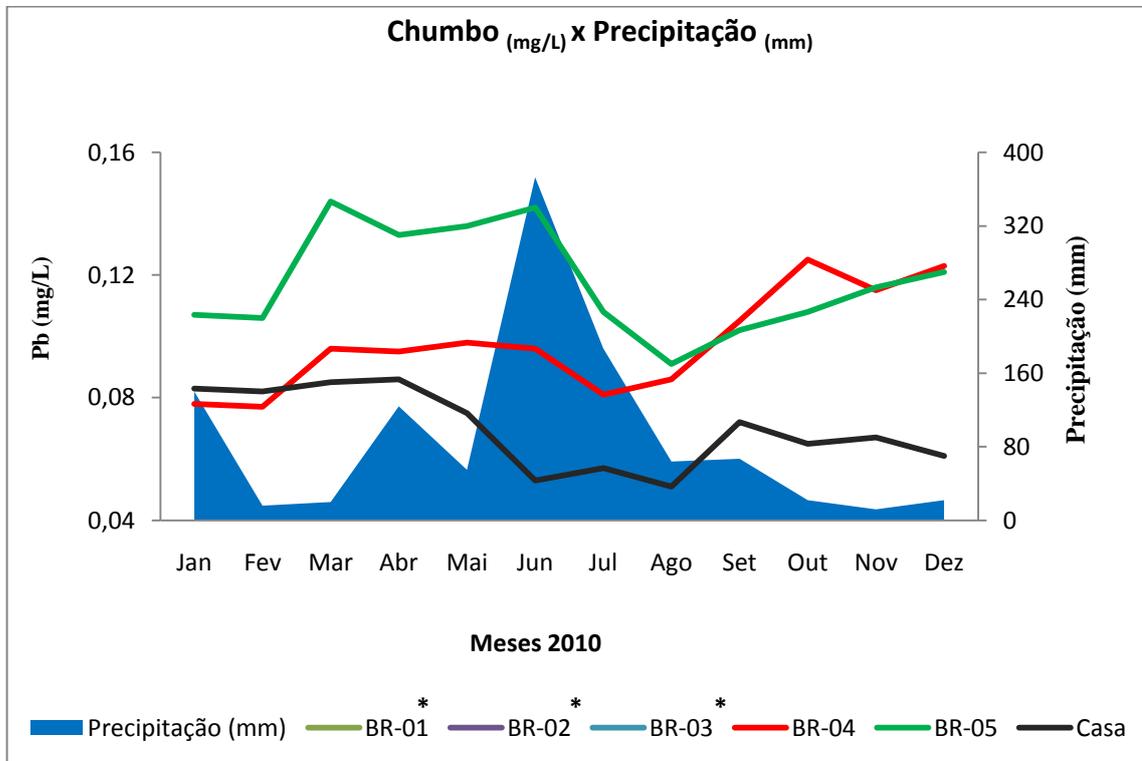


Figura 10. Influência da precipitação e variação temporal da concentração de Pb em amostras de água de cinco barragens e de um poço usados para irrigação de hortaliças, consumo humano e animal no município de Camocim de São Félix-PE

* não foi detectada a presença de Pb nas águas das barragens BR-1, BR-2 e BR-3

Vale destacar a concentração de Pb na água consumida na cidade, que é captada do subsolo (poço) e distribuída sem análise e tratamento prévio para as residências, onde foram detectados teores de Pb variando de 0,051 a 0,086 mg L⁻¹, ou seja, muito superiores ao estabelecido pelo CONAMA (2005). Segundo ATSDR (1999) a maior parte do Pb entra no organismo humano pelas vias respiratória e gastrointestinal e, após absorção, pode ser encontrado no sangue, tecidos moles e mineralizados, principalmente nos ossos. O Pb pode afetar quase todos os órgãos e sistemas do corpo, mas o mais sensível é o sistema nervoso, tanto em adultos como em crianças, é um elemento cumulativo que provoca um envenenamento crônico denominado saturnismo (CETESB, 2011).

De acordo com Moreira e Moreira (2004), no Brasil o controle das fontes poluidoras de chumbo é praticamente inexistente, devido à falta de dados sobre a real exposição da população. Por isso, são necessários estudos que forneçam as informações indispensáveis para melhor conhecimento da realidade e, desse modo, subsidiar os órgãos de saúde pública nas ações de controle dos danos causados ao ambiente.

Quanto à influência da precipitação na concentração do Pb, observou-se redução nos meses subsequentes aos de maior precipitação, talvez sugerindo efeito da diluição, visto que, nos meses em que a precipitação foi menor, os teores de Pb voltaram a subir, permanecendo estáveis.

Não foi detectada a presença de Cu, Mn e Zn nas águas das barragens e do poço. Esses resultados foram semelhantes aos de Farias *et al.* (2007), que verificaram concentrações de Cu, Mn e Zn abaixo dos limites de quantificação do aparelho, na água do Rio Cabedelo, no distrito industrial de Mangabeira, em João Pessoa (PB). Os autores também observaram que houve, freqüentemente, superação dos níveis estabelecidos para Cd e Pb, sendo forte indicativo de atividades antrópicas na bacia hidrográfica

3.3. Metais pesados em hortaliças

Os resultados das concentrações médias dos metais pesados nos vegetais são apresentados no Quadro 7. As concentrações na parte comestível dos vegetais foram comparadas com os Limites Máximos de Tolerância (LMT) estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1965). Os LMT's são limites de teores máximos permitidos em alimentos consumidos *in natura*, sendo, respectivamente, para Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, da ordem de 1,0; 30; 5,0; 0,5 e 50 mg kg⁻¹, com base em massa seca. Não há nenhuma recomendação de LMT estabelecida pela ANVISA para Mn no Brasil.

As concentrações de Cd variaram de 0,15 a 0,66 mg kg⁻¹ na 1ª coleta, e de 0,20 a 0,55 mg kg⁻¹ na 2ª coleta, sendo que as amostras de acelga apresentaram os teores mais elevados, embora inferiores ao LMT para Cd. As concentrações de Cu, que variaram de 4,85 a 9,82 mg kg⁻¹ na 1ª coleta, e de 1,60 a 5,12 mg kg⁻¹ na 2ª coleta, também ficaram bem abaixo do LMT para este metal, que é de 30 mg kg⁻¹, embora indicando que deve ter havido uma maior aplicação de produtos à base de

cobre no primeiro semestre, com o intuito de prevenir e controlar possivelmente doenças fúngicas, que ocorrem mais intensamente durante o período mais chuvoso.

Quadro 7. Teores de metais pesados na parte comestível de diferentes vegetais, em dois períodos de coleta (Janeiro e Novembro-2010) e em composto orgânico (cama de frango) coletados em áreas cultivadas com olerícolas em Camocim de São Félix - PE

Vegetais e Áreas	Matéria seca g kg ⁻¹	H ₂ O %	mg kg ⁻¹ de Matéria Seca					
			Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1ª Coleta								
Tomate/1	58,2	94,18	0,15	5,66	8,33	5,50	4,78	27,57
Tomate/2	67,7	93,23	0,20	4,89	6,64	5,95	5,75	24,51
Acelga/3	76,8	92,32	0,66	4,85	15,71	5,90	7,70	38,24
Berinjela/4	99,8	90,02	0,39	8,39	15,09	4,85	4,80	35,02
Pimentão/5	91,8	90,82	0,35	9,82	18,64	7,40	5,88	31,60
2ª Coleta								
Tomate/1	52,2	94,78	0,45	5,12	5,20	4,70	3,21	11,60
Tomate/2	50,9	94,91	0,20	3,20	3,75	5,25	4,07	8,55
Acelga/3	47,7	95,23	0,50	2,95	11,50	5,55	8,02	59,15
Abobrinha/4	36,5	96,35	0,40	1,60	16,20	6,75	1,96	28,95
Tomate/5	41,9	95,81	0,55	4,21	14,25	6,30	4,58	18,50
LMT*	---	---	1	30	NE	5	0,50	50
Cama de frango								
Área-01	---	---	nd	35,1	234	7,18	1,61	105
Área-02	---	---	nd	32,4	257	7,05	2,05	105
Área-03	---	---	nd	28,0	231	7,00	2,62	105
Área-04	---	---	nd	38,0	229	7,03	2,14	105
Área-05	---	---	nd	30,6	248	7,13	2,90	104

* Limite Máximo de Tolerância, segundo ANVISA (1965); NE= Não Especificado.
1,2,3,4,5 – Áreas de coleta do material vegetal, nd= não detectado

A maioria das amostras vegetais tiveram as concentrações de Ni acima do LMT que é 5,0 mg kg⁻¹, exceto para Berinjela da 1ª coleta e tomate da AC1 na 2ª coleta, diferindo dos resultados encontrados por Guerra (2010), para teores de Ni em vegetais comestíveis. As concentrações de níquel variaram de 4,85 a 7,40 mg kg⁻¹, na 1ª coleta, e de 4,70 a 6,75 mg kg⁻¹, na 2ª coleta. Segundo Adriano (1986), o teor de Ni na matéria seca de plantas varia de 0,1 a 5 mg kg⁻¹, dependendo da espécie, parte da planta, estágio fenológico, conteúdo no solo, acidez do solo, entre outros fatores.

A principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente ao Ni e não fumante é o consumo de alimentos. A ingestão de elevadas doses de sais contendo níquel causa irritação gástrica. O efeito adverso mais comum da

exposição ao Ni é a reação alérgica; cerca de 10 a 20% da população é sensível ao metal (CETESB, 2011).

Para as concentrações de Pb as variações foram de 4,78 a 7,70 mg kg⁻¹ na 1ª coleta, e de 1,96 a 8,02 mg kg⁻¹ na 2ª coleta, valores acima do LMT para Pb, que é 0,50 mg kg⁻¹, fato também observado por Nuñez *et al.* (2006), trabalhando com a cultura do pimentão em diferentes sistemas de preparo do solo. Capitani *et al.* (2009) afirmam que produtos agrícolas produzidos em solos contaminados ou mesmo irrigados com águas contaminadas tendem a incorporar chumbo em maior ou menor proporção, dependendo de variáveis como pH do solo e da água, forma química do chumbo e espécie vegetal (cada espécie tem potencial de fixação de chumbo diferente).

Dentre as amostras analisadas, a abobrinha foi a hortaliça que menos acumulou Pb, mesmo tendo um alto teor de água. Já a folhosa (acelga) teve as maiores concentrações de Pb em seus tecidos, tanto na 1ª quanto na 2ª coleta. Este fato pode ter ocorrido em virtude da maior área foliar, alta taxa de transpiração e alta taxa de crescimento, o que não ocorre em frutíferas, já que a transferência de metais pesados das raízes para o tronco, e posteriormente para os frutos é lenta, resultando em baixa acumulação.

Em climas temperados, plantas pertencentes à família das Brassicáceas (no caso da acelga) são capazes de acumular zinco, cádmio, chumbo e níquel em elevadas quantidades (Reeves e Baker, 2000). De acordo com estes autores, a *Brassica juncea* pode acumular e tolerar Pb, Cd, Cr, Ni, Zn, Se e Cu e são, geralmente, plantas com flores muito bonitas, atraindo facilmente um elevado número de predadores potenciais, podendo haver propagação da contaminação ao longo da cadeia alimentar.

As concentrações de Zn variaram de 24,51 a 38,24 mg kg⁻¹ na 1ª coleta e de 8,55 a 59,15 mg kg⁻¹ na segunda coleta, com a maioria das amostras ficando abaixo do LMT, que é 50 mg kg⁻¹. Segundo Ross (1994), essas concentrações ainda não chegam a causar fitotoxidez, que só ocorre em concentrações acima de 400 mg kg⁻¹.

Considerando o ciclo médio dessas culturas, ou seja, do plantio ao início da colheita, observou-se que a acelga, com um ciclo de 65 dias, foi mais eficiente na absorção dos metais pesados, principalmente Cd, Pb e Zn, tanto via solo quanto via foliar, devido a sua maior área de exposição. Já a abobrinha, com o ciclo mais longo

dentre as plantas coletadas (~130 dias), não apresentou altos teores de metais em comparação com as demais culturas. Tomate, berinjela e pimentão, que têm ciclos semelhantes, entre 100 e 120 dias, apresentaram também concentrações semelhantes de metais pesados em seus tecidos.

Com relação aos teores totais de metais pesados no composto orgânico aplicado ao solo (cama de frango), observaram-se valores muito semelhantes para todas as áreas (Quadro 7), possivelmente devido à origem desse composto, adquirido pelos produtores no mesmo aviário. Não foram encontrados valores orientadores na legislação para respaldar e comparar os teores dos metais pesados encontrados na cama de frango.

Não foi detectado Cd no composto orgânico. Os teores de Cu variaram de 28 a 38 mg kg⁻¹, os de Mn entre 229 e 257 mg kg⁻¹, os de Ni variaram de 7 a 7,18 mg kg⁻¹, os de Pb de 1,61 a 2,90 mg kg⁻¹ e os teores de Zn entre 104 e 105 mg kg⁻¹ (Quadro 7). Fukayama (2008), trabalhando com cama de frango sob diferentes reutilizações e efeitos na produção de biogás e biofertilizante, encontrou resultados superiores para Cu (525 a 631 mg kg⁻¹), Mn (333 a 442 mg kg⁻¹), Pb (19 a 26 mg kg⁻¹) e Zn (399 a 567 mg kg⁻¹), e semelhantes para Ni (4,6 a 6 mg kg⁻¹), também não detectando Cd nas amostras. Raji *et al.* (1997) verificaram os seguintes valores para metais pesados em esterco de galinha: Cu=31 mg kg⁻¹, Zn=306 mg kg⁻¹, Pb=38 mg kg⁻¹, Cd=4,4 mg kg⁻¹, Ni=4,4 mg kg⁻¹ e Mn= nd).

Possivelmente os teores de metais pesados presentes na cama de frango tenham origem na ração das aves. Conforme apresentado por Viana *et al.* (2006), o farelo de milho apresenta as seguintes concentrações de Cu, Mn e Zn (3, 7 e 18 mg kg⁻¹ de ração, respectivamente) e o farelo de soja apresenta para esses mesmos metais, 22, 29 e 40 mg kg⁻¹ de ração, respectivamente.

De acordo com França *et al.* (2009), são usadas como fertilizante orgânico, em média, 4,4 toneladas de cama de frango por hectare/ano e, considerando que a cama de frango coletada nas áreas deste trabalho apresentaram uma umidade de 24%, serão adicionados ao solo por hectare anualmente nesta localidade: 0,15 kg de Cu; 0,81 kg de Mn; 0,03 kg de Ni; 0,01 kg de Pb e 0,35 kg de Zn respectivamente, provenientes da cama de frango.

4. CONCLUSÕES

1. O relevo não influenciou no acúmulo e distribuição de Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn ao longo da encosta.
2. As fertilizações fosfatadas pareceram ser a principal via de entrada do Cd no sistema solo como contaminante desses fertilizantes.
3. Sugere-se que os solos desta região sejam naturalmente ricos em Ni.
4. A área 5 apresentou as menores variações nos teores totais de metais pesados entre AC e AR, em função do menor tempo de cultivo.
5. As áreas cultivadas apresentaram acúmulo superficial de Cd, Cu, Mn e Zn no solo.
6. A precipitação pluviométrica exerceu maior influência na concentração de Pb e influência moderada nas concentrações de Cd e Ni, não sendo detectada a presença de Cu, Mn e Zn nas águas superficiais e do poço.
7. As concentrações de Cd, Ni e Pb nas amostras de água foram muito superiores aos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA-MMA (2005);
8. O material vegetal apresentou valores acima dos Limites Máximos de Tolerância para Ni e Pb, e a acelga apresentou as maiores concentrações de Cd e Pb nos seus tecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A. de.; ABREU, M. F. de.; ANDRADE, J. C. de. Distribuição de chumbo no perfil de solo avaliada pelas soluções de DTPA e Mehlich-3. **Bragantia**, v. 57, n.1, p. 185- 192, 1998.
- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1. p. 299-352, 2000.
- ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer-Verlag. 533p, 1986..
- ALEXANDRE, G.A.L. E; SZIKSZAY, M. O Comportamento geoquímico do As, Cu, Pb e Zn em solos com culturas de uvas, Revista Brasileira de Toxicologia, v.12, n1, p.006, 1999.
- ALEXANDRINO, D. M. et al. **Avaliação da contaminação do Reservatório Água Fria, Barra do Choça BA, por Cd, Pb, Cu e Zn provenientes de atividades agrícolas**. 30ª Reunião Anual. Sociedade Brasileira de Química-SBQ. Águas de Lindóia - SP, p.103, 2007.
- ALLOWAY, B.J. Appendices. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. Glasgow : Blackie and Son, p.322-330, 1990a.
- ALLOWAY, R.J. **Heavy Metals in Soils**. Blackie Academic e Professional. London, 368p 1995.
- ALMEIDA, M. da C. **Caracterização de uma topossequência sob cultivo de Bananeira e videira na transição Mata - Agreste de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado, PPG-Ciência do Solo, UFRPE. Recife, 126 p, 2009.
- ALVA, A. K.; HUANG, B.; PARAMASIVAM, S. Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity, **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 64, p. 955- 962, 2000.
- AMARAL SOBRINHO, N. M. B et al. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 271-276, 1992.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C. de. Mobilidade de Metais Pesados em Solo Tratado com Resíduo Siderúrgico Ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 22:345-353, 1998.
- ANTONIADIS, V.; TSADILAS, C.D. Sorption of cadmium, nickel, and zinc in mono and multimetal systems. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 22, p. 2375–2380, 2007.
- ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - **Limites Máximos de Tolerâncias (LMT), referentes a contaminantes inorgânicos em alimentos**. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). **Toxicological profile for lead**. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta. Vol. 61, No. 125. P582, 1999.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado 1). 218 p, 1991.

BARBOZA, A.R.; SANTOS, M. R. **A nova funcionalidade da agricultura no Brejo de Camocim de São Felix**, XIX ENGA, São Paulo, pp. 1-26 , 2009

BARRETO, N. B.; SILVA, A.A.G.;BOLFE, L.E. **Irrigação e Drenagem na empresa agrícola - impacto ambiental versus sustentabilidade**. Embrapa, Aracaju. 418p, 2004.

BIONDI, C, M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. Tese de Doutorado, PPG-Ciência do Solo, UFRPE, 58 p, 2010.

BRADY, N.C.; Weil, R.R. **The Nature and Properties of Soils**. 11.ed., New Jersey, Prentice Hall, p.615-620, 1996.

BRIGATE, J.; ESPÍNDOLA, G.L.E. **Liminologia fluvial - Um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos. RIMA. 278p. 2003.

CAIRES, S. M. **Determinação dos teores naturais de metais pesados em solos do Estado de Minas Gerais como subsídio ao estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade**.Tese de Doutorado. UFV, Viçosa. 304p, 2009.

CAMARGO, M. S. de; ANJOS, A. R. M. dos; ROSSI, C.; MALAVOLTA, E. Adubação fosfatada e metais pesados em Latossolo cultivado com arroz. **Sociedade agrícola** [online]. vol.57, n.3, pp. 513-518, 2000. ISSN 0103-9016

CAMPOS, M. J. A. **Metais pesados e seus efeitos**. Disponível em < www.mundoquimico.hpg.com.br>. Acesso em 15 de Dez. 2010.

CAPITANI, E. M. DE.; PAOLIELLO, M. M. B.; ALMEIDA ,G.R. C. DE. **Fontes de exposição humana a chumbo no Brasil**. Simpósio: CHUMBO E A SAÚDE HUMANA Capítulo VI. Medicina. Ribeirão Preto-SP; 42(3): p. 8-311, 2009.

CASALI, C. A et al.. Formas de dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1479-1487, 2008.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**-SP. 2011. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/acontece-na-cetesb/eventos/2-divulgacao-da-proposta-de-regulamento>>.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. “Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes

para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.", Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2009>>(Acessado em Outubro de 2010).

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente - **Lei nº 357/2005** "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação D. O. U: 18/03/2005.

COSTA, W. P. L. B. **Alterações na fertilidade do solo e teores de metais pesados em solos cultivados com videira.** 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. 2009.

EGREJA FILHO, F. B. **Extração seqüencial de metais pesados em solos altamente intemperizados: Utilização de componentes-modelo e planejamentos com misturas ternárias na otimização do método.** Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 287p. 2000.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco** José Coelho de Araújo Filho [et al.]. Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa Nº 11. Rio de Janeiro. p. 382, 2000.

EMBRAPA: Empresa BRASILEIRA de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 212p, 1997.

EPSTEIN, L.; BASSEI, S. Pesticide applications of copper on perennial crops in California, 1993 to 1998. **J. Environ. Qual.**, v. 30, p. 1844-1847, 2001.

FADIGAS, F. DE S. AMARAL SOBRINHO, N. M. B. DO, MAZUR, NELSON. ANJOS, L.H. C. DOS e FREIXO. A. A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.699–705, 2006.

FARIAS, M. S. S. et al. Riscos sociais e ambientais devido a presença de metais pesados nas águas superficiais no distrito industrial de Mangabeira/PB. **QUALIT@S Revista Eletrônica.** V6.n.2, 10p, 2007. ISSN 1677-4280.

ANDEF: Associação Nacional de Defesa Vegetal - **Fórum Pernambucano de Combate aos Efeitos dos Agrotóxicos na Saúde do Trabalhador, no Meio Ambiente e na Sociedade.** Recife, 10p. 2000. Disponível em: <http://www.prt6.mpt.gov.br/ForumAgrotoxicos/noticias/plenarias/noticia%202009.doc/view>. Acesso em 21/01/2011.

FRANÇA, L.R *et al.* Simulação do uso da cama de frango na própria propriedade. Rio Verde - GO. **Archivos de zootecnia**, vol. 58, núm. 221, p. 138, 2009.

FUJIKAWA, Y.; FUKUI, M. Vertical distribution of trace metals in natural soil horizons from Japan. Part 2: Effects of organic components in soil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 131, n. 1-4, p. 305-328, 2001.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Tese de Doutorado, Unesp, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP. 99f., 2008.

GIMENO-GARCIA, E.; ABREU, V. e BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticide to rice farming soils. **Environ. Poll.** 92: p.19- 25, 1996.

GIROTTTO, Eduardo et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. vol.34, n.3, pp. 955-965, 2010. ISSN 0100-0683.

GOMES, M. V. T. et al. Concentrações e associações geoquímicas de Pb e Zn em sedimentos do Rio São Francisco impactados por rejeitos da produção industrial de zinco. **Química Nova**, Vol. 33, No. 10, 2088-2092, 2010.

GONÇALVES Jr, A. C; LUCHESE, E. B; LENZI, E. Avaliação da Fitodisponibilidade de Cádmiu, Chumbo e Crômio, em Soja Cultivada em Latossolo Vermelho Escuro Tratado com Fertilizantes Comerciais. **Química Nova**, v. 23, n. 2, 2000.

GOYER, R.A. Toxic effects of metals — lead. IN: AMDUR M.O.;, DULL J.; KLAASSEN, C.D., eds. IN: **Casareh and Doull's toxicology — the basic science of poisons**. 4ª ed. New York: Pergamon Press; Pp. 639–646, 1991.

GUERRA, F.; TREVIZAM, A. R.; MURAOKA, T. Concentrações de metais pesados em vegetais comercializados no Estado de São Paulo. In: FertBio 2010 - Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro, 2010, Guarapará (ES). **Anais do FertBio 2010**.

HART, J.; WELCH, R.; NORVELL, W.; KOCHIAN, L. Transport interactions between cadmium and zinc in roots of bread and durum wheat seedlings. **Physiologia Plantarum**, 116: p. 73–78. 2002.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1179&id_pagina=1.

ITEP/LAMEPE: O Instituto de Tecnologia de Pernambuco/ **Laboratório de meteorologia de Pernambuco**. Posto Camocim de S. Félix/PE-2010.

JARDIM, W. F. Metais pesados um dano irreparável.. Nitrogen transformations in flooded Rice soil. Fertilizer Research, Hague, **Revista Brasileira de Tecnologia**. Brasília, v. 14. n.2, p. 41 -45 E v.9, p. 15 – 38, 1986.

JOHNSON, C. E.; PETRAS, R. J. Distribution of zinc and lead fractions within a forest Spodosol **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, n. 3, p. 782-789, 1998.

KABALA, C.; SINGH, B.R. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.485-492, 2001.

KARATHANASIS, A. D. Subsurface migration of copper and zinc mediated by soil colloids **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 63, p. 830-838, 1999.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils** Glasgow: Blackie and Son, p.261-277, 1990.

KING, L. D. Soil heavy metals. In: ALVAREZ, V., V. H.; FONTES, L. E. FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: UFV/SBCS, p. 823-836. 1996.

LAL, R. Soil management in the developing countries **Soil Science**, Philadelphia, v.165, n.1 p.57-72, 2000.

LOFTS, S.; TIPPING, E. An assemblage model for cation binding by natural particulate matter - Description of pH dependency, salt dependency, and cation-proton exchange **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.62, n. 15,1998.

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - **Instrução Normativa nº 27, 05 de junho de 2006, que dispõe sobre às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninha**. Diário Oficial da União, Seção 1, Página 15, Brasília, DF, 9 jun. 2006.

MARCHIORI JR., M. **Levantamento inicial de chumbo, cádmio, níquel, Crômio e cobre em pomares de produção comercial no Estado de São Paulo**. Jaboticabal, Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 138p, 2003.

McLAUGHLIN, M.J. e SINGH, B.R. Cadmium in soil and plants **Dordrecht**, Kluwer, 269p, 1999.

MELLIS, E. V.; CRUZ, M. C. P. DA.; CASAGRANDE, J. C. Nickel adsorption by soils in relation to pH, organic matter, and iron oxides **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.2, p.190-195, 2004.

MENDES, A. M. S. DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. A. G.; MEDEIROS, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 791-796, 2010.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. da S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. 1. ed. Ponte Nova - MG: De M Gráfica e Editora Ltda, v. 1. 107 p, 2005.

MOHTADULLAH, K. **Irrigation under conditions of water scarcity**. In: Proceedings of Seventeenth Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Granada-Spain pp. 13-18. 1999.

MORAES, M.F. **Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola**. Tese de Doutorado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 108f, 2009.

MOREIRA, F. R, MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Publica**;15(2):119–29, 2004.

MOREIRA, F. R. e MOREIRA, J. A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, 9(1): p. 167-181, 2004.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. **Nature**, v.333, p.134-139, 1988.

NUNES, J. **Los Suelos Del Perimetro Regable Del Caia: Tipos, Fertilidad e Impact Del Riego en Sus Propriedades Quimicas**. Dissertação apresentada na Universidad da Extremadura (Espanha) para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agronómica. Badajoz, Espanha. 878 p. 2003.

NUÑEZ, José Ezequiel Villarreal; AMARAL SOBRINHO, Nelson Moura Brasil do and MAZUR, Nelson. Sistemas de preparo de solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão (*Capsicum Annum L.*). **Ciencia Rural** [online], vol.36, n.1, pp. 113-119. 2006. ISSN 0103-8478.

OLIVEIRA, M. S. **O Mercado Exportador do Sistema Agroindustrial Alimentar e sua influência para a economia nacional**. TCC em Administração. Centro Universitário do Planalto de Araxá. Araxá, 52p, 2009.

ONU. Organização das nações Unidas. **World popuation prospects: the 2006 revision**. New York: United Nations. 96p, 2007.

PEZZAROSSA, B.; PETRUZZELLI, G.; MALORGIOF, F.; TOGNONI, F. Effect of repeated phosphate fertilization on the heavy metal accumulation in soil and plants protected cultivation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.24, n.17/18, p.1307-2319, 1993.

PIRES, F.R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta daninha** [online]. vol.21, n.2, pp. 335-34, 2003. ISSN 0100-8358.

PUGGINA, W. A. **O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente**. International Fertilizer Industry Association-IFA. 63p, 2000.

RAIJ, B. VAN.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI. A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico-FUNDAG. p. 31, 1997. (Boletim Técnico 100).

RAMALHO, J.F.G.P. et al. Acumulação de metais pesados pelo uso de insumos agrícolas na microbacia de Caetés, Paty do Alferes-RJ. (**EMBRAPA-CNPS**. Boletim de Pesquisa ; 5). Rio de Janeiro. 22p, 1998.

RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. e VELLOSO, A.C.X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. Agropec. Bras.** Paty do Alferes-RJ. 35: p.1289-1303, 2000.

RAMOS, M. C. Metals in vineyard soil of the Penedès area (NE Spain) after compost application. **Journal of Environmental Management**, London, v. 78, p. 209-215, 2006.

REEVES, R.D., BAKER, A.J.M. **Metal-accumulating plants**. In: RASKIN, I., ENSLEY, B.D. (Eds.), *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-Up the Environment*. John Wiley and Sons, New York. p. 193-230, 2000.

REVOREDO, Marcos Donizeti; MELO, Wanderley José de. Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo. **Bragantia** [online]. vol.65, n.4, pp. 679-685, 2006. ISSN 0006-8705.

RIBEIRINHO, V. S. **Transferência do cádmio (^{111}Cd) de fertilizantes para plantas de arroz**. Dissertação de Mestrado-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 75f, 2010.

RODELLA, A. A. Legislação Sobre Teores de Contaminantes em Fertilizantes - Estudo de um Caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:797-801, 2005.

ROSS, S.M. **Toxic metals in soil-plant systems**. New York, John Wiley e Sons, 496p. 1994.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 297-300, 2005.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.0: Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, 2007.

SANCHEZ-CAMAZANO, M.; SANCHEZ-MARTIN, M. J.; LORENZO, L. F. Significance of soil properties for content and distribution of cadmium and lead in natural calcareous soils, **Science of the Total Environment**, v. 218, p. 217-226, 1998.

SANTOS, F.S. et al. Influência de diferentes manejos agrícolas na distribuição de metais pesados no solo e em plantas de tomate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.535-543, 2002.

SENESI, N.; HERVAS, L.; MAZUELOS, C.; JIMENEZ, S. Chemical and physico-chemical characterization of vermicomposts and their humic acids fractions. **Sci. Total Environ.**, v. 81-82, p. 543-550, 1989.

SHEPPARD, M.I.; THIBAUT, D.H.1992. Desorption and Extraction of Selected Heavy Metals From Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J**, 56:415-423, 1992.

SILVA, A.B et al. **Principais características do sistema de produção de hortaliças no Município de Camocim de São Félix – Pernambuco**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro: 1º cd rom. Boletim de Pesquisa; n. 25, 2001.

SILVA, J. P. S. da. **Fertilidade dos solos e metais pesados em cultivos de mangueira em Petrolina (PE)**. Dissertação de Mestrado, PPG-Ciência do Solo, UFRPE, 99 p, 2010

STANSBURY, M. R. **Irrigation and water quality - A United States Perspective**. *In: Proceedings of Fourteenth Congress of International Commission on Irrigation and Drainage*, Rio de Janeiro. pp. 586-594. 1990.

UEMURA, T. Experimental reproduction of “Itai-itai” disease: A chronic cadmium poisoning of humans in rats and monkeys. **J. Veterinária Res**. 48:15-28, 2000.

VULCANO, I. R. C.; SILVEIRA, J. N.; ALVAREZ-LEITE, E. M. Teores de chumbo e cádmio em chás comercializados na região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Ciência e Farmácia**. Volume 44 (3), p. 425-431, 2003.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. 1998. Revision 1 Fev 2007. 30p. Disponível em <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>> acessado em: 25 fev. 2010.

VIANA, E. et al; SCHULZ, Harry E.; ALBUQUERQUE, Ricardo and NORONHA, Adriana B.. Resíduos alimentares do lixo domiciliar: estudo do uso na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. [online]. vol.10, n.1, pp. 203-211. 2006. ISSN 1807-1929.

VIEIRA, R.F. et al. An appraisal of five methods for the measurement of the fungal population in soil treated with chlorothalonil. **Pest Management Science**, Exeter, v. 56, p. 431-440, 2000.

WAALKES, M.P. Cadmium carcinogenesis in review. **J. Inorg. Biochem.**, 79: p.241-244, 2000.

WEINGERL, V.; KERIN, D. Distribution of zinc in vineyard areas treated with zinc containing phytopharmaceuticals. **Acta Chimica Slovenica**, Slovenia, v. 47, p. 453-467, 2000.

WELCH, R. M, NORVELL. W. A. Mechanisms of cadmium uptake, translocation and deposition in plants. In MJ McLaughlin, A Singh, eds, **Cadmium in Soils and Plants**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 125–150, 1999.

WENG, L.; TEMMINGHOFF, E. J. M.; RIEMSDIJK, W. H. V. Contribution of Individual Sorbents to the Control of Heavy Metal Activity in Sandy Soil.

Environmental Science e Technology, Washington, US, v. 35, n. 22, p. 4436-4443, 2001.

YANG, J. E.; E. O.; SCHAFF, BB. E.; KIM, J.J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Sci. Am. J.**, 62:1108-1115, 1998.

ZHANG, W. A forecast analysis on world population and urbanization process. *Environmental monitoring and Assessment*, **Dordrecht**, v.133, n.1-3, p.427-434, 2007.