

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO**

**POPULAÇÃO MICROBIANA E CONTAMINAÇÃO POR METAIS  
TÓXICOS EM AMOSTRAS ALIMENTÍCIAS E AMBIENTAIS, EM  
SANTO AMARO, BAHIA**

**KELLY MENEZES MACEDO**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**MARÇO - 2015**

**POPULAÇÃO MICROBIANA E CONTAMINAÇÃO POR METAIS  
TÓXICOS EM AMOSTRAS ALIMENTÍCIAS E AMBIENTAIS; EM  
SANTO AMARO, BAHIA**

**KELLY MENEZES MACEDO**

Bióloga

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2012

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Microbiologia Agrícola.

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Isabella de Matos Mendes da Silva

Co-orientador: Dr. Fábio Santos de Oliveira

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**MARÇO, 2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
Kelly Menezes Macedo**

---

Profª Drª Isabella de Matos Mendes da Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientadora)

---

Profª Drª Ludmilla Santana Soares e Barros  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

---

Profª Drª Mariangela Vieira Lopes Silva  
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola em \_\_\_\_\_ conferindo o grau de Mestre em Microbiologia Agrícola em \_\_\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida, pelas oportunidades dadas e por me sustentar em todos os momentos;

Agradeço a meu namorado, Maykson Costa de Jesus, por me ajudar em todas as etapas do meu trabalho; sem ele as batalhas seriam ainda mais difíceis;

A minha família pelas palavras de incentivo e ânimo;

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabella de Matos Mendes da Silva pelo direcionamento e por me proporcionar crescimento na área acadêmica;

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Fábio Santos de Oliveira pela disposição em ajudar em tudo que foi preciso, a paciência diante minhas limitações e pelas significativas contribuições dadas;

A professora M<sup>a</sup> Fernanda de Freitas Virginio Nunes pela preciosa colaboração no desenvolvimento do trabalho e no ensinamento transmitido;

A Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, em especial a professora Daniele Cristina Muniz Batista dos Santos e Jacira Teixeira Castro pela cooperação;

A todos os colegas de mestrado, pessoal do projeto e aos motoristas da UFRB que contribuíram de alguma forma no desenvolvimento deste trabalho.

# ÍNDICE

**Resumo**

**Abstract**

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>CAPITULO 1- Revisão de literatura</b> .....	13
Resumo .....	14
Abstract .....	15
Qualidade microbiológica e química dos alimentos.....	16
Considerações sobre chumbo e cádmio .....	21
Contaminação por metais pesados em Santo Amaro -Bahia .....	23
Efeitos da contaminação de chumbo e cádmio no meio ambiente.....	25
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	29
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	39
Qualidade microbiológica e química de alimentos consumidos em Santo Amaro - Bahia .....	40
Resumo. ....	40
Introdução .....	41
Material e Métodos.....	42
Aspectos éticos .....	43
Escolha das amostras .....	44
Coleta das amostras.....	44
Análise Microbiológica.....	45
Análise Química .....	45
Resultados e Discussão.....	47
Indicadores Microbiológicos .....	47

Indicadores Químicos.....	51
Conclusões.....	56
Referências .....	57
Tabelas.....	67
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>72</b>
População microbiana e níveis de chumbo e cádmio em alimentos, solo e água relacionados a alterações climáticas.....	73
Resumo. ....	73
Introdução .....	74
Material e Métodos.....	75
Área de estudo .....	76
Aspectos éticos .....	76
Seleção das amostras.....	77
Análise Microbiológica.....	78
Análise Química .....	79
Análise Estatística .....	81
Resultados .....	82
Discussão.....	86
Conclusões.....	88
Referências .....	89
<b>Considerações Finais</b> .....	<b>93</b>
<b>Apêndice</b> .....	<b>94</b>

## RESUMO

### **MACEDO, K. M. População microbiana e contaminação por metais tóxicos em amostras alimentícias e ambientais; em Santo Amaro, Bahia**

A preocupação com a qualidade dos alimentos é uma questão mundial, sendo os dados microbiológicos e químicos considerados parâmetros utilizados nessa determinação. A avaliação microbiológica é a mais empregada e as espécies indicadoras refletem a qualidade da matéria-prima e eventual presença de organismos patogênicos. A avaliação química é necessária, tendo em vista as implicações clínicas observadas pela ingestão dessas substâncias. Os metais chumbo e cádmio estão entre os que apresentam os efeitos tóxicos mais pronunciados. Na cidade de Santo Amaro (Bahia) houve uma intensa contaminação por esses metais provocada pelo descarte de escórias produzidas pela atividade da mineradora Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). Estudos realizados na região reportaram a contaminação do solo, do rio Subaé, bem como em animais, vegetais e humanos. A contaminação por metais tóxicos provoca alteração na composição da microbiota do solo, diminuindo diversidade dos microrganismos. Poucos estudos relacionam este tipo de contaminação e os grupos de microrganismos do ambiente, sendo que a escassez de pesquisas é ainda maior ao se tratar dos alimentos. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade sanitária dos alimentos com elevada frequência de consumo pela população de Santo Amaro a partir da análise da população microbiana e dos níveis de chumbo e cádmio em alimentos, bem como do solo e água utilizados para o cultivo e as influências destes parâmetros frente às alterações climáticas. Para levantar os alimentos produzidos no município e mais consumidos pela população, foram aplicados questionários de frequência alimentar em 12 Unidades de Saúde da Família. A partir dos resultados, foram selecionados 06 alimentos, destes três de origem animal, frango, peixe e ovo, e três de origem vegetal, coentro, quiabo e aipim. Foram realizadas análises microbiológicas para a pesquisa de coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias totais, bactérias esporuláveis e fungos, e análises químicas para determinar

chumbo e cádmio nas amostras. Observou-se que a qualidade microbiológica dos alimentos foi considerada satisfatória, entretanto observaram-se níveis elevados dos contaminantes químicos, consistindo em risco à saúde dos comensais. As bactérias totais representaram o grupo com maior carga microbiana nas amostras analisadas, seguido pelos fungos e bactérias esporuláveis. O chumbo apresentou níveis médios maiores do que o cádmio em ambos tanto no período seco como no período chuvoso. Constatou-se que o período chuvoso foi o mais propício ao crescimento dos microrganismos, sendo também observados maiores concentrações médias de chumbo e cádmio. A contaminação química observada em Santo Amaro apresenta correlação com a população microbiana dos solos, água e alimentos, sobretudo as bactérias esporuláveis. Contudo, a contagem das populações de bactérias totais e fungos não foram boas indicadores da qualidade dos solos.

Palavras-chave: contaminação microbiológica, contaminação química, microrganismos, Santo Amaro

## **ABSTRACT**

### **MACEDO, K. M. – Microbial population and contamination by toxic metals in food and environmental samples; in Santo Amaro, Bahia**

Concern about the quality of food is a global issue and the microbiological and chemical data are parameters used for this evaluation. Microbiological analysis is widely used and the presence some target species reflect the quality of the raw material and the possible presence of pathogenic organisms. The chemical analysis is required due to clinical implications observed by the intake of these substances. Heavy metals such as lead and cadmium express more pronounced toxic effects. In Santo Amaro (Bahia) there was an intense contamination by these metals caused by inappropriate disposal of slag produced by the mining activity of Brazilian Lead Company (Companhia Brasileira de Chumbo - COBRAC). Studies in the area reported the contamination in soil, Subaé river as well as animals, plants and humans. Contamination causes change in the composition of soil microbes, reducing diversity of microorganisms. Few studies have reported the relationship between contamination and environmental groups of microorganisms and the lack of this kind of researches is even greater when dealing with food. In this way, the objective of this study was to evaluate the sanitary quality of foods with high frequency of consumption by the Santo Amaro population, the evaluation of microbial population in food, as well as in soil and water used for cultivation, and associations variations of lead and cadmium levels variations with climate changes. In order to identify most consumed foodstuffs a food frequency questionnaires were applied in Family Health Units of the city. From the results six food were selected, three of those were animals (chicken, fish and egg) and three of were vegetables (coriander, okra and cassava). Microbiological analysis for the detection of total coliforms were conducted *Escherichia coli*, total bacteria, sporulable bacterias and fungi, and chemical analysis to determinate lead and cadmium levels in the samples. It was observed that the microbiological quality of food was adequate, but there were high levels of chemical contaminants

consisting a health risk. The total bacteria represented the group with higher microbial load in the samples, followed by fungi and sporulable bacterias. The lead had higher average levels than cadmium in both raining and dry periods. It was found that the rainy season was the most favorable to the growth of microorganisms and the period in which there was the highest levels of metals. The correlation between microbial populations and levels of metals was moderate and the number of microbial populations under the conditions analyzed were not good indicators of soil quality.

Key-words: microbial contamination, chemical contamination, microorganisms, Santo Amaro

## INTRODUÇÃO

A qualidade e segurança dos alimentos é uma questão mundial de saúde pública e está intimamente relacionada aos parâmetros microbiológicos e químicos, os quais podem apresentar efeitos nocivos à saúde humana (AFONSO, 2008; CUNHA; SILVA, 2006; VEIGA et al., 2009).

A avaliação microbiológica é um dos parâmetros mais importantes que determinam a qualidade de um alimento. Sua inobservância gera prejuízos econômicos e riscos à saúde pública (FRANCO; LANDGRAF, 2008). O grupo dos coliformes totais e termotolerantes são denominados indicadores e considerados relevantes na avaliação da segurança e da qualidade microbiológica dos alimentos (OLIVEIRA; SALVADOR, 2011).

Os coliformes totais correspondem aos membros da família Enterobacteriaceae, incluindo *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp. e *Escherichia* spp. (FRANCO, LANDGRAF, 2008). A avaliação desse grupo de microrganismo é realizada a fim de se conhecer a carga microbiana e determinar as condições higiênico-sanitárias, uma vez que estes parâmetros refletem na qualidade da matéria-prima (PENTEADO; ESMERINO, 2011)

A presença de *Escherichia coli*, espécie mais representativa do grupo dos coliformes termotolerantes, indica contaminação fecal recente e eventual presença de organismos patogênicos (FRANCO; LANDGRAF, 2008). A contaminação de alimentos por essa espécie, mesmo em pequenas proporções, indica possibilidade de risco à saúde do consumidor (MACHADO et al., 2009).

Assim como a presença de contaminantes biológicos, a contaminação química em alimentos também implica em cuidados, uma vez que a ingestão de alimentos com altos teores de substâncias químicas tóxicas pode causar doenças crônicas e de grande severidade (AFONSO, 2008). Em áreas contaminadas por metais pesados, parte dos contaminantes se encontra biologicamente disponível, podendo ser absorvida pelos vegetais ou ingeridas por animais, representando

um risco para a população pelo consumo dos mesmos (KEDE, 2011; MAGNA et al., 2013; WAEGENEERS et al., 2009).

Metais tóxicos como o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) quando ingeridos causam problemas neurológicos, metabólicos, cardiovasculares, gastrintestinal, reprodutivo, renal, respiratório, metabólicos, psicológicos, neurocomportamentais e de desenvolvimento (ATSDR, 2013; MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Em Santo Amaro-BA, a atividade de uma mineradora, a Companhia Brasileira de Chumbo, que funcionou na cidade nas décadas de 50 a 90, resultou no descarte no solo de escória contendo chumbo e cádmio, provocando a contaminação do Rio Subaé, do solo, de animais, vegetais e humanos (ANDRADE; MORAES, 2013). Em áreas contaminadas por esses metais ocorre alteração na composição da microbiota do solo, diminuindo a biomassa e diversidade dos microrganismos. A biodiversidade do solo se refere à variedade de grupos taxonômicos, destes destacam-se as bactérias e os fungos, pois representam cerca de 90 % da biomassa microbiana do solo (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Embora haja relação proporcional e/ou inversa entre os teores de metais pesados e a população microbiana, poucos estudos elucidam os impactos da contaminação sobre os grupos de microrganismos do ambiente, sendo que a escassez de pesquisas é ainda maior ao se tratar dos alimentos.

Em Santo Amaro, apesar de décadas de estudos avaliando os impactos da contaminação por metais pesados terem produzido uma grande diversidade de produções científicas, verificou-se que apenas duas, entre as cento e dez publicações científicas levantadas em revisão de literatura, abordaram os microrganismos como objeto de estudo.

Neste contexto, o presente trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro capítulo está apresentada a revisão de literatura, com abordagem dos temas relacionados à área de estudo, a qualidade microbiológica e química de alimentos e a influência da contaminação no ambiente e nas comunidades microbianas.

O segundo capítulo, em forma de artigo a ser submetido ao periódico Food Chemistry, apresenta os dados sobre indicadores da qualidade microbiológica e química de alimentos com elevada frequência de consumo pela população de

Santo Amaro, confrontando-se com os níveis seguros preconizados pela legislação em vigor no Brasil. O terceiro capítulo, também em forma de artigo a submetido para publicação na revista *International journal of hygiene and environmental health*, apresenta estudos da relação entre os níveis de chumbo e cádmio e a população microbiana no alimentos, solo e água em Santo Amaro-BA.

---

## **CAPÍTULO 1**

**Revisão de Literatura: Qualidade sanitária dos alimentos e os efeitos da contaminação química em Santo Amaro (Bahia).**

---

## RESUMO

Parâmetros microbiológicos e químicos são utilizados para indicar a qualidade dos alimentos, sendo capazes de causar efeitos nocivos à saúde humana. Dos indicadores microbiológicos, destacam-se o grupo dos coliformes totais e a *Escherichia coli*, que indicam as condições sanitárias do alimento e a presença de possíveis patógenos. O chumbo e cádmio podem ser utilizados como parâmetros químicos, uma vez que sua ingestão por meio de alimentos contaminados podem causar doenças crônicas e de grande severidade. Na cidade de Santo Amaro (Bahia) houve uma intensa contaminação por esses metais, provocada pela atividade da mineradora Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). Ao longo dos 33 anos de funcionamento, a empresa descartou escória rica em chumbo em cádmio de forma negligenciável, potencializando a dispersão destes metais por toda cidade e contaminando solo, água, animais, vegetais e humanos. Salienta-se que ambientes poluídos por esses metais têm sua estrutura e composição alteradas. Os microrganismos correspondem à fração biológica mais expressiva do solo, portanto perturbações nesse ecossistema afetam sua diversidade e composição e influenciam negativamente os processos por eles mediados. A biodiversidade do solo se refere à variedade de grupos taxonômicos, destacando-se as bactérias e os fungos, que representam cerca de 90% da biomassa microbiana do solo. Assim como ocorre no solo, a contaminação por metais pesados em outros ambientes pode selecionar o grupo de microrganismos e influenciar na diversidade microbiana. Por isso, estudos que abordem esse tema são importantes para a elucidação dessa relação.

Palavras-chave: alimentos, *Escherichia coli*, chumbo, cádmio.

## ABSTRACT

Microbiological and chemical parameters are used to indicate the quality of food since this kind of contamination is able to cause harm to human health. Microbiological indicators such as the group of total coliforms and *Escherichia coli* can be highlighted, since they can be used as indicators of health food conditions and of the occurrence of pathogens. Lead and cadmium can be used as chemical parameters since the ingestion food contaminated with these heavy metals can cause serious chronic diseases. In the city of Santo Amaro (Bahia) there was an intense contamination by these heavy metals caused by mining activity Brazilian Lead Company (Companhia Brasileira de Chumbo - COBRAC). This company over 33 years of operation discard its slag neglectful resulting in the dispersion of heavy metals throughout the city and contaminating soil, water, animals, plants and humans. In this context, it can be highlighted that environments contaminated with these metals change their structure and composition. The microorganisms constitute the most significant biological fraction of the soil, so that disturbances affect ecosystem diversity and composition and negatively influence the processes mediated by them. Soil biodiversity refers to the variety of taxonomic groups, especially bacteria and fungi, which account for about 90% of the microbial biomass. As occurs in soil, heavy metal contamination in other environments can select the group of organisms and influencing microbial diversity. Therefore, studies that address this issue are important to elucidate this relationship.

Key-words: food, *Escherichia coli*, lead, cadmium.

## 1. Qualidade microbiológica e química dos alimentos

A cadeia alimentar é afetada por perigos que podem ser de natureza física, química ou biológica, sendo estes potencialmente capazes de causar efeitos nocivos à saúde humana, por isso a qualidade e segurança dos alimentos é uma questão mundial de saúde pública (VEIGA et al., 2009).

Dados levantados a partir da avaliação microbiológica estão entre os parâmetros mais importantes que determinam a qualidade de um alimento. Além disso, a disponibilidade e abundância dos alimentos para o consumo humano estão intimamente relacionados com as bactérias e fungos. Alguns grupos de microrganismos são utilizados como indicadores de qualidade, visto que fornecem informações sobre as condições sanitárias e a possibilidade de ocorrência de patógenos (CUNHA; SILVA, 2006; FRANCO; LANDGRAF, 2008; SCAPIN, 2011; SILVA, 2002).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece padrões microbiológicos para alimentos, que indicam a tolerância máxima de microrganismos patogênicos e indicadores de qualidade higiênica e sanitária para os diferentes grupos de produtos alimentícios, por meio da Resolução - RDC nº 12, de 2 de Janeiro 2001 (BRASIL, 2001).

Os coliformes totais e termotolerantes são exemplos de indicadores microbiológicos de qualidade. O grupo dos coliformes totais é constituído por membros da família Enterobacteriaceae, incluindo *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp. e *Escherichia* spp. Essas bactérias são bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos e apresentam a capacidade de fermentar a lactose com produção de gases, em 24 a 48 horas a 35° C (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Embora não existam padrões legais nacionais para a presença de coliformes totais nos alimentos, a avaliação desse grupo de microrganismo é importante para se conhecer a carga microbiana e avaliar as condições higiênico-sanitárias, uma vez que estes parâmetros refletem na qualidade do alimento (PENTEADO; ESMERINO, 2011).

Os coliformes termotolerantes, um subgrupo de bactérias do grupo dos coliformes totais, são capazes de se multiplicar e fermentar lactose com produção de ácidos e gases à temperatura de 44° C – 45° C, sendo *Escherichia coli* a

espécie mais representativa e a única de origem fecal (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Essa espécie é constituída por bacilos gram-negativos anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, algumas cepas apresentam flagelos, fermenta a lactose, com produção de gases a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}$  C em 24 horas, tem como habitat primário o intestino de animais homeotérmicos, é oxidase negativa e não hidrolisa a uréia. Apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucoronidase (BARNES; NOLAN; VAILLANCOURT, 2008).

Quando encontrada em alimentos, essa espécie indica contaminação fecal recente e eventual presença de organismos patogênicos. Embora frequente em uma ampla variedade de alimentos, sua presença deve ser assumida como um problema, visto que algumas cepas são patogênicas para o homem (FRANCO; LANDGRAF, 2008, BARNES; NOLAN; VAILLANCOURT, 2008).

Segundo dados da Secretaria de Vigilância em Saúde, a bactéria *E. coli* é um dos principais agentes etiológicos associado a surtos alimentares no Brasil, sendo essa espécie responsável por 12,4 % dos surtos de doenças veiculadas pelo alimento no período entre 2000 a 2012 no país (BRASIL, 2013)

Ressalta-se que o gênero *Escherichia* está presente em diversos alimentos. Conforme Nobre et al. (2005), *Escherichia* representa o gênero bacteriano mais isolado nos frangos do tipo caipira. A carga microbiana das carcaças de frango e seus derivados é oriunda, principalmente, das vias respiratórias e do tubo gastrintestinal das aves vivas (OLIVEIRA et al., 2011). No entanto, outras fontes estão envolvidas no processo de contaminação, como o próprio ambiente de criação, o uso de água contaminada, a ingestão de alimentos contaminados pelas fezes do próprio animal ou de vetores, o ar e as manipulações pré e pós-abate (ALMEIDA, 2011).

O isolamento de *E. coli* em fígado de frango vem sendo demonstrado em diversos estudos, como os de Silva et al. (2012) e Vieira et al. (2014), que evidenciaram índices elevados de contaminação por esse microrganismo. A presença da bactéria no fígado é preocupante, uma vez que esse órgão participa de diversas funções anabólicas e catabólicas vitais ao organismo (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2012) e a sua infecção pode indicar um processo infeccioso sistêmico (MACLACHLAN; CULLEN, 1998).

Em alimentos derivados, como o ovo, a contaminação microbiológica se deve principalmente à falta de manejo adequado relacionada aos aspectos higiênico-sanitários do local de produção (OLIVEIRA, et al., 2013). Estudos realizados para avaliar a qualidade microbiológica de ovos demonstraram elevada população de *E. coli* em ovos do tipo caipira. (OLIVEIRA et al., 2013; VAZ et al., 2012). O resultado foi atribuído à falta de manejo adequado relacionado aos aspectos higiênico-sanitários dos produtores de ovos desse tipo, que permitem maiores proporções de contaminação por microrganismos.

A presença de coliformes totais e termotolerantes em carne de peixes é atribuída as condições microbiológicas da água onde o peixe se desenvolve (LORENZON et al., 2010), bem como a manipulação, processamento e armazenamento sobre precárias condições higiênicas (FERREIRA et al., 2014), uma vez que estes grupos não são habitantes naturais dos peixes (LORENZON et al., 2010).

Quanto aos vegetais, a contaminação pode ocorrer ao longo do cultivo e processamento, sendo as principais fontes o solo, os manipuladores, os utensílios e a água de irrigação, que podem influenciar a microbiota presente e interferir na sobrevivência e crescimento de patógenos. (MATOS et al., 2009).

Machado et al. (2009) ao avaliarem a qualidade microbiológica de amostras de alfaces recém colhidas e não lavadas encontraram populações de coliformes totais entre  $1,0 \times 10^2$  a  $2,0 \times 10^3$  NMP  $g^{-1}$  e de *E. coli* entre  $<10$  a  $6 \times 10^1$  NMP  $g^{-1}$ . Apesar da contaminação por *E. coli* ter sido baixa, os autores consideraram a presença desta bactéria como um possível risco à saúde do consumidor. O estudo demonstrou também que a contaminação por *E. coli* é menor em amostras que passaram pelo processo de lavagem, constatando nessas amostras população menor que 10 NMP  $g^{-1}$  da bactéria.

Ao avaliarem a qualidade microbiológica de hortaliças minimamente processadas, Smanioto et al. (2009), Silva et al. (2007) e Bruno et al. (2005) verificaram a ocorrência de populações elevadas de coliformes totais, indicando condições inadequadas de higiene e ausência de Boas Práticas de Fabricação (BFP). Algumas amostras apresentaram população de *E. coli* acima do limite estabelecido pela RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2001).

Segundo Silva et al. (2007) há uma tendência para maiores contagens de coliformes totais e termotolerantes em meses quentes. Os autores acreditam que esse evento pode estar associado ao aumento da temperatura ambiente e o uso de água contaminada, que juntos favorecem o crescimento de microrganismos, especialmente na primavera e no verão. A contaminação por *E.coli* em vegetais sugere falta de manejo adequado do produto e/ou o solo e água utilizados na irrigação como a fonte desse microrganismo.

Considerando que a contaminação de alimentos por essa espécie, mesmo em pequenas proporções, indica possibilidade de risco à saúde do consumidor (MACHADO et al., 2009), torna-se importante o fortalecimento do sistema de vigilância sanitária. Neste contexto, é essencial ações com objetivo de orientar produtores, comerciantes e consumidores sobre as ações básicas de higiene, ressaltando a importância da lavagem e desinfecção dos produtos antes do consumo (MOGHARBEL; MASSON, 2005).

Assim como os perigos microbiológicos, os químicos também implicam em cuidados, haja vista que a ingestão de alimentos com altos teores de substâncias químicas pode causar doenças crônicas e de grande severidade (AFONSO, 2008). Centenas de contaminantes químicos são relevantes para avaliar a segurança do consumo de alimentos, podendo estes ser orgânicos ou inorgânicos

A preocupação com os efeitos deletérios provocados pelos elementos tóxicos a partir da ingestão de alimentos iniciou-se na década de 50, quando ocorreu o desastre de Minamata, no Japão. Nessa região, uma indústria química lançou seus despejos ricos em mercúrio na baía de Minamata (MAIHARA; FAVARO; BARBOSA JÚNIOR, 2012).

O aumento da concentração de mercúrio nas águas do rio provocou a contaminação de peixes e mariscos da área. Essa exposição causou a intoxicação de diversos moradores da baía de Minamata que apresentaram graves problemas neurológicos. Além disso, a população de peixes da região diminuiu e outros animais adoeceram e morreram (COLASSO, 2011).

São conhecidos noventa e dois elementos químicos naturais, destes, vinte e dois são constituintes essenciais aos homens e animais. Esse grupo de constituintes inorgânicos pode se tornar potencialmente tóxico se for consumido acima das concentrações nutricionalmente recomendadas, conforme sua

configuração química e do tempo de exposição (MAIHARA; FAVARO; BARBOSA JÚNIOR, 2012).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, do inglês Food and Agriculture Organization) lidera os esforços internacionais para produção de conhecimentos e informações sobre insegurança alimentar, que inclui os contaminantes químicos, dando início à criação de programas para monitoramento de contaminação de alimentos na década de 70 (FAO, 2015).

No Brasil, a ANVISA, por meio da Resolução - RDC Nº 42, de 29 de Agosto de 2013 estabelece limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos para manter o conteúdo de contaminantes em níveis toxicológicos aceitáveis, visando à proteção da saúde da população (BRASIL, 2013).

Elementos como o chumbo e o cádmio, mesmo em concentrações extremamente baixas, podem desempenhar algum efeito adverso ao homem. Não é conhecida nenhuma funcionalidade essencial a esses compostos, pelo contrário, eles afetam o metabolismo de alguns elementos essenciais pela competição por ligantes no sistema biológico, prejudicando a homeostase (MAIHARA; FAVARO; BARBOSA JÚNIOR, 2012).

O chumbo e o cádmio destacam-se entre os metais pesados por apresentarem efeitos tóxicos mais pronunciados (ATSDR, 2013). Esses elementos estão associados à toxicidade e podem causar efeitos adversos sobre os organismos vivos. O grau de intoxicação é proporcional ao tempo de exposição e/ou a quantidade de metais envolvidos. Os elementos podem afetar processos fisiológicos e bioquímicos importantes como, crescimento, defesa, reprodução, circulação, divisão celular podendo ocasionar carcinogênese, dentre outros efeitos (MUNIZ; OLIVEIRA FILHO, 2006).

Estudos realizados sobre esses contaminantes em alimentos evidenciaram níveis alarmantes de contaminação. Espécies vegetais e animais apresentaram níveis de chumbo e cádmio acima dos limites estabelecidos pela ANVISA, sendo o consumo dos mesmos considerado um risco à saúde. (MAGNA et al., 2013; OYMAK et al., 2009; TAVARES; CARVALHO, 1992)

Os metais pesados alteram os valores nutritivos dos alimentos afetando consideravelmente o metabolismo de alguns elementos essenciais, como o cobre, zinco e ferro pela competição por ligantes nos sistemas biológicos. Esses

compostos expressam efeito deletério sobre os seres humanos que usam itens alimentares contaminados.

A elevada contaminação encontrada nos vegetais pode ser estreitamente relacionada com as contaminações na água de irrigação (OYMAK et al., 2009) e no solo agrícola onde foram cultivados (MAGNA et al., 2013). Nos alimentos de origem animal a contaminação está associada aos ambientes contaminados em que são criados, que permite a ingestão de partículas, e estas se acumulam em seus tecidos e derivados (ROCHA et al., 2012; WAEGENEERS et al., 2009; COSTA, 2001).

## **2. Considerações sobre chumbo e cádmio**

O chumbo ocorre naturalmente, podendo ser encontrado em pequenas quantidades na crosta terrestre, em todas as partes do ambiente. Apresenta diferentes utilidades, entre essas a produção de baterias e munições, produtos de metal e dispositivos para proteger contra exposição aos raios-X (ATSDR, 2013). Esse elemento, quando absorvido, promove a ocorrência de efeitos adversos sobre os processos neurológicos, bioquímicos, metabólicos, psicológicos, neurocomportamentais e reprodutivos, causando graves problemas de saúde (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Após a ingestão de alimentos, cerca de 5 a 10 % da concentração do chumbo é absorvida pelo ser humano adulto, podendo essa taxa ser maior em bebês e lactentes, devido à capacidade de ingerir quantidades relativamente mais altas de metais, considerando o consumo por peso do corpo, e em indivíduos com deficiência nutricional. A tolerância essa espécie química varia de acordo com a idade, dieta, forma e fonte do chumbo. Quando absorvido, ele se concentra essencialmente nos ossos, cerca de 90 a 94 % do conteúdo total, cuja quantidade aumenta com a idade, e em menores quantidades no sangue, tecidos moles e fração óssea de troca rápida, com meia vida biológica de aproximadamente vinte dias (MAIHARA; FAVARO; BARBOSA JÚNIOR, 2012).

Na interação do chumbo com a matéria biológica são observadas tanto características comuns a outros metais quanto algumas peculiaridades. Os mecanismos de toxicidade exibidos pelo Pb envolvem processos bioquímicos

fundamentais, que incluem a habilidade desse metal pesado inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas. Além disso, os efeitos tóxicos apresentam reversibilidade das mudanças bioquímicas e funcionais induzidas (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

De uma forma geral, o chumbo age devido a sua grande afinidade com grupos sulfidril (-SH) presentes em proteínas (principalmente devidos aos grupos cistina e cisteína). Esta reatividade repercute em humanos e outros vertebrados em dois mecanismos de inibição de formação do complexo heme da hemoglobina: i) inibição da atividade da enzima ALAD, que catalisa a formação do porfobilinogênio, que é um dos precursores da formação do anel porfirínico presente no complexo heme da hemoglobina; ii) inibição da enzima ferroquelase, que catalisa a inserção do Fe(II) da protoporfirina para formar o complexo heme da hemoglobina. Todos esses dois mecanismos estão associados à afinidade do chumbo aos grupos sulfidril (-SH) (MOLIN, PAOLIELLO, CAPITANI, 2006; ROCHA, 2009).

Outro metal muito importante relacionado a contaminação do ambiente é o cádmio, que é encontrado naturalmente no solo, rochas, fertilizantes e carvão mineral. Ocorre geralmente combinado com outros elementos, tais como oxigênio, cloro ou enxofre. Esse elemento não corrosível, pode ser utilizado em baterias, pigmentos, revestimentos de metais e plásticos. A exposição ao Cd causa danos cardiovasculares, gastrintestinal, neurológico, renal, reprodutivo, respiratório e de desenvolvimento (ATSDR, 2013).

Cerca de um terço da quantidade de cádmio presente no homem tende a se acumular no fígado e nos rins, por isso, os principais marcadores para avaliar a exposição a esse elemento são as concentrações observadas na urina ou sangue. Estudos demonstram que as concentrações de Cd observada em indivíduos fumantes são maiores do que na população não fumante sob as mesmas condições de exposição. É importante salientar que não há tratamento específico para a intoxicação por cádmio (MAIHARA; FAVARO; BARBOSA JÚNIOR, 20120).

De forma análoga ao chumbo, o cádmio se liga a grupos sulfidril (-SH) presentes em grupamentos cisteínas existentes na metalotioneína, contribuindo para o acúmulo destes íons metálicos principalmente nos rins e fígado. O chumbo

tende a se ligar mais fortemente aos grupos sulfidrilos que o cádmio, podendo haver um efeito competitivo entre os metais por estes sítios, porém as ligações preferencialmente ocorrem com íons chumbo (ROCHA, 2009).

O chumbo e o cádmio exibem propriedades de bioacumulação, persistência e biomagnificação no ambiente, além de provocarem distúrbios metabólicos nos organismos vivos. Quando descartados no ambiente ficam sujeitos a mecanismos de translocação, podendo afetar sistemas biológicos (TAVARES; CARVALHO, 1992).

A poluição do ambiente por esses elementos advém de fontes antropogênicas, como por exemplo, a utilização de fertilizantes e a atividade mineradora. Geralmente a degradação extravasa a área de minério e alcança a fauna e flora, além dos sistemas hídrico e morfofisiológico do solo (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006).

Em áreas contaminadas, os metais tendem a se concentrar nos solos, sedimentos e nas águas subterrâneas. Esses contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, alterando características naturais de qualidade, causando impactos negativos na área contaminada e em seus arredores (CETESB, 2015).

### **3. Contaminação por metais pesados em Santo Amaro – Bahia**

No ano de 1956 instalou-se no município a PLUMBUM Mineração e Metalurgia Ltda, antiga COBRAC (Companhia Brasileira de Chumbo), que tinha como principal objetivo a produção de lingotes de chumbo, usando para isto o material extraído da jazida de Boquira-BA (MACHADO et al., 2004).

Durante o processo produtivo, a empresa gerou escória constituída por metais tóxicos, como arsênio (As), cádmio (Cd), bismuto (Bi) e, principalmente, chumbo (Pb). Foi lançado pelas chaminés da fábrica material particulado constituído por litargírio, óxido salino de chumbo, sulfato de chumbo e anidrido sulfuroso, contribuindo para ocorrência de chuva ácida, que promoveu a corrosão e solubilização de metais, tornando os metais solúveis no meio ambiente (SOUZA, 2013).

A metalúrgica produziu entre 11 e 32 mil toneladas de barras de Pb por ano, cerca de 250 mil toneladas de Cd foram lançados no rio Subaé e 150 mil toneladas foram lançados na atmosfera (HATJE et al., 2009). Nos primeiros 21 anos de operação a empresa já tinha lançado 400 toneladas de cádmio e valores ainda maiores de chumbo no ambiente (TAVARES; CARVALHO, 1992).

Como no início das suas atividades ainda não existiam legislações para evitar e/ou minimizar impactos ambientais decorrentes da industrialização, os resíduos provenientes de suas atividades foram dispostos no meio ambiente sem que nenhuma medida fosse tomada, de forma a diminuir a disponibilidade de metais pesados na região (PORTELA, ALCOFORADO; LEMOS, 2010).

Além disso, parte da escória produzida contendo entre 2-3 % de Pb foi inadvertidamente utilizada pela prefeitura e pela população de Santo Amaro para a pavimentação de ruas e quintais e construção de escolas e creches, enquanto que, após inativação da indústria, resíduos e filtros das chaminés foram empregados para produção de colchões e tapetes (MACHADO et al., 2004).

Somando-se a essa contaminação, a empresa ainda lançava seus resíduos líquidos industriais e sanitários no rio Subaé, destruindo o ecossistema e contaminando as pessoas e animais que utilizavam esse manancial (BAHIA, 2009). O lançamento de metais pesados no rio Subaé pela COBRAC gerou concentrações de Cd e Pb nas águas deste rio excedentes aos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (ROCHA et al., 2012). As altas concentrações provocaram a contaminação de peixes, bivalves e crustáceos (ROCHA et al., 2012).

Em 1993, quando a empresa fechou, o solo altamente contaminado passou a ser a principal fonte de poluição ambiental de chumbo, sendo um meio em potencial para a intoxicação por esse elemento (CARVALHO et al., 2003). Estudos mostraram que os níveis de contaminação por chumbo e cádmio no solo dessa região excediam o valor de referência de qualidade, encontrando-se amplamente disseminados, tanto nas proximidades da indústria, quanto no espaço urbano da região (KEDE, 2011; UFBA, 2010).

Em decorrência da contaminação, em abril de 2010, há registros em Santo Amaro de 619 ex-trabalhadores da fábrica que faleceram e vários outros apresentando sequelas oriundas da contaminação, além do relato do óbito de

diversas pessoas que viviam no entorno da fábrica, associado também à contaminação (SOUZA, 2013).

As altas concentrações de chumbo e cádmio representam impactos negativos para todo município de Santo Amaro, onde a população sofreu e sofre consequências sociais, na saúde, na economia e no meio ambiente. (PORTELA, ALCOFORADO; LEMOS, 2010).

#### **4. Efeitos da contaminação de chumbo e cádmio no meio ambiente**

Em Santo Amaro, a escória com grandes quantidades de Pb e Cd elevaram os níveis desses metais no solo e no rio Subaé, bem como contaminaram animais, vegetais e humanos da região (MACHADO et al., 2004; ANJOS, 2003; CARVALHO et al., 2003).

No solo, a disponibilidade dos metais pesados depende da presença do elemento dissolvido, das características do solo e da tendência em formar compostos com outros minerais e com matéria orgânica (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006). Salienta-se que a presença de microrganismos é um dos fatores que interfere no transporte e disponibilidade dos metais (OLIVEIRA; JUCÁ, 2004).

Ao se considerar os impactos da contaminação do solo à microbiota, estudos verificaram que esta inibe a decomposição microbiológica e provoca o acúmulo de matéria orgânica, influenciando negativamente na disponibilidade de nutrientes (CARDOSO; CHASIN, 2001; FIRME, 2005).

Essas modificações implicam em alterações em processos ecológicos importantes, como a mineralização de materiais orgânicos, amonificação, fixação biológica de nitrogênio e a nitrificação. Assim, a contaminação do solo por metais pesados afeta diretamente a estrutura, composição e funcionamento do solo, visto que a ciclagem de carbono e nutrientes e a fertilidade do solo dependem inteiramente dos processos microbianos (SIQUEIRA et al., 1994).

A contaminação por esses metais altera a composição da microbiota do solo, diminui a biomassa e diversidade dos microrganismos, por meio de modificações nas moléculas e estruturas essenciais a sua sobrevivência, como a membrana celular, enzimas e DNA (ABD-ELNABY; ABOU-ELELA; EL-SERSY, 2011). Devido a isso, a diversidade e a composição das comunidades

microbianas têm sido utilizadas como indicadores de qualidade do solo, em virtude dos microrganismos estarem na base da cadeia trófica e intimamente associados com os processos ecológicos nesse ambiente. (ZILI et al., 2003).

Em áreas contaminadas por metais pesados, a diversidade bacteriana é afetada e os impactos mais expressivos são sobre as espécies raras. Estima-se que a poluição reduz em mais de 99,9% da diversidade bacteriana, porém a biomassa total permanece inalterada (GANS, WOLINSKY e DUBAR, 2005). A biodiversidade do solo se refere à variedade de grupos taxonômicos, destes destacam-se as bactérias e os fungos, pois representam cerca de 90% da biomassa microbiana do solo (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

A contagem de grupos microbianos tem sido utilizada como uma análise indicadora para determinar os efeitos dos agentes contaminantes no solo sobre a atividade e a dinâmica dessas comunidades (FORTES NETO; FERNANDES; JAHNEL, 2007). Alguns estudos avaliaram a atividade microbiana em solos contaminados a fim de gerar indicadores de qualidade. Para isso, utilizaram com um dos parâmetros a contagem de propágulos viáveis de bactérias e fungos (BARROS et al., 2010; SANTOS et al., 2007; DIAS-JÚNIOR et al., 1998).

Barros et al. (2010), avaliando a atividade microbiana em solos de uma área de mineração e metalurgia de chumbo (Pb), no município de Adrianópolis (PR), identificaram o grupo das bactérias totais (BT) como o mais abundante na contagem microbiana, com carga microbiana entre  $10^4$  e  $10^6$  UFC  $g^{-1}$  de solo seco, seguidas pelas bactérias esporuláveis (BE) e fungos (F), os quais apresentaram variação entre  $10^3$  e  $10^5$  UFC  $^{-1}$  na profundidade de 0 a 5 cm. Em profundidades superiores, a atividade microbiana diminuiu e a distribuição microbiológica foi mais uniforme.

Em um trabalho semelhante, Dias-Júnior et al. (1998) verificaram que os fungos correspondem ao grupo de microrganismo que mais tolera o excesso dos metais e seus efeitos adverso, sendo as bactérias o grupo utilizado como os indicadores mais sensíveis. Segundo Barros et al. (2010) foi demonstrado que em meses frios, há uma maior proporção de bactérias esporuláveis nos solos, podendo o resultado estar associado aos mecanismos de defesa expressos por esse grupo de microrganismos.

A diversidade da população microbiana do solo controla a diversidade e a produtividade de ecossistemas vegetais terrestres (VAN DER HEIJDEN et al., 2006). As alterações nas comunidades prejudicam a disponibilidade de nutrientes para as plantas (FIRME, 2005).

Em solos contaminados, parte do conteúdo contaminante fica disponível para ser transferido e absorvido pelas espécies vegetais, podendo se acumular nas raízes e partes aéreas (MAGNA et al., 2013). As interações entre microrganismos-raízes e solo-planta desempenham importantes funções na regulação da mobilidade dos metais do solo para planta (ISLAM et al., 2007).

A sensibilidade aos metais varia conforme a espécie e o tecido da planta. Geralmente, as partes vegetativas apresentam concentrações mais elevadas do que os grãos (CARDOSO; CHASIN, 2001). O chumbo tende a se concentrar mais nas raízes (exceto em vegetais folhosos) e pequenas quantidades são translocadas para as partes aéreas, porém com o cádmio ocorre o inverso, indicando que este consegue ser movimentado para as partes superiores do vegetal (KEDE, 2011).

Estudos realizados em Santo Amaro demonstraram a transferência, absorção e a mobilidade dos metais presentes no solo para as raízes e posteriormente para a parte aérea das espécies vegetais. Isto indica biodisponibilidade dos metais para os vegetais, podendo representar um risco para a população pelo consumo alimentar dos mesmos (MAGNA et al., 2013; KEDE, 2011).

Análises realizadas em vegetais coletados nessa localidade corroboram com os autores supracitados, na medida em que demonstraram altos níveis de Pd e Cd em vegetais coletados em solos contaminados nessa região. As amostras apresentaram contaminações por esses metais excedentes aos valores estabelecidos pela legislação (TAVARES; CARVALHO, 1992). As altas concentrações demonstram a anormalidade nos teores de metais nos vegetais e confirma a persistência da contaminação nessas espécies em Santo Amaro (MAGNA et al., 2013).

Em geral, alimentos de origem vegetal apresentam maiores níveis de contaminação por chumbo do que os de origem animal, sendo que, nestas espécies, as vísceras apresentam maiores concentrações (ANJOS, 2003). Os

peixes bioconcentram os metais por apresentarem a habilidade de captar e acumular os metais nas guelras e nas paredes intestinais. Nesses locais, as concentrações são mais elevadas do que o meio onde se encontram (CARDOSO; CHASIN, 2001).

A contaminação dos alimentos configura-se um grave risco, pois, uma vez na cadeia alimentar, os metais podem ser biomagnificados, acumulando-se nos tecidos animais, com teores mais elevados ao longo da cadeia alimentar (BIONDI, 2010).

Conforme Linhares e Gewandsznajder (2012) os poluentes não biodegradáveis tendem a se acumular no ambiente e no corpo dos seres vivos através do processo de bioacumulação e a concentração do produto tóxico aumenta nos organismos ao longo da cadeia alimentar, onde os organismos dos últimos níveis tróficos absorvem as doses mais altas dessas substâncias pelo processo de biomagnificação.

Solos contaminados configuram um risco também para as águas subterrâneas, haja vista o processo de lixiviação. A população microbiana cultivável de efluentes contaminados é composta, em sua maioria, por organismos resistentes aos metais pesados, sendo o Cd o elemento com maior efeito tóxico à microbiota (DIANA; VULLO, 2005). O Cd é mais móvel no ambiente aquático do que a maioria dos metais pesados. Quanto ao Pb, em águas superficiais, as altas concentrações desta espécie pode significar a ocorrência de biomagnificação pela biota aquática (ANJOS, 2003).

Quando em baixas concentrações, estudos apontam a influência da contaminação na sensibilidade dos microrganismos, provavelmente modificando a estrutura das comunidades bacterianas. Desta forma, tornam-se necessários estudos que elucidem a aquisição de tolerância e a identificação das alterações em estrutura e diversidade das comunidades em relação aos parâmetros ambientais (FECHNER; GOURLAY-FRANCE'; TUSSEAU-VUILLEMIN, 2014).

## REFERÊNCIAS

AFONSO, A. Análise de perigos: Identificação dos perigos e avaliação dos riscos para a segurança alimentar. **Segurança e qualidade alimentar**, Lisboa, n. 5, 2008.

ABD-ELNABY, H.; ABOU-ELELA, G. M; EL-SERSY, N. A. Cadmium resisting bacteria in Alexandria Eastern Harbor (Egypt) and optimization of cadmium bioaccumulation by *Vibrio harveyi*. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 10, n.17, pg. 3412-3423, 2011.

ALMEIDA, A. P. **Avaliação higiênico-sanitária da carne de frango de corte de estabelecimentos que abatem e/ou comercializam no município de Patos - PB**. 2011. 61 f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária), Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2011.

ANDRADE. M. F.; MORAES, L. R.S. Contaminação por chumbo em Santo Amaro desafia décadas de pesquisas e a morosidade do poder público. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. 16, n. 2, p. 63-80, abr-jun. 2013.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007, 312 p.

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (Wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da PLUMBUM em Santo Amaro da Purificação/Ba**. 2003. 328p. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2013. The Priority List of Hazardous Substances That Will Be the Subject of Toxicological Profiles. Georgia, Atlanta. Disponível em:< <http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>>. Acesso em: 14.01.15.

BAHIA, MINISTÉRIO PÚBLICO DA BAHIA, PROMOTORIA DE SANTO AMARO. **Perícia Judicial sobre os danos ambientais e sociais provocados pela PLUMBUM Mineração e Metalúrgica S.A. pela sua atividade.** Santo Amaro, 2009.

BARNES, H. J.; NOLAN, L.K.; VAILLANCOUT, J. Colibacillosis. In: BARNES, H. J. et al. **Disease of Poultry.** Ames: Blackwell Publishing, 2008, p.691-737.

BARROS, Y. J. et al. Indicadores de qualidade de solos em área de mineração e metalurgia de chumbo. I – microrganismos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1397-1411, 2010.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco.** 2010. 57p. Tese (*Doctor Scientiae*), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC n° 12, de 2 de janeiro de 2001.** Aprova regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. D.O.U. 10 jan. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC n° 42, de 29 de agosto de 2013.** Aprova regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigilância epidemiológica das doenças transmitidas por alimentos, 2013**

BRUNO, L. M. et al. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza (CE). **B.CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 1, jan.-jun., 2005.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. M. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. **Cadernos de referência ambiental**, Salvador, v. 6, 2001.

CARVALHO, F. M. et al. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. Revista **Panamericana de Salud Publica**, Washington, v. 13, n. 1, p. 19–24, 2003.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Áreas contaminadas. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/O-que-s%E3o-%E1%81reas-Contaminadas/1-oquesao>>. Acesso em: 10.01.15.

COLASSO, Camilla G. Acidentes químicos e nucleares e a percepção de risco. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 125-143, jun. 2011

COSTA, A. C. A. **Avaliação de alguns efeitos do passivo ambiental de uma metalurgia de chumbo em Santo Amaro da Purificação, Bahia**. Dissertação (Mestrado em Química Analítica), Universidade Federal da Bahia, Salvador; 2001.

CUNHA, M. A.; SILVA, M. R. Métodos de detecção de microrganismos indicadores. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v.1, n.1, p.09-13, jan-jun, 2006.

DIANA L. VULLO, L. D. et al. Indigenous heavy metal multiresistant microbiota of las catonas stream. *Environmental Monitoring and Assessment*, p. 81–97, 2005.

DIAS-JÚNIOR, H. E. et al. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 22, p. 631–640, 1998.

FECHNER L. C.; GOURLAY-FRANCE, C., TUSSEAU-VUILLEMIN, M. H. Linking community tolerance and structure with low metallic contamination: a field study on 13 biofilms sampled across the Seine river basin. **Water Research**, v. 51, p. 152-162, 2014.

FERREIRA, E. M. et al. Qualidade microbiológica do peixe serra (*Scomberomerus brasiliensis*) e do gelo utilizado na sua conservação. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.81, n.1, p. 49-54, 2014.

FIRME, L P. **Cinética de degradação microbiológica de torta de filtro no solo na presença de cádmio e níquel**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FORTES NETO, P.; FERNANDES, S. A. P.; JAHNEL, M. C. Microbiota da Solo como Indicadora da Poluição do Solo e do Ambiente. . In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007, 312 p.

FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GANS, J.; WOLINSKY, M.; DUNBAR, J. Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. **Science**, Washington, v. 309, 2005.

HATJE, V.; BÍCEGO, M. C.; CARVALHO, G. C.; ANDRADE, J. B. Contaminação Química. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. B. (Organizadores). **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009.

ISLAM, E. et al. Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, Zhejiang, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

KEDE, M. L. F. M. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. **Monitoramento de solo contaminado com metais em santo amaro (Ba)**. Rio de Janeiro: UERJ, 2011, Relatório de pesquisa.

LINHARES, S. GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje**. São Paulo: ática, 1ª ed., 2012.

LORENZON, C. S. et al. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 4, p. 617-624, 2010.

MACHADO, S. L. et al. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro-BA. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 140-155, 2004.

MACHADO, S. S. et al. Contribuição à análise de perigos na produção de alface. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n.2, p. 191-198, 2009.

MACLACHLAN, N.J.; CULLEN, J.M. Fígado, sistema biliar e pâncreas exócrino. In: THOMSON, R.G. (Ed.). **Patologia Veterinária Especial**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed,1998. p.265-298.

MAGNA, G. A. M. et al. Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-Bahia. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 7, p. 989-997, 2013.

MAIHARA, V.A.; FAVARO, D.I.T.; BARBOSA JÚNIOR, F. Elementos tóxicos. In: COZZOLINO, S.M.F., **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 4ª ed., 2012.

MATOS, L. M. et al. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 408-413, 2009.

MOLIN, F. D., PAOLIELLO, M. M. B., CAPITANI, E. M. A zincoprotoporfirina como indicador biológico na exposição ao chumbo: uma revisão, **Revista Brasileira de Toxicologia**, v.19, n. 2, p. 71-80, 2006.

MOGHARBEL, A. D. I.; MASSON, M.L. Perigos associados ao consumo da alface, (*Lactuca sativa*), in natura. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 83-88, 2005.

MOREIRA F. R.; MOREIRA J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, n. 15, n. 2, p. 119 –29, 2004.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2006.

NOBRE, F. G. A. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa da microbiota bacteriana isolada do ceco de frangos de corte caipira produzidos em diferentes sistemas de alojamento. **Rev. Univ. Rural**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 11-15, 2005.

OLIVEIRA, A. V. B. et al. Padrões microbiológicos da carne de frango de corte – referencial teórico. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.3, p. 01–16, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; SALVADOR, F. C. Determinação da contaminação microbiológica da carne de frango comercializada na cidade de Apucarana e Califórnia – PR. *Revista F@pciência*, Apucarana, v.8, n.15 p.159-171, 2011.

OLIVEIRA, F. J. S; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos, **Eng. sanit. Ambient**, v. 9, n. 3, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, K. M. et al. Análise microbiológica da casca e da gema de ovos de galinha caipira produzidos e comercializados na microrregião de Picos-PI. In: **65ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC**, 2013, Recife. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/1695.htm>>. Acesso em: 12.02.15

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Disponível em: <https://www.fao.org.br/default.asp>. Acesso: 08.03.15.

OYMAK, T. et al. Determination of lead and cadmium in food samples by the coprecipitation method. **Food Chemistry**, Washington, v. 113, p. 1314–1317, 2009.

PENTEADO, F. R.; ESMERINO, L. A. Avaliação da qualidade microbiológica da carne de frango comercializada no município de Ponta Grossa – Paraná. **Biol. Health Sci.**, Ponta Grossa, 17, 1, p. 37-45, 2011.

PORTELLA, R. B.; ALCOFORADO, I. G.; LEMOS, S. Passivo ambiental e desengenharia: o exemplo de Santo Amaro da Purificação-BA. In: CONGRESSO CIENTÍFICO DA SEMANA TECNOLÓGICA IFSP, 1., 2010, Bragança Paulista. **Anais do CONCISTEC'10**. Bragança Paulista, 2010.

ROCHA, A. F. Cádmió, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública? 2009. 63p. Monografia (Ciências da Nutrição), Faculdade de Ciências de Nutrição e Alimentação, Porto, Portugal, 2009.

ROCHA, G. O. et al. Contaminação na Baía de Todos os Santos, **Rev. Virtual Quim**, Niterói, v. 4, n. 5, p. 583-610, 2012.

SANTOS, L. C. et al. População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Minas do Camaquã, RS, Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 29, n.2, p. 105 - 114, 2007.

SCAPIN, D. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos antes e após a implementação de boas práticas de fabricação em agroindústrias da região extremo oeste catarinense**. 2011. 28p. Trabalho de conclusão de curso (Especialista em Microbiologia industrial e de alimentos), Universidade do Oeste de Santa Catarina, São Miguel do Oeste, 2011.

SILVA, I. M. M. et al. Presença de *Escherichia coli* em fígados de frangos provenientes de matadouros avícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 694-700, 2012.

SILVA, M. C. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos antes e após a implementação de boas práticas de fabricação em agroindústrias da região extremo oeste catarinense**. 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, S. R. P. et al. Microbiological quality of minimally processed vegetables sold in Porto Alegre, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 38, p. 594-598, 2007.

SIQUEIRA, J. O. et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

SMANIOTO, T. F. et al. Contribuição ao estudo da qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, 2009.

SOUZA, A. F. C. **Caracterização molecular e avaliação de resistência a chumbo e cádmio em bactérias isoladas de rizosferas de plantas coletadas em Santo Amaro (Ba)**. 2013. 195p. Dissertação (Mestrado e Biotecnologia), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 2, 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho. Departamento de Medicina Preventiva e Social. **Contaminação do solo por elementos químicos em Santo Amaro da Purificação**. Salvador, 2010.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; et al. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. **New Phytologist**, Londres, v.172, p. 739-752, 2006.

VAZ, A. B. S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de ovos provenientes de criação tipo “caipira” e de granja de produção comercial. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 26, p. 138-142, 2012.

VEIGA, A. et al. **Perfil de risco dos principais alimentos consumidos em Portugal**. Autoridade de Segurança Alimentar e Económica, Portugal, 2009.

VIEIRA, T. B. et al. Potencial patogênico e caráter séptico de *Escherichia coli* pela identificação dos fatores de virulência *iss* e *felA* em celulite e miúdos de frangos sob Inspeção Sanitária. **Rev. Bras. Med. Vet.**, Rio de Janeiro, v.36, n.2, p.144-152, 2014.

WAEGENEERS, N. et al. Transfer of soil contaminants to home-produced eggs and preventive measures to reduce contamination. **Science of the Total Environmental**, Amsterdam, n. 407, p. 4438–4446, 2009.

ZILLI, J. E. et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, 2003.

---

## **CAPÍTULO 2**

**Qualidade microbiológica e química de alimentos consumidos em Santo Amaro – Bahia**

---

Artigo a ser submetido à Revista Food Chemistry

## Qualidade microbiológica e química de alimentos consumidos em Santo Amaro – Bahia

Kelly Menezes Macedo<sup>a</sup>, Isabella de Matos Mendes da Silva<sup>b</sup>, Fábio Santos de Oliveira<sup>b</sup>, Fernanda Freitas<sup>b</sup>, Maykson Costa de Jesus<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências da Saúde, Santo Antônio de Jesus, Bahia, Brasil.

### Resumo

O presente estudo objetivou avaliar indicadores de qualidade microbiológica e química dos alimentos com elevada frequência de consumo pela população de Santo Amaro (Bahia, Brasil). As coletas foram realizadas nos meses de julho a agosto de 2014, compreendido como período chuvosos. As populações de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) foram utilizadas como os parâmetros microbiológicos e os níveis dos contaminantes chumbo e cádmio foram os indicadores químicos. A população média de coliformes totais nos alimentos variou de <1 a 4,5 log UFC/g. O coentro foi o alimento que apresentou a maior média de coliformes totais, 4,5 log UFC/g, sendo que a bactéria *E.coli* apresentou população acima do recomendado pela legislação nestas amostras. As maiores médias de contaminação por chumbo e cádmio foram observadas no músculo de frango ( $5,7 \pm 3,7$  mg/kg) e no ovo ( $0,8 \pm 0,26$  mg/kg), respectivamente. Em 77,1% das amostras os níveis de chumbo encontrados estavam acima do limite estabelecido pela legislação e 83,3% das amostras apresentaram níveis excedentes para o cádmio. As condições microbiológicas das amostras dos alimentos foram satisfatórias para os microrganismos avaliados e, com base na

literatura já publicada acerca da contaminação química de alimentos em Santo Amaro, foi constatada a persistência da contaminação por chumbo e cádmio nos alimentos produzidos em Santo Amaro, Bahia, Brasil.

Palavras-chave: *E. coli*, chumbo, cádmio, contaminação

Compostos químicos estudados neste artigo

Chumbo (PubChem CID: 5352425); Cádmio (PubChem CID: 23973)

## **1. Introdução**

A cadeia alimentar é afetada por perigos que podem ser de natureza física, química ou biológica, sendo estes potencialmente capazes de causar efeitos nocivos à saúde humana, por isso a qualidade e segurança dos alimentos é uma questão mundial de saúde pública (Veiga et al., 2009).

A avaliação microbiológica possibilita a obtenção de parâmetros que estão entre os mais importantes para determinar a qualidade de um alimento. Sua inobservância gera prejuízos econômicos e riscos à saúde pública. Alguns grupos são denominados indicadores e considerados relevantes na avaliação da segurança e da qualidade microbiológica dos alimentos, fornecendo informações sobre as condições sanitárias e a possibilidade de contaminação por patógenos (Franco, Landgraf, 2008).

Dentre os microrganismos utilizados como indicadores estão os coliformes totais, que indicam falhas no aspecto higiênico e os coliformes termotolerantes,

em especial *Escherichia coli*, que indica contaminação fecal por enteropatógenos (Silva et al., 2007). A quantificação dessa bactéria em alimentos é importante para atender padrões microbiológicos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), visando à produção segura do alimento.

Assim como os perigos microbiológicos, os químicos também demandam cuidados, haja vista que a ingestão de alimentos com altos teores de substâncias químicas pode causar doenças crônicas e de grande severidade (Afonso, 2008). Os metais pesados como o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) quando ingeridos podem causar problemas neurológicos, metabólicos, cardiovasculares e de desenvolvimento (ATSDR, 2013).

Na área de estudo, Santo Amaro (Bahia, Brasil), houve uma intensa contaminação por Pb e Cd causada pela atividade metalúrgica da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC), que descartou de forma negligenciável escória rica em metais tóxicos no ambiente, dispersando esses contaminantes por toda cidade (Machado, Ribeiro, Kiperstok, Botelho & Carvalho, 2004).

Considerando a escassez de estudos relacionados à indicadores de qualidade microbiológica e química dos alimentos, especialmente em um ambiente associado à intensa contaminação por metais pesados, objetivou-se avaliar a qualidade microbiológica e química dos alimentos com elevada frequência de consumo pela população de Santo Amaro (Bahia, Brasil).

## **2. Material e Métodos**

Para selecionar alimentos de origem vegetal e animal a serem coletados no presente estudo, foi necessário levantar o perfil do consumo alimentar habitual da

população de Santo Amaro (Bahia, Brasil), de modo a obter a informação acerca dos alimentos localmente produzidos mais consumidos pela população, por grupo alimentar. Foram aplicados Questionários de Frequência Alimentar (QFA) adaptado a população em estudo a 172 moradores da cidade, com idade entre 18 e 60 anos, de ambos os sexos.

Para a escolha dos produtos que integraram a lista de alimentos do QFA foram utilizados dados da Produção Agrícola Municipal na cidade de Santo Amaro pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), censo 2006, e das Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF) 2008/09, totalizando 53 itens. Os questionários foram aplicados em 12 Unidades de Saúde da Família (USF) distribuídas nas zonas urbana e rural do município. A pesquisa foi realizada nos meses de fevereiro a agosto de 2014.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados utilizando o programa estatístico SPSS versão 20.

### *2.1 Aspectos éticos*

O estudo foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CAAE: 04022312.0.0000.0056 - Parecer 219.566), conforme determina a Resolução 466/2012 (Brasil, 2012). Os participantes foram informados dos objetivos do estudo e aqueles que concordaram foram convidados a assinarem o Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ficando livres em optar por não participar da pesquisa quando acreditassem ter sua integridade física e/ou moral atingidas.

## 2.2 Escolha das amostras de alimentos

A partir dos resultados do QFA e do levantamento dos produtores locais, foram utilizados como critérios de inclusão alimentos que apresentaram maior frequência de consumo alimentar, além de serem produzidos por pelo menos cinco produtores locais distintos. Foram selecionados seis alimentos, destes três de origem animal, frango, peixe e ovo, com percentuais de consumo de 78,1 %, 37,9 %, 31,6 %, respectivamente, e três de origem vegetal, coentro, quiabo e aipim, que apresentaram percentual de consumo de 93,3 %, 43,0 % e 30,8 %, respectivamente. Os metais chumbo e cádmio foram utilizados como indicadores químicos e as populações de coliformes totais e *Escherichia coli* foram os indicadores microbiológicos. Para as análises dos dados foi realizada uma análise descritiva para as variáveis quantitativas (média e desvio padrão)

## 2.3 Coletas das amostras de alimentos

A coleta de amostras aconteceu nos meses de Julho a Agosto de 2014, no período considerado chuvoso para a área em estudo. Foram coletadas cinco amostras de cada produto em cinco distintos pontos de produção. A coleta dos vegetais foi realizada manualmente e de forma asséptica. Os vegetais coletados foram acondicionados em sacos de primeiro uso e mantidos sob refrigeração em caixa térmica. As amostras de ovo e frango foram obtidas nos locais de criação, sendo os animais encaminhados ao matadouro, onde foram abatidos. Para a coleta das amostras de peixe foi utilizada a pesca com redes, com auxílio de pescadores da região, em cinco pontos do Rio Subaé.

Para as análises dos alimentos de origem animal foram utilizadas amostras de músculo e o fígado, para amostras de frango, e de músculo para amostras de peixe. As amostras foram acondicionadas em sacos de primeiro uso e transportadas sob refrigeração aos laboratórios onde aconteceram as análises.

As análises microbiológicas aconteceram em até 24 horas após a coleta, no Laboratório de Microbiologia do Núcleo de Segurança Alimentar e Nutricional. Para as análises químicas as amostras foram mantidas congeladas a  $-25^{\circ}\text{C}$ , sendo o processamento destas amostras realizado no Laboratório de Análises Químicas do Núcleo de Segurança Alimentar e Nutricional. Os laboratórios utilizados localizam-se no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, *campus* de Santo Antônio de Jesus – Bahia.

### 2.3 Análise Microbiológica

As populações de coliformes totais e *Escherichia coli* foram estimadas pelo método de contagem rápida Petrifilm™ (3M Company), utilizando placas EC (AOAC 991.14), conforme orientações do fabricante. A contagem das colônias foi realizada com o auxílio de contador de colônias modelo CP600 Plus (Phoenix ®), calculando-se o número de log UFC/g de amostra (APHA, 2001; Silva et al., 2007).

### 2.4 Análise Química

Todos os materiais utilizados nas análises foram descontaminados utilizando ácido nítrico a 10% por 12 horas. As amostras, mantidas a  $-20^{\circ}\text{C}$  foram

liofilizadas (liofilizador Terroni®) por 12 horas para a retirada da umidade. Após esse período, essas foram maceradas em almofariz e pistilo de porcelana, e peneiradas em malha de nylon com orifícios de 300, 200 e 100 µm, com objetivo de obter grânulos menores e para facilitar a homogeneização da amostra e o processo da digestão.

Utilizou-se 100 mg de amostra (em triplicata para cada amostra) transferidos para tubos digestores, procedendo-se a etapa de pré-digestão pela adição de 5,0 mL de ácido nítrico 65 % e aquecendo a 50° C por 12 horas em bloco digestor, utilizando-se condensadores do tipo “dedo frio”, para minimizar as perdas de ácido nítrico por evaporação e analitos mais voláteis. Após esse período, elevou-se a temperatura para 140° C mantendo-a por 4 horas, seguido do resfriamento até temperatura ambiente, adição de 2,0 mL de peróxido de hidrogênio 30 % P.A., aquecendo a 140° C por 3 horas. O material resultante foi filtrado e avolumado a 25,0 mL com água ultrapura. A metodologia de referência 200.3 da Environmental Protection Agency foi adotada neste trabalho (EPA, 1991), sendo incorporadas adequações validadas por diferentes autores (Franchi et al., 2011; Carvalho et al., 2003; Olowu et al, 2010) e testadas experimentalmente a partir das amostras e condições experimentais disponíveis no presente trabalho.

A partir do procedimento de tratamento de amostras por digestão, soluções límpidas e isentas de partículas foram obtidas para a maioria dos tipos de amostras de alimentos, sendo que, apenas para amostras de coentro, uma pequena porção de material não solubilizado foi observado enquanto corpo de fundo ao final do processo e removido por filtração.

Para a determinação dos analitos foi utilizado o espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado simultâneo (ICP-OES)

VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) com arranjo axial e equipado com detector de estado sólido com arranjo CCD (dispositivo de carga acoplada) e opera em comprimentos de onda na faixa de 167 a 785 nm. Possui interface *end-ongas*, que com o fluxo frontal contracorrente de gás que protege a região pré-óptica de superaquecimento e remove a zona mais fria do plasma. O sistema óptico do ICP OES foi calibrado com solução de referência multielementar e o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg/L.

As linhas espectrais foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analíticos e sensibilidade adequada para a determinação de elementos em baixas e altas concentrações. As características e as condições experimentais do ICP OES estão descritas na Tabela 1.

Os cálculos para obtenção das concentrações dos analitos em mg/kg de massa úmida empregando o Excel 2007, objetivando a comparação dos resultados obtidos com os valores limites preconizados pela legislação e estudos anteriores.

### **3. Resultados e Discussão**

#### *3.1 Indicadores Microbiológicos*

A população média de coliformes totais nos vegetais variou de 0,62 a 4,5 log UFC/g. O coentro foi o vegetal que apresentou a maior média de coliformes totais, 4,5 log UFC/g (Tabela 3), todas as amostras apresentaram uma população superior a 3,0 log UFC/g (Tabela 2). Resultado similar foi obtido no estudo de Rincón et al. (2010), no qual o coentro também apresentou o maior nível de contaminação por coliformes totais em relação as demais hortaliças pesquisadas.

Nos alimentos de origem animal, a população média de coliformes totais variou entre <1 a 2,46 log UFC/g (Tabela 3). O fígado de frango apresentou a maior média, 2,46 log UFC/g, e duas amostras apresentaram contaminação superior a 3 log UFC/g (Tabela 3). Carvalho et al. (2005), ao avaliarem a presença de microrganismos em amostras de produtos avícolas, verificaram a presença de coliformes totais em fígados industrializados, indicando que, mesmo em produtos inspecionados, esses são ainda passíveis de contaminação por esse grupo.

Nos vegetais, a bactéria *E.coli* foi detectada em amostras de coentro e quiabo, estando presente em apenas uma amostra de cada item, apresentando carga microbiana de 3,7 e 1,0 log UFC/g, respectivamente (Tabela 2). Segundo os parâmetros estabelecidos pela RDC 12/2001 (BRASIL, 2001), a amostra de coentro apresentava contaminação acima do limite estabelecido (2,0 log UFC/g), estando imprópria para o consumo.

Das cento e quarenta amostras de vegetais frescos analisadas por Santos et al. (2010), o coentro apresentou o maior número de amostras positivas para *E. coli*. Singh; Vajpayee; Ram & Shanker (2010) demonstraram que esse vegetal, quando cultivado em áreas contaminadas, pode funcionar como reservatório ambiental de um sorotipo patogênico de *E. coli*, a enterotoxigênica (ETEC).

Sobre a contaminação microbiológica das amostras de quiabo, resultados similares foram observados por Figueiredo et al. (2005) que, ao verificarem a qualidade sanitária em quiabos, irrigados com diferentes tipos de tratamento, mostraram que nenhuma amostra, apresentou contaminação por *E. coli*.

Nas amostras de aipim observou-se ausência de contaminação por *E.coli*. A fisiologia do tubérculo pode explicar a ausência de contaminação uma vez que a casca do vegetal representa um fator intrínseco na prevenção da proliferação

microbiana. foram obtidas *in natura* diretamente dos produtores e de forma asséptica. Além disso, Dósea et al. (2010) verificaram que o aumento da presença dessa bactéria em aipim deve-se, provavelmente, ao excesso de manuseio e à exposição do produto durante seu processamento.

Conforme Moreti (2003) a contaminação microbiológica de hortaliças pode ocorrer a partir de diversas fontes, destacando-se a água utilizada na irrigação, que pode funcionar como o veículo de patógenos que apresentam alto risco de contaminação ao ser humano, como *Escherichia coli*.

Nos alimentos de origem animal, *E. coli* foi isolada em amostras de músculos e fígados de frango, com média de 1,16 e 0,86 log UFC/g, respectivamente (Tabela 3). As amostras estavam de acordo com os limites preconizados pela legislação sanitária vigente (BRASIL, 2001).

Resultados semelhantes foram obtidos em estudo realizado por Zonta et al. (2013), que avaliaram a qualidade microbiológica de produtos cárneos e lácteos comercializados em feiras livres de Arapongas-PR, constatando-se que a contaminação por *E. coli* nas amostras de carne de aves *in natura* apresentou uma média de 1,1 log UFC/g, estando adequadas para o consumo. Silva et al. (2012) e Vieira et al (2014) ao avaliarem a contaminação por *E. coli* em fígados de frangos detectaram elevados índices de contaminação.

Considerando que os peixes foram obtidos diretamente do ambiente, a baixa carga microbiana de coliformes totais e não detecção de *E. coli* nas amostras de músculos de peixes obtidos neste estudo (Tabela 2) podem estar relacionados ao fato dos níveis naturais de contaminação serem crescentes nos diferentes órgãos, sendo que o músculo do peixe normalmente apresenta menores populações microbianas que o trato gastrointestinal e a pele.

Considerando que os coliformes não são habitantes naturais dos peixes, sua presença pode estar relacionada com as condições microbiológicas da água onde o peixe se encontra (Lorenzon et al., 2010).

Os resultados evidenciaram que as amostras de ovo estavam isentas de coliformes totais e *E. coli* (Tabela 2), não havendo riscos microbiológicos no consumo. O resultado pode estar associado à presença de agentes antimicrobianos naturais, especialmente na clara do ovo e de enzimas capazes de destruir a parede celular bacteriana, além disso, apresenta pH desfavorável à multiplicação microbiana (Franco & Landgraf, 2008), pH normal de 7,9 para clara e 6,2 para gema do ovo (Seibel, 2005).

Resultados contrastantes aos obtidos no presente estudo demonstraram altos índices de isolamento de *E. coli* em ovos do tipo caipira. (Oliveira, Moura, Gomes, Fonteneles, Santos & Luz, 2013; Vaz, Yatsuyamagi, Miyagusku, Miyagusku & Souza, 2012). Os aspectos higiênico-sanitários de ovos desse tipo permitem maiores proporções de contaminação por microrganismos. Por isso, sugere-se a limpeza e desinfecção do ambiente e equipamentos, vacinação, qualidade de água e ração, manejo das excretas, entre outros cuidados sanitários para reduzir a taxa de contaminação nesse alimento (Oliveira, Moura, Gomes, Fonteneles, Santos & Luz, 2013).

Apesar de não existir parâmetros na legislação sanitária para os coliformes fecais, salienta-se que a presença de coliformes totais nos alimentos analisados é de grande valia, pois indica precárias práticas de manejo durante o cultivo como a utilização de água contaminada para irrigação e de adubação com esterco animal fresco. Por outro lado, a contaminação por *E. coli*, mesmo em pequenas

proporções, indica possibilidade de risco à saúde do consumidor (Machado, Bueno, Oliveira & Moura, 2009).

### *3.2 Indicadores Químicos*

Nas amostras de vegetais os níveis de chumbo variaram de <LQ a 6,7 mg/kg e o cádmio variou de 0,2 a 0,9 mg/kg (Tabela 2). O aipim foi o alimento com a maior média de contaminação pelos metais (Tabela 4). Todas as amostras excederam o limite estabelecido para os níveis de Pb e Cd em até 66 vezes (Tabela 5). Esse resultado encontra consonância com o trabalho de Kabata Pendias e Mukherjee (2007) em que foi verificado que o conteúdo de metais nos vegetais é maior nas raízes e decresce na seguinte ordem caule > folhas > fruto > sementes.

Estudos anteriores realizados em Santo Amaro, mostraram níveis de contaminação por chumbo e cádmio ainda maiores nesse alimento, média de 16,8 e 0,93 mg/kg, respectivamente (Magna, Machado, Portella & Carvalho, 2013). Embora os níveis encontrados nesse estudo sejam inferiores, fica claro a persistência da contaminação por metais pesados nesse vegetal, mesmo após 22 anos de desativação da indústria.

O coentro apresentou teores médios de 1,54 mg/kg para o chumbo e 0,40 mg/kg para o cádmio. As concentrações de Pb em todas as amostras desse alimento estavam acima do limite estabelecido pela Resolução RDC 42/2013 (Brasil, 2013), os níveis excedentes foram de até quinze vezes da concentração permitida, quatro delas também apresentou excesso na contaminação por Cd.

Um estudo recente demonstrou o potencial bioissorvente do coentro para a remoção de chumbo e outros metais potencialmente tóxicos da água contaminada, que se deve a estrutura das paredes exteriores das células microscópicas que compõem a planta, apresentando uma arquitetura ideal para absorção de metais pesados (Bernstein & Woods, 2013).

O quiabo foi o vegetal que apresentou os menores níveis de contaminação por Pb e Cd, média de 0,69 e 0,39 mg/kg, respectivamente, contudo os níveis são excedentes ao preconizado pela legislação. Estudos pioneiros já demonstravam altos níveis de contaminação em vegetais produzidos em Santo Amaro, nas proximidades da COBRAC. Os resultados alarmantes apresentaram concentrações de chumbo de até 215 µg/g (base seca) e de cádmio de até 11,8 µg/g (base seca) e chamavam atenção ao perigo no consumo de quiabo e aipim (Tavares & Carvalho, 1992).

O presente estudo demonstra que a contaminação dos vegetais não está restrita apenas às proximidades da fábrica. Observou-se contaminação por metais no ponto de coleta de vegetal mais distante, que fica a 15,1 Km da fábrica. A figura 1 mostra os pontos de coleta e a localização da fábrica.

Magna et al. (2013) ao analisarem os vegetais cultivados em Santo Amaro verificaram a capacidade dos mesmos em absorver e translocar os metais presentes no solo para as raízes e posteriormente para a parte aérea, consistindo em potencial risco para o consumo alimentar.

Os metais afetam os valores nutritivos dos vegetais e expressam efeito deletério sobre os seres humanos que usam esses itens alimentares. Alta contaminação encontrada nos vegetais pode ser estreitamente relacionada com

as contaminações na água de irrigação (Oymak, Tokalioglu, Yilmaz, Kartal & Aydin, 2009) e no solo agrícola (Magna, Machado, Portella & Carvalho, 2013).

A média da contaminação nos alimentos de origem animal variou de 1,6 a 5,79 mg/kg para o chumbo e 0,49 a 0,8 mg/kg para o cádmio (Tabela 4). O músculo do frango foi o alimento de origem animal que apresentou maior concentração de chumbo de chumbo, enquanto que ovo apresentou maior concentração de cádmio. Todas as amostras de músculo e três amostras de fígado de frango apresentaram contaminação acima do limite preconizado pela legislação. Nesses itens, o nível médio de cádmio foi inferior em relação ao chumbo, entretanto todas as amostras de músculos e uma de fígado apresentam contaminação superior ao limite estabelecido, 0,05 e 0,50 mg/kg, respectivamente.

O alto teor de chumbo observado em músculo de frango é corroborado no trabalho realizado por Lopes et al. (2007). Os autores constataram massas elevadas retidas de chumbo e cádmio em músculo bovino fresco e deteriorado, alertando sobre os riscos potenciais associado ao consumo de carne contaminada com íon  $Cd^{2+}$  e  $Pb^{2+}$ .

Os autores associaram a maior retenção de íons chumbo e cádmio em tecido muscular a presença de grupamentos químicos nas proteínas que apresentam afinidade com estes íons metálicos como sulfidril, carbonila, hidroxila e amina nas proteínas. Destaca-se em particular a afinidade de chumbo e cádmio aos grupos sulfidril, estando esta reatividade intimamente relacionada com o efeito do chumbo na inativação da enzima citoplasmática ALAD e da ferroquelase, bem como com a reatividade do cádmio com a metalotioneína. Desta forma, os elevados níveis de proteínas contendo grupos sulfidril presentes em tecidos

musculares podem ser explicar o acúmulo dos metais em fígados de frango (Molin, Paoliello, Capitani, 2006; Sadao, 2002; Schifer, Bogusz Junior, Montano, 2005; Yokel, Lasley, Dorman, 2006).

Não foram encontrados estudos sobre a contaminação química de frangos em Santo Amaro, embora este seja a proteína animal mais consumida pela população. Um estudo realizado na Turquia avaliou os níveis chumbo e cádmio em carne de frangos e os valores encontrados foram  $44.0 \pm 2.9$  mg/kg e  $2.82 \pm 0.78$  mg/kg, respectivamente. Como foram coletados de forma aleatória no mercado da cidade de Kayseri, as amostras não representam a qualidade do alimento na Turquia (Oymak, Tokalioglu, Yilmaz, Kartal & Aydın, 2009). O hábito alimentar do frango envolve ciscar o solo, com conseqüente ingestão eventual de solo, o que aumenta a exposição destes animais a contaminação por metais pesados presentes no solo.

Das amostras de peixe, duas apresentaram contaminação por Pb, o nível médio foi de 1,9 mg/kg, o valor excedente foi de até 6 vezes ao máximo tolerável. Em relação ao Cd, todas apresentaram níveis elevados, média de 0,67 mg/kg, e estavam acima do limite permitido. Em oposição aos resultados obtidos nesse estudo, pesquisas realizadas com peixes oriundos da mesma região demonstraram contaminações por esses metais em níveis aceitáveis pela legislação (CRA, 2005; Santos, Trigueiro, Lemos, Furtunato & Cardoso, 2013).

Segundo Rocha et al. (2012), a contaminação por metais pesados em peixes do rio Subaé foi demonstrada e os autores alertaram sobre os impactos sociais, econômicos e de saúde à população ribeirinha, em que esse item alimentar é a principal fonte proteica. A contaminação do peixe nessa região foi

provocada pelos lançados de metais pesados no rio Subaé pela COBRAC, o que gerou concentrações de Cd e Pb nas águas deste rio excedentes aos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde.

A bioacumulação de metais no peixe depende, entre outros fatores, dos hábitos alimentares e estilo de vida das espécies. É proposto que, espécies carnívoras, por estarem em níveis tróficos maiores, apresentam-se mais contaminados que outros indivíduos devido ao processo de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar, as concentrações refletem a biodisponibilidade de cada um dos metais. A elevada toxicidade desses elementos desperta à importância de estudo de biomonitoramento, tendo em vista a utilização desses organismos como fonte alimentícia (Sanches Filho, Fonseca & Holbig, 2013).

Três amostras de ovos continham Pb (média de 1,6 mg/kg) com valores de até 29 vezes acima do limite máximo de contaminação. O nível médio de Cd foi de 0,8 mg/kg, este elemento estava presente em todas as amostras, porém na legislação brasileira não há limites estabelecidos para a contaminação por esse elemento em ovos. As concentrações de chumbo em ovos são baseadas aos níveis correspondentes a fração bioacessível desse elemento no solo e em diferentes tipos de alimentos para animais, os frangos que são criados em ambiente contaminados podem acumular os poluentes em seus ovos (Waegeneers, Steur, Temmerman, Steenwinke, Gellynck & Viaene, 2009).

Após intensa pesquisa sobre níveis máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos estabelecidos por diferentes órgãos internacionais, verificou-se que o apenas o Ministério da Saúde da China estabelece níveis máximos de cádmio em ovos como 0,05 mg/kg, sendo que para chumbo o valor estabelecido analogamente foi 0,2 mg/kg (United States Department of Agriculture, 2010).

Tomando como referência este valor máximo para contaminação de ovos por cádmio, verifica-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores acima do preconizado pelo Ministério da Saúde da China, sendo indicativo de riscos à saúde dos consumidores.

Em áreas contaminadas como a do estudo, autores sugerem a utilização de microrganismos (fungos e bactérias) e plantas para biorremediar áreas degradadas, uma vez que estes apresentam a capacidade de remoção, imobilização e transformação de poluentes (Soares, Flores, Mendonça, Barcelos & Baroni, 2011).

O conhecimento de elevados índices de chumbo e cádmio nos alimentos pesquisados é preocupante, haja vista o alto percentual de consumo dos itens pela população de Santo Amaro e os efeitos deletérios que esses elementos causam aos seres humanos.

Considerando a contaminação química como um risco à saúde humana e que a Resolução - RDC 42/2013 contempla uma pequena variedade de alimentos, sugere-se a inclusão de itens alimentares com elevada frequência de consumo, como o ovo.

#### **4. Conclusões**

Considerando a população de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras de vegetais analisadas, destaca-se a necessidade da sanitização desses produtos antes do consumo, bem como a implementação de ações sanitárias e orientação aos produtores, como estratégia de minimizar o risco sanitário.

As condições microbiológicas das amostras dos alimentos foram satisfatórias para os microrganismos avaliados, porém são necessárias pesquisas incluindo outros microrganismos indicadores e patogênicos, considerando que esses alimentos são frequentemente consumidos pela população de Santo Amaro (Bahia).

Com base na literatura já publicada acerca da contaminação química de alimentos em Santo Amaro, constatou-se a persistência da contaminação por chumbo e cádmio nos alimentos, salientando que os níveis elevados desses contaminantes químicos podem propiciar danos à saúde dos comensais.

Sugerem-se novos estudos, envolvendo a dosagem de chumbo e cádmio em moradores da localidade pesquisada e em outros alimentos de origem vegetal e animal, além da verificação do potencial de biorremediação dos vegetais analisados.

Por fim, sugere-se a atualização da RDC 42/2013, de forma a contemplar maior número de itens alimentares, visando à oferta de alimentos seguros.

### **Agradecimentos:**

Este estudo teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

### **5. Referências**

APHA, American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: 4<sup>a</sup> ed., 2001.

Araújo, E. C., Moura, L. L., Martins, A. G. L. A. & Carvalho, A. S. S. (2012). Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado no mercado municipal em Açailândia-Ma. In: VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins, 2012.

ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. The Priority List of Hazardous Substances That Will Be the Subject of Toxicological Profiles. Georgia, Atlanta, 2013. Disponível em: < <http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>>. Acesso em: 14.01.15.

Bernstein, M.; Woods, M. Cilantro, that favorite salsa ingredient, purifies drinking water, 2013. Disponível em: < <http://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2013/september/cilantro-that-favorite-salsa-ingredient-purifies-drinking-water.html>>. Acesso em 10.02.15.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília. Diário Oficial da União.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. D.O.U. nº 10 jan. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Aprova regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.

Carvalho, A. C. F. B., Cortez, A. L.L., Salotti, B. M., Bürger, K. P. & Vidal-Martins, A. M. C. (2005) Presença de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e coliformes em diferentes amostras de produtos avícolas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72, 3, 303-307.

CRA- Centro de Recurso Ambientais (2005). Relatório síntese da análise preliminar de risco à saúde humana.

Dósea, R. R., Marcellini, P. S., Santos, A. A., Ramos, A. L. D. & Lima, A. S. (2010). Qualidade microbiológica na obtenção de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. *Ciência Rural*, 40, 2, 441 - 446.

Eilliam. M. D; Epa, M. (1991). Sample preparation procedures for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues.

Figueiredo, A. M. F., Ceballos, B. S. O., Sousa, J. T. & Araújo, H. W. C. (2005). Efeito da fertirrigação de esgotos domésticos tratados na qualidade sanitária e produtividade do quiabo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9, 322-327.

Figueiredo Filho, D.B., Silva Júnior, J. A.(2009). Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r), *Revista Política Hoje*, 18, 1.

Franchi. M., Menegário, A. A., Brossi-Garcia, A. L., Chagas, G. C., Silva, M. V., Pião, A. C. S. & Govone, J. S. (2011). Bioconcentration of Cd and Pb by the River Crab *Trichodactylus fluviatilis* (Crustacea: Decapoda), *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 2, 230-238.

Franco, B. D. G.; Landgraf, M.(2008). *Microbiologia dos Alimentos*. (1ª ed.) São Paulo: Atheneu, (Capítulo 3).

Kabata Pendias, A.; Mukherjee, B. A. (2007). Trace Elements From Soil to Human. *Springer*, New York.

Lorenzon, C. S., Gatti Junior, P., Nunes, A. P., Pinto, F. R., Scholten, C., Honda, S. N. & Amaral, L. A. (2010). Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do estado de São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*, 77, 4, 617-624.

Lopes, M. V., Korn, M., Pereira, M. G., Santana, E. P., Oliveira, F. S., Korn, M. G. A. (2007). Cadmium and Lead Retention in Fresh and Rotten Red Meat, *J. Braz. Chem. Soc.*, 18, 4, 703-708.

Machado, S. L., Ribeiro, L. D., Kiperstok, A., Botelho, M. A. B. & Carvalho, M. F. (2004). Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro –BA. *Engenharia sanitária e Ambiental*, 9, 2, 140-155.

Machado, S. S., Bueno, P. R. M., Oliveira, M. B. & Moura, C. J. (2009). Contribuição à análise de perigos na produção de alface. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 11, 2, 191-198.

Magna, G. A. M., Machado, S. L., Portella, R. B. & Carvalho, M. F. (2013). Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-Bahia. *Química Nova*, 36, 7, 989-997.

Melz, E. M., Tiago, P. V. (2009). Propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo de um Parque em Tangará da Serra, MT, uma área de transição entre Amazônia e Cerrado, *Acta Amazônica*, 39, 4, 829 – 834.

Molin, F. D., Paoliello, M. M. B., Capitani, E. M. (2006). A zincoprotoporfirina como indicador biológico na exposição ao chumbo: uma revisão, *Revista Brasileira de Toxicologia* 19, 2, 71-80.

Moretti, C. L. (2003). Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 21, 2.

Oliveira, K. M., Moura, S. G., Gomes, V. L. D., Fonteneles, V. R., Santos, B. S & Luz, E. Análise microbiológica da casca e da gema de ovos de galinha caipira

produzidos e comercializados na microrregião de Picos-PI, 2013. Disponível em:  
< <http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/1695.htm>>. Acesso  
em:12.02.15

Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adejoro, A., Adewuyi, G. O., Osundiya, M. O., Onwordi, C. T., Yusuf, K. A. & Owolabi, M. S. (2010). Determination of heavy metals in crab and prawn in Ojo Rivers Lagos, Nigeria. *E-Journal of Chemistry*, 7(2), 526-530.

Oymak, T., Tokalioglu, S., Yilmaz, V., Kartal, S. & Aydın, D. (2009). Determination of lead and cadmium in food samples by the coprecipitation method. *Food Chemistry*, 113, 1314–1317.

Rincón, V. G., Ginestre, P. M., Romero, A. S., Castellano, G. M. & Ávila, R. Y. (2010). Calidad microbiológica y bacterias enteropatógenas en vegetales tipo hoja. *Kasmera*, 38(2), 97 – 105.

Rocha, G. O., Guarieiro, A. L. N., Andrade, J. B., Eça, G. F., Aragão, N. M., Aguiar, R. M., Korn, M. G. A., Brito, G. B., Moura, C. W. N & Hatje, V. (2012). Contaminação na Baía de Todos os Santos, *Revista Virtual de Química*, 4, 5, 583-610.

Rodrigues, H. J.B., Sá, L. D.A., Ruivo, M. L. P., Costa, A. C. L., Silva, R. B., Moura, Q. L., Mello, I. F. (2011). Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 6, 4, 629 – 638.

Sadao, M. (2002). Intoxicação por chumbo, *Revista de Oxidologia*.

Sanches Filho, P. J, Fonseca, V. K & Holbig, L. (2013). Avaliação de metais em pescado da região do Pontal da Barra, Laguna dos Patos, Pelotas-RS. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 8, 1, 105-111.

Santos, L. F. P., Trigueiro, I. N. S., Lemos, V. A., Furtunato, D. M. N & Cardoso, R. C. V. (2013). Assessment of cadmium and lead in commercially important seafood from São Francisco do Conde, Bahia, Brazil. *Food Control*, 33, 193–199.

Santos, Y.O., Almeida, R. C.C., Guimarães, A. G. & Almeida, P. F. (2010). Hygienic-sanitary quality of vegetables and evaluation of treatments for the elimination of indigenous *E. coli* and *E. coli* O157:H7 from the surface of leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(4), 1083-1089.

Schifer, T. S., Bogusz Junior, S., Montano, M. A. E. (2005). Aspectos toxicológicos do chumbo. *Infarma*, 17, 5/6.

Seibel, N. F. Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo. In: Souz-Soares, L. A.; Siewerdt, F. Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, 2005, p 77-90 ).

Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F. A., Taniwaki, M. H., Santos, F. R. S., Gomes, R. A. R. & Okazaki, M. M. (2007). Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. (3ª ed.). São Paulo: Livraria Varela, (Capítulo 9).

Silva, I. M. M., Baliza, M., Santos, M. P., Rebouças, L. T., Rocha, E. V. S., Santos, V.A., Silva, R. M. & Evencio-Neto, J. (2012). Presença de *Escherichia coli* em fígados de frangos provenientes de matadouros avícolas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13, 3, 694-700.

Soares, I. A., Flores, A. C., Mendonça, M. M., Barcelos, R. P. & Baroni. (2011). Fungos na biorremediação de áreas degradadas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 78, 2, 341-350.

Singh, G., Vajpayee, P., Ram, S. & Shanker, R. (2010). Environmental reservoirs for enterotoxigenic *Escherichia coli* in south Asian gangetic riverine system. *Environmental Science & Technology*, 44, 6475–6480.

Tavares, T. M. & Carvalho, F. M. (1992). Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. *Química Nova*, 15 (2).

United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (2010). National Food Safety Standard-Maximum Levels of Contaminants in Food

Vaz, A. B. S., Yatsuyamagi, S. E., Miyagusku, L., Borba, H. & Souza, P. A. (2012). Avaliação da qualidade microbiológica de ovos provenientes de criação tipo “caipira” e de granja de produção comercial. *Higiene Alimentar*, 26, 138-142.

Veiga, A., Lopes, A., Carrilho, E., Silva, L., Dias, M. B., Seabra, M. J., Borges, M., Fernandes, P. & Nunes, S. (2009). Perfil de risco dos principais alimentos consumidos em Portugal. Autoridade de Segurança Alimentar e Económica, Portugal.

Vieira, T. B., Pereira, V. L. A., Franco, R.M., Nascimento, E. R., Silva, R. C. F. & Tortelly, R. (2014). Potencial patogênico e caráter séptico de *Escherichia coli* pela identificação dos fatores de virulência *iss* e *felA* em celulite e miúdos de frangos sob Inspeção Sanitária. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 36, 2, 144-152.

Waegeneers, N., Steur, H., Temmerman, L., Steenwinkel, S.V., Gellynck, X. & Viaene, J. (2009). Transfer of soil contaminants to home-produced eggs and preventive measures to reduce contamination. *Science of the Total Environment*, 407, 4438 – 4446

Yokel, R. A., Lasley, S. M., Dorman, D. C. (2006). The speciation of metals in mammals influences their toxicokinetics and toxicodynamics and therefore human health risk assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 9, 63–85.

Zonta, G., Souza, D. C., Costa, M. R., Bonesi, G., Costa, R. C., Alegro, L. C. A. & Santana, E. H. W. (2013). Qualidade Microbiológica de Produtos Cárneos e Lácteos Comercializados em Feiras Livres de Arapongas-PR. *Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 15, 377-83.

## TABELAS

Tabela 1. Parâmetros instrumentais para as determinações por ICP OES.

Características e parâmetros	
Rádio-freqüência do gerador (MHz)	40
Detector	CCD
Diâmetro interno do tubo central da tocha (mm)	2,3
Policromador	Grade de difração <i>Echelle</i> e prisma de dispersão de CaF <sub>2</sub>
Faixa de comprimento de onda (nm)	167 – 785
Câmara de nebulização	<i>Sturman-Masters</i>
Nebulizador	Ranhura em V
Potência de medida (W)	1200
Tempo de integração do sinal (s)	2,0
Vazão do gás do plasma (L min <sup>-1</sup> )	15
Vazão do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	1,5
Vazão gás de nebulização (L/ min)	0,70
Elementos e comprimentos de onda (nm)	Cd, 226,502; Pb 220.353

Tabela 2: Contagens de *E.coli* e coliformes totais e os níveis de Pb e Cd em todas as amostras analisadas.

Amostras	Indicadores Microbiológicos log UFC/g		Indicadores Químicos mg/kg	
	<i>E.coli</i>	C. T.	Pb	Cd
Coentro				
Produtor 1	0	3,6	1,0	0,23
Produtor 2	0	4	1,0	0,21
Produtor 3	0	5,4	0,5	0,18
Produtor 4	0	4,4	0,7	0,6
Produtor 5	3,7	5	4,5	0,8
Aipim				
Produtor 1	0	0	2,9	0,7
Produtor 2	0	0	<LQ	0,4

Produtor 3	0	0	1,9	0,6
Produtor 4	0	1,5	3,9	0,6
Produtor 5	0	1,6	6,7	0,9
Quiabo				
Produtor 1	1	1,9	0,3	0,4
Produtor 2	0	0	0,9	0,5
Produtor 3	0	1,8	0,4	0,4
Produtor 4	0	2,7	0,7	0,4
Produtor 5	0	1,5	1,1	0,3
Músculo Frango				
Produtor 1	1,7	2,0	11,6	1,1
Produtor 2	0	2,4	4,8	0,7
Produtor 3	0	2,2	1,3	0,3
Produtor 4	2,4	2,7	5,4	0,6
Produtor 5	1,7	2,1	5,9	0,6
Fígado Frango				
Produtor 1	0	1,5	1,7	0,4
Produtor 2	0	2,2	0,8	0,4
Produtor 3	2,1	3,5	<LQ	0,4
Produtor 4	0	2,0	5,9	0,8
Produtor 5	2,2	3,1	<LQ	0,4
Peixe				
Produtor 1	0	1,6	2,2	0,6
Produtor 2	0	1,3	<LQ	0,9
Produtor 3	0	1,0	1,6	0,5
Produtor 4	0	1,0	<LQ	0,8

Produtor 5	0	1,6	<LQ	0,5
Ovo				
Produtor 1	0	0	3,0	1,0
Produtor 2	0	0	0,2	1,1
Produtor 3	0	0	<LQ	0,5
Produtor 4	0	0	<LQ	1,0
Produtor 5	0	0	1,5	0,6

C.T.= coliformes totais, LQ= limite de quantificação

Tabela 3. População de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de alimentos de Santo Amaro, Bahia, Brasil, 2015.

Amostras	n	Média ± desvio padrão (log UFC/g)			
		<i>E. coli</i>	n+	C. Totais	n+
Vegetal					
Coentro	5	0,74±1,65	1	4,5±0,73	5
Aipim	5	0±0	0	0,62±0,85	2
Quiabo	5	0,2±0,45	1	1,6±0,99	4
Animal					
Músculo de frango	5	1,16±1,1	3	2,28±0,28	5
Fígado de frango	5	0,86±1,2	2	2,46±0,8	5
Peixe	5	0±0	0	1,3±0,3	5
Ovo	5	0±0	0	0±0	0

n= número de amostra para cada item, n+= amostras positivas para o grupo de bactéria, C. Totais= coliformes totais.

Tabela 4. Concentrações de chumbo e cádmio nas amostras de origem animal e vegetal. Santo Amaro, Bahia, Brasil, 2015.

Amostras	Média das concentrações de metais ± desvio padrão	Valores min. e max.

Origem Vegetal	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Coentro	1,54±1,64	0,40±0,26	0,46 – 4,45	0,18 – 0,75
Aipim	3,08±2,48	0,62±0,19	<LQ - 6,7	0,40 – 0,92
Quiabo	0,69±0,34	0,39±0,08	0,32 – 1,14	0,25 – 0,48
Origem Animal				
Músculo frango	5,7±3,7	0,67±0,28	1,25 – 11,58	0,33 – 1,1
Fígado do frango	2,8±2,7	0,49±0,15	<LQ - 5,91	0,38 – 0,75
Peixe	1,9±0,42	0,67±0,17	<LQ - 2,18	0,49 – 0,86
Ovo	1,6±1,4	0,8±0,26	<LQ- 3,03	0,45 – 1,06

LQ= Limite de quantificação

Tabela 4: Limites das concentrações de Pb e Cd nos alimentos analisados de acordo com a RDC 42/2013.

Amostras	Limites das concentrações mg/kg	
	Pb	Cd
Coentro	0,30	0,20
Aipim	0,10	0,10
Quiabo	0,10	0,05
Músculo frango	0,10	0,05
Fígado do frango	0,50	0,50
Peixe	0,30	0,30
Ovo	0,10	*

\* Não há limites estabelecidos para Cd nesse item alimentar.

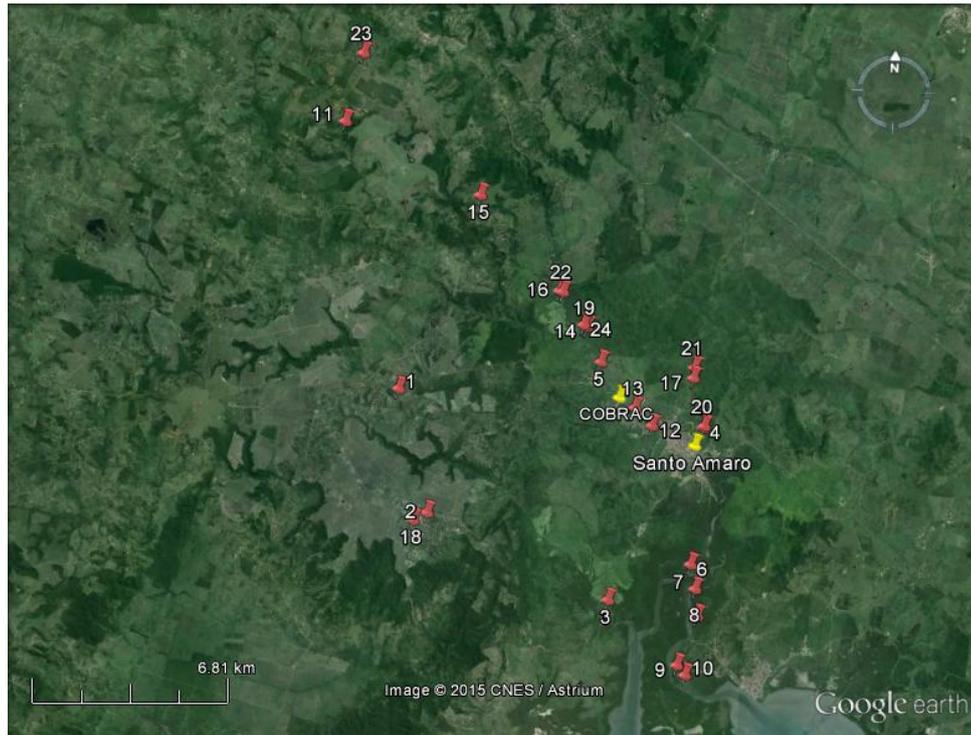


Figura 1. Imagem por satélite dos pontos de coleta e a localização da Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC).

---

## **CAPÍTULO 3**

**População microbiana e níveis de chumbo e cádmio em alimentos, solo e água relacionados a alterações climáticas**

---

Artigo a ser submetido à Revista International journal of hygiene and environmental health

## **População microbiana e níveis de chumbo e cádmio em alimentos, solo e água relacionados a alterações climáticas**

Kelly Menezes Macedo<sup>a</sup>, Isabella de Matos Mendes da Silva<sup>b</sup>, Fábio Santos de Oliveira<sup>b</sup>, Fernanda Freitas<sup>b</sup>, Maykson Costa de Jesus<sup>a</sup>, Jerusa da Mota Santana<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências da Saúde, Santo Antônio de Jesus, Bahia, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil

### **Resumo**

Considerando a carência de estudos envolvendo a microbiota de alimentos, solo e água e a contaminação por chumbo e cádmio, objetivou-se determinar a população microbiana dos alimentos com elevada frequência de consumo pela população de Santo Amaro (Bahia), bem como do solo e água utilizados para o cultivo e níveis de contaminação por chumbo e cádmio frente às alterações climáticas. O estudo foi desenvolvido duas campanhas de coleta, a primeira aconteceu nos meses de julho a agosto de 2014, que compreende a estação chuvosa, e a segunda nos meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015, estação seca. Foram realizadas contagens das populações de bactérias totais e esporuláveis e fungos e a quantificação dos níveis de chumbo e cádmio em amostras coletadas nos períodos chuvoso e seco. As bactérias totais representaram o grupo com maior carga microbiana nas amostras analisadas, seguido pelos fungos e bactérias esporuláveis. O chumbo apresentou níveis médios maiores do que o cádmio em ambos os períodos. O período chuvoso foi o mais propício ao crescimento dos microrganismos e neste período observou-se os

índices mais elevados dos metais. Concluimos que a correlação positiva entre as populações de bactérias totais e fungos e os níveis dos metais foi moderada, contudo as bactérias esporuláveis apresentaram forte correlação, podendo ser utilizadas como fortes indicadoras promissoras da qualidade dos solos, água e alimentos.

**Palavras-chave:** flutuação microbiana, sazonalidade, contaminação química

Compostos químicos estudados neste artigo

Chumbo (PubChem CID: 5352425); Cádmio (PubChem CID: 23973)

## **Introdução**

A Companhia Brasileira de Chumbo - COBRAC, subsidiária da multinacional Penarroya, provocou uma intensa contaminação ambiental por metais pesados na cidade de Santo Amaro-Bahia. Durante o período de funcionamento, 1956 a 1993, a mineradora descartou mais de 400 toneladas de cádmio e valores ainda maiores de chumbo no ambiente. A dispersão desses contaminantes se intensificou, quando, inadvertidamente, a população utilizou as escórias para pavimentar ruas e quintais, além de aproveitarem os filtros das chaminés como tapetes em suas casas (Machado et al., 2004, Tavares; Carvalho, 1992).

O chumbo e o cádmio ocupam lugar de destaque no *ranking* dos elementos potencialmente mais tóxicos, 2<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> colocação, respectivamente (ATSDR, 2013). Estudos realizados em Santo Amaro mostraram altos níveis de contaminação por

esses metais no solo (Universidade Federal da Bahia, 2010), rio Subaé (Rocha et al., 2012) e em vegetais (Magna et al., 2013).

Os microrganismos são sensíveis a essas alterações e respondem de maneira diferenciada à contaminação (Soares et al., 2011). Esta, reduz a diversidade da comunidade bacteriana (Gans et al., 2005) e influencia de forma negativa os processos ecológicos mediados pela microbiota (Siqueira et al., 1994). No solo, a população de fungos é mais tolerante ao excesso de metais e seus efeitos adversos (Dias-Júnior et al., 1998).

Desde 1975 foram publicados em torno de cento e dez pesquisas sobre o passivo ambiental em Santo Amaro, que evidenciaram dados epidemiológicos advindos da contaminação, bem como a contaminação do solo, água, animais e vegetais nessa localidade. (Andrade e Moraes, 2013). Entretanto, apenas dois estudos avaliaram a microbiota (Niemeyer et al., 2012; Souza, 2013).

Desta forma, considerando a carência de estudos envolvendo a microbiota de alimentos, solo e água e a contaminação por chumbo e cádmio, objetivou-se determinar a população microbiana dos alimentos com elevada frequência de consumo pela população de Santo Amaro (Bahia), bem como do solo e água utilizados para o cultivo e níveis de contaminação por chumbo e cádmio frente às alterações climáticas.

## **Material e Métodos**

Para selecionar alimentos de origem vegetal e animal a serem coletados no presente estudo, foi necessário conhecer o consumo alimentar habitual da população de Santo Amaro (Bahia, Brasil), de modo a obter a informação acerca

dos alimentos mais consumidos pela população, por grupo alimentar. Foram aplicados Questionários de Frequência Alimentar (QFA) adaptado a população em estudo a 172 moradores da cidade, com idade entre 18 e 60 anos, de ambos os sexos.

Para a escolha dos produtos que integraram a lista de alimentos do QFA foram utilizados dados da Produção Agrícola Municipal na cidade de Santo Amaro pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), censo 2006, e nas Pesquisas de Orçamentos Familiares (POF) 2008/09, sendo selecionados apenas os alimentos produzidos no município, totalizando 53 itens. Os questionários foram aplicados em 12 Unidades de Saúde da Família (USF). Os dados obtidos foram tabulados e analisados utilizando o programa estatístico SPSS versão 20.

#### *Área de estudo*

O município de Santo Amaro, localizado no Recôncavo da Bahia a 81,3 km de Salvador, possui área de 492,916 km<sup>2</sup> e apresenta uma população de 57.800 habitantes (IBGE, 2010). A cidade é cenário de um passivo ambiental resultante da extração metalúrgica de chumbo pela Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC). A empresa, em 32 anos de funcionamento, descartou de forma negligenciável suas escórias, potencializando a dispersão de metais pesados por toda cidade (Machado *et al.*, 2004).

#### Aspectos éticos

O estudo foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (CAAE: 04022312.0.0000.0056 - Parecer 219.566), conforme determina a Resolução 466/2012 (Brasil, 2012). Os

participantes foram informados dos objetivos do estudo e aqueles que concordaram foram convidados a assinarem o Termo Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ficando livres em optar por não participar da pesquisa quando acreditassem ter sua integridade física e moral atingidas.

### *Seleção das amostras*

A partir dos resultados do QFA e do levantamento dos produtores locais, foram utilizados como critérios de inclusão alimentos que apresentaram maior frequência de consumo alimentar, além de serem produzidos por pelo menos cinco produtores distintos. Foram selecionados seis alimentos, destes três de origem animal, frango, peixe e ovo, com percentuais de consumo de 78,1 %, 37,9 %, 31,6 %, respectivamente, e três de origem vegetal, coentro, quiabo e aipim, que apresentaram percentual de consumo de 93,3 %, 43,0 % e 30,8 %, respectivamente.

Foram realizadas duas campanhas de coleta, a primeira aconteceu nos meses de julho a agosto de 2014, que compreende a estação chuvosa, e a segunda nos meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015, estação seca. Foram coletadas cinco amostras de cada produto em cinco distintos pontos de produção.

A coleta dos vegetais foi realizada manualmente, de forma asséptica, em cinco pontos de produção para cada produto hortícola. Foram coletadas amostras da água utilizada no cultivo e do solo superficial (10-20 cm) nos pontos onde se desenvolviam as espécies vegetais avaliadas, cada amostra de solo era

composta por cinco subamostras. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de primeiro uso e mantidos sob refrigeração em caixa térmica.

As amostras de ovo e frango foram obtidas nos locais de criação, sendo os animais encaminhados ao matadouro, onde foram abatidos. Para a coleta das amostras de peixe foi utilizada a pesca com o auxílio de redes, com auxílio de pescadores da região, em cinco pontos do rio Subaé.

Todas as amostras foram transportadas refrigeradas aos laboratórios onde aconteceram as análises. As análises microbiológicas aconteceram em até 24 horas após a coleta, no Laboratório de Microbiologia do Núcleo de Segurança Alimentar e Nutricional. Para as análises químicas as amostras de alimentos e solos foram mantidas congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , as amostras de água foram filtradas com papel filtro e acidificadas com 0,2 % de ácido nítrico esta análise aconteceu no Laboratório de Análises Química do Núcleo de Segurança Alimentar e Nutricional. Os laboratórios utilizados localizam-se no Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, *campus* de Santo Antônio de Jesus – Bahia.

#### *Análise Microbiológica*

O tratamento das amostras para as análises foi de acordo com Silva et al. (2007). Para as análises dos animais foram utilizados o músculo e o fígado para amostra de frango, e o músculo para amostra de peixe.

As análises dos alimentos e água foram realizadas utilizando o método rápido de contagem por placas Petrifilm™ (3M Company) para quantificação de bactérias totais (BT), bactérias esporuláveis (BE) (AOAC 990.12), e fungos (FG) (AOAC 997.02), de acordo com as instruções do fabricante.

Das amostras de solo, retirou-se 10 g de cada amostra, adicionou-se 90 ml de solução salina a 0,9% de NaCl, estas foram homogeneizadas em *stomacher* por 30 minutos para depois realizar-se as diluições seriadas. Foram utilizados os meios TSA, para BT e BE, e o meio Martin com cloranfenicol, para os fungos, conforme Barros et al. (2008) e Santos et al. (2007), com modificações.

A contagem das colônias foi realizada com o auxílio de contador de colônias modelo CP600 Plus (Phoenix ®), calculando-se o número de log/g de amostra (APHA, 2001; Silva et al., 2007).

### *Análise Química*

Todos os materiais utilizados nos procedimentos foram descontaminados em ácido nítrico a 10% por 12 horas. As amostras, mantidas a -20°C foram liofilizadas (liofilizador Terroni®) por 12 para a retirada da umidade. Após esse período, essas foram trituradas em almofariz e pistilo e peneiradas em malha de nylon com orifícios de 300, 200 e 100 µm, com objetivo de obter grânulos menores para facilitar a homogeneização da amostra e o processo da digestão.

Para as amostras de alimentos utilizou-se 100 mg de amostra (em triplicata para cada amostra) transferidos para tubos digestores, procedendo-se a etapa de pré-digestão pela adição de 5,0 mL de ácido nítrico 65 % e aquecendo a 50° C por 12 horas em bloco digestor, utilizando-se condensadores do tipo “dedo frio”, para minimizar as perdas de ácido nítrico por evaporação e a analitos mais voláteis. Após esse período, aumentou-se a temperatura para 140° C mantendo-a por 4 horas, seguido do resfriamento até temperatura ambiente, adição de 2,0 ml de peróxido de hidrogênio 30% P.A aquecendo a 140° C por 3 horas. O material resultante foi filtrado e avolumado a 25,0 ml com água ultrapura.

A metodologia de referência 200.3 da Environmental Protection Agency foi adotada neste trabalho (EPA, 1991), sendo incorporadas adequações validadas por diferentes autores (Carvalho et al., 2003; Franchi et al., 2011; Olowu et al., 2010) e testadas experimentalmente a partir das amostras e condições experimentais disponíveis no presente trabalho. A partir do procedimento de tratamento de amostras por digestão, soluções límpidas e isentas de partículas foram obtidas para a maioria dos tipos de amostras de alimentos, sendo que apenas para amostras de coentro uma pequena porção de material não solubilizado foi observado enquanto corpo de fundo ao final do processo e removido por filtração.

Para as amostras de solo e água utilizou-se metodologias de referência EPA 3050B (1996) e American Public Health Association (APHA, 1999), respectivamente.

Para a determinação dos analitos foi utilizado o espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES) VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) simultâneo com arranjo axial e equipado com detector de estado sólido com arranjo CCD (dispositivo de carga acoplada) e opera em comprimentos de onda na faixa de 167 a 785 nm. Possui interface *end-on gas*, que com o fluxo frontal contracorrente de gás protege a região pré-óptica de superaquecimento e remove a zona mais fria do plasma. O sistema óptico do ICP OES foi calibrado com solução de referência multielementar e o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg L<sup>-1</sup>. As linhas espectrais foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analitos e sensibilidade adequada para a determinação de elementos em baixas e

altas concentrações. A Tabela a seguir (Tabela 1) ilustra as características e as condições experimentais do ICP OES.

**Tabela 1.** Parâmetros instrumentais para as determinações por ICP OES.

<b>Características e parâmetros</b>	
Rádio-freqüência do gerador (MHz)	40
Detector	CCD
Diâmetro interno do tubo central da tocha (mm)	2,3
Policromador	Grade de difração <i>Echelle</i> e prisma de dispersão de CaF <sub>2</sub>
Faixa de comprimento de onda (nm)	167 – 785
Câmara de nebulização	<i>Sturman-Masters</i>
Nebulizador	Ranhura em V
Potência de medida (W)	1200
Tempo de integração do sinal (s)	2,0
Vazão do gás do plasma (L min <sup>-1</sup> )	15
Vazão do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	1,5
Vazão gás de nebulização (L/ min)	0,70
Elementos e comprimentos de onda (nm)	Cd, 226,50; Pb 220.353

Foi realizada a conversão dos dados fornecido pelo ICP-OES de mg/L para mg/kg de peso úmido, por meio do Programa Excel 2007, objetivando a comparação dos resultados obtidos com os valores limites preconizados pela legislação e estudos anteriores.

#### *Análise Estatística*

Realizou-se análise descritiva das variáveis (BT, BE e FG, Pb e Cd) para obter a média e desvio padrão. Utilizou-se o teste estatístico ANOVA (análise de variância) e o teste de Tuckey para comparações múltiplas. Considerou-se os resultados estatisticamente significantes quando  $P < 0,05$ . Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a significância da relação entre os dados

sobre a população microbiana (BT, BE e FG) e os teores de Pb e Cd (Figueiredo Filho e Silva Júnior, 2009).

## **Resultados**

Sobre as análises microbiológicas, no período chuvoso e seco, as bactérias totais (BT) representaram o grupo com maior carga microbiana nas amostras analisadas, seguido pelos fungos (FG) e bactérias esporuláveis (BE) (Tabela 2).

No período chuvoso, os alimentos apresentaram contagem de BT variando entre  $< 1$  a 7,1 log UFC/g, respectivamente, os fungos e bactérias esporuláveis apresentaram contagem entre  $<1$  a 4,9 log UFC/g e  $<1$  a 4,4 log UFC/g, respectivamente. No solo, BT apresentou contagem entre 6 a 8,3 log UFC/g, a contagem de FG e BE foi de 3 a 6,3 log UFC/g e 4 a 7,02 log UFC/g, respectivamente. Nas amostras de água, as contagens de BT, FG e BE variaram de 3,2 a 3,8 log UFC/g, 1,7 a 2,6 log UFC/g e 2,04 a 2,6 log UFC/g, respectivamente.

Quando comparado com o período chuvoso, o período seco apresentou menor média de contagem de todos os grupos analisados, BT, BE e FG (Tabela 2). Nos alimentos as contagens de BT, BE e FG variaram entre  $<1$  a 6,7 log UFC/g,  $<1$  a 5,01 log UFC/g e  $<1$  a 4,9 log UFC/g, respectivamente. No solo, BT apresentou contagem entre  $<2$  a 8,3 log UFC/g, BE  $<2$  a 6,9 log UFC/g e FG 3,9 a 6,2 log UFC/g. A população desses grupos nas amostras de água variaram entre 2,5 a 4,2 log UFC/g para BT, 1 a 2,08 log UFC/g para BE e 1,2 a 2,7 log UFC/g para FG.

Tabela 2: Média e desvio padrão das variáveis analisadas no período chuvoso e seco. Santo Amaro, Bahia, Brasil, 2015.

Variáveis	Período chuvoso	Período seco
	Média ± DP	Média ± DP
BT	4,15± 2,236	3,64± 2,429
BE	2,91 ± 2,329	2,689 ± 2,236
Fungos	3,10 ± 1,82	2,92 ± 2,01
Pb	19,66 ± 33,2	13,01 ± 28,9
Cd	0,92 ± 0,9	0,69 ± 1,53

DP= desvio padrão

O teste de Tuckey mostrou que as diferenças entre os resultados de crescimento de BT, BE e FG, ao comparar os períodos chuvoso e seco foram significativos, com maiores valores no período chuvoso. As bactérias totais, no período chuvoso, apresentaram maior crescimento nas amostras de ovo, coentro, solo da plantação do aipim e quiabo e no período seco as maiores populações ocorreram nas amostras de solo.

As bactérias esporuláveis, nos dois períodos, apresentaram maior crescimento nas amostras de solo. Nas amostras de alimento sua ocorrência foi maior no coentro, em ambos os períodos, e no aipim, apenas no período chuvoso. O período seco parece ser mais propício para o crescimento de fungos nas amostras de alimento, sendo que essa diferença não é observada nas amostras de solo. As frequências das concentrações de BT, BE, FG, Pb e Cd segundo tipo de amostra podem ser observadas na Tabela 3.

Em relação à contaminação química, o chumbo apresentou níveis médios maiores do que o cádmio em ambos os períodos, os índices mais elevados de

contaminação foram observados no solo (Tabela 2). Em geral, o período chuvoso apresentou concentração mais elevada desses metais do que o período seco.

No período chuvoso a contaminação por Pb e Cd nos alimentos variou entre <limite de quantificação (LQ) a 11,58 mg/kg e 0,18 a 1,11 mg/kg de peso úmido, respectivamente. Na água a concentração variou entre <LQ a 0,07 mg/L para Pb e 0,0053 mg/L a 0,0065 mg/L para Cd, e no solo variou entre 12,72 mg/kg a 119,853 mg/kg para o Pb e 0,23 mg/kg a 3,493 mg/kg para o Cd de peso úmido.

No período seco, a grande maioria dos alimentos apresentou contaminação por chumbo abaixo dos limites de quantificação, apenas em uma amostra de aipim foi detectado o nível de 1,19 mg/kg. A concentração de cádmio estava abaixo dos limites de quantificação nas amostras de aipim, ovo e peixe, nos demais alimentos esse contaminante não estava presente em todas as amostras, o nível de contaminação variou entre 0,15 mg/kg a 9,07 mg/kg. A contaminação por Pb e Cd nas amostras de água variou entre 0,023 mg/L a 0,23 mg/L e 0,0037 a 0,026 mg/L, respectivamente e nas amostras de solo o Pb variou entre 16,21 mg/kg a 130,98 mg/kg e o Cd entre 0,23 mg/kg a 3,79 mg/kg de peso úmido, respectivamente.

A contaminação por metais no solo, aipim, coentro e quiabo foi maior nos pontos mais próximos da fábrica e foi reduzindo à medida que se afastava da mineradora. Três amostras de solo apresentaram contaminação por cádmio acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, ao que se refere ao chumbo, limites máximos não foram observados (Brasil, 2013).

Tabela 3. Médias  $\pm$  desvio padrão das populações de BT, BE e FG e das concentrações Pb e Cd segundo tipo de amostra (média).

Amostra	BT		BE		FG		Pb		Cd	
	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS
Músculo frango	2,44	1,53	1,40	0,80	1,06	0,20	5,78	<LQ	0,669	0,064
	$\pm$ 1,40	$\pm$ 1,12	$\pm$ 0,547	$\pm$ 1,095	$\pm$ 1,23	$\pm$ 0,447	$\pm$ 3,71		$\pm$ 0,284	$\pm$ 0,14
Fígado frango	2,36	1,92	1,00	0,80	2,72	1,34	2,80	<LQ	0,48	1,81
	$\pm$ 0,93	$\pm$ 1,31	$\pm$ 0,000	$\pm$ 0,447	$\pm$ 0,60	$\pm$ 1,85	$\pm$ 2,73		$\pm$ 0,15	$\pm$ 4,05
Peixe	3,32	3,26	1,40	1,58	1,94	2,3	1,88	<LQ	0,67	<LQ
	$\pm$ 0,46	$\pm$ 0,81	$\pm$ 0,547	$\pm$ 0,53	$\pm$ 0,64	$\pm$ 0,76	$\pm$ 0,42		$\pm$ 0,16	
Ovo	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,60	1,58	<LQ	0,81	<LQ
	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,447	$\pm$ 0,447	$\pm$ 0,00	$\pm$ 0,547	$\pm$ 1,4		$\pm$ 0,25	
Coentro	6,59	4,33	3,20	4,33	3,80	4,00	1,54	<LQ	0,39	0,16
	$\pm$ 0,75	$\pm$ 1,52	$\pm$ 0,83	$\pm$ 0,57	$\pm$ 0,44	$\pm$ 0,00	$\pm$ 1,64		$\pm$ 0,25	$\pm$ 0,17
Aipim	3,46	4,21	3,39	2,97	2,5	2,5	1,57	0,23	0,53	<LQ
	$\pm$ 0,67	$\pm$ 0,39	$\pm$ 0,55	$\pm$ 0,15	$\pm$ 0,68	$\pm$ 0,33	$\pm$ 1,68	$\pm$ 0,53	$\pm$ 0,12	
Quiabo	3,88	3,76	0,30	2,1	4,06	4,08	0,69	<LQ	0,38	0,5
	$\pm$ 0,16	$\pm$ 1,27	$\pm$ 0,67	$\pm$ 0,69	$\pm$ 0,54	$\pm$ 0,58	$\pm$ 0,34		$\pm$ 0,08	$\pm$ 0,11
SPC	6,82	7,06	6,82	6,23	5,34	5,46	59,33	60,19	2,07	1,77
	$\pm$ 0,29	$\pm$ 0,23	$\pm$ 0,137	$\pm$ 0,76	$\pm$ 0,61	$\pm$ 0,15	$\pm$ 38,8	$\pm$ 61,7	$\pm$ 0,26	$\pm$ 0,58
SPA	6,26	7,16	5,44	6,42	5,08	5,08	54,76	49,7	1,65	1,5
	$\pm$ 0,25	$\pm$ 0,37	$\pm$ 1,02	$\pm$ 0,62	$\pm$ 1,27	$\pm$ 0,26	$\pm$ 38,6	$\pm$ 34,4	$\pm$ 1,25	$\pm$ 1,02
SPQ	7,08	5,60	6,28	4,28	5,32	4,82	61,67	51,7	2,68	2,42
	$\pm$ 0,736	$\pm$ 2,70	$\pm$ 0,39	$\pm$ 2,57	$\pm$ 0,13	$\pm$ 0,846	$\pm$ 40,1	$\pm$ 30,3	$\pm$ 0,93	$\pm$ 1,07
AC	3,62	3,7	2,4	1,92	2,25	1,86	0,03	0,03	0,0058	0,01
	$\pm$ 0,15	$\pm$ 0,435	$\pm$ 0,14	$\pm$ 0,14	$\pm$ 0,38	$\pm$ 0,57	$\pm$ 0,39	$\pm$ 0,008	$\pm$ 0,0004	$\pm$ 0,12
AQ	3,5	3,35	2,17	1,55	2,3	2,45	0,20	0,13	0,006	0,14
	$\pm$ 0,42	$\pm$ 1,2	$\pm$ 0,18	$\pm$ 0,77	$\pm$ 0,14	$\pm$ 0,35	$\pm$ 0,007	$\pm$ 0,13	$\pm$ 0,0002	$\pm$ 0,15

SPC= solo plantação do coentro, SPA= solo plantação do aipim, SPQ= solo plantação do quiabo, AC= água do cultivo do coentro, AQ= água do cultivo do quiabo, LQ Pb= 0,014 mg/L, LQ Cd= 0,015 mg/L

Houve correlação positiva moderada entre as populações de BT e fungos e os níveis dos metais tóxicos para ambas as estações. As bactérias esporuláveis apresentaram forte correlação positiva com o chumbo no período chuvoso e seco e com cádmio no período chuvoso. Na estação seca o cádmio expressou correlação fraca com significância limítrofe ( $p=0,059$ ) com a microbiota.

Tabela 4: Coeficientes de correlação entre os níveis de chumbo e cádmio e a população microbiana.

Metais	BT		BE		FG	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
Chumbo	0,59	0,57	0,66	0,62	0,53	0,56
Cádmio	0,50	0,26	0,65	0,22	0,52	0,19

## Discussão

Sobre a flutuação da população microbiana, o período chuvoso foi mais propício ao desenvolvimento de todos os grupos microbianos. O maior crescimento de bactérias no período chuvoso em amostras de solo observadas no presente estudo é corroborado pelo trabalho de Rodrigues et al. (2011), os autores consideram que a pluviosidade desempenha importante influência sobre o desenvolvimento bacteriano, provavelmente por gerar um micro-ambiente favorável a esse grupo microbiano.

A maior prevalência de fungos em amostras de solo no período chuvoso também foi obtida no trabalho de Melz e Tiago (2009). Os autores atribuem essa prevalência aos teores de umidade no solo.

Foi verificado escassez de trabalhos sobre a flutuação da população microbiana em amostras de água. Gonçalves et al.(2009) verificaram maior abundância de bactéria totais em amostras de água no período chuvoso. Não foi encontrado na literatura trabalhos sobre a flutuação microbiana em amostras de alimentos.

Os níveis de chumbo e cádmio foram maiores no período chuvoso. Esse resultado diverge dos resultados obtidos por Barros et al. (2008), em estudo semelhante, analisando apenas amostras de solo, verificaram que os maiores valores de metais nos meses de verão e nos meses mais frios os resultados eram inferiores. Contudo não há informação se os períodos de verão foram mais secos e o de inverno mais chuvosos, dificultando comparações.

No presente estudo a população de BT e FG foi moderadamente influenciada pela concentração dos metais, não sendo um atributo favorável a determinação da qualidade dos alimentos, solo e água analisados, apesar da significância dos dados. A dificuldade encontrada em relacionar os níveis de contaminantes químicos e a população microbiana é compatível com os resultados de Dias-Júnior et al. (1998), para os autores as relações entre os grupos de microrganismos e as concentrações de metais no solo são de difícil caracterização, uma vez que fatores abióticos e bióticos causam grande variabilidade entre os microssítios do solo e influenciam essas relações.

No trabalho realizado por Gans et. al. (2005) foi verificado que em áreas contaminadas a diversidade é afetada e os impactos mais expressivos são sobre as espécies raras. Os resultados propõem que a poluição reduz em mais de 99,9 % da diversidade bacteriana, entretanto a biomassa permanece inalterada.

As populações de BE expressaram forte relação positiva com o chumbo e cádmio, indicando que os metais interferem na quantidade desse grupo, sobretudo no período chuvoso. Por isso, o grupo das bactérias esporuláveis é um promissor indicador da qualidade.

Trabalhos sobre as a flutuação e as relações entre metais pesados e microbiota são realizados predominantemente no solo, em alimentos e água são escassos. Com isso, esses achados podem contribuir para o conhecimento dessa questão.

### **Conclusões**

O período chuvoso foi mais propício ao crescimento dos microrganismos, sendo constatados os índices mais elevados de chumbo e cádmio.

A flutuação da população microbiana foi diretamente proporcional aos níveis de contaminantes químicos das amostras.

As bactérias esporuláveis podem ser utilizadas como indicadoras da qualidade em amostras de solo, água e alimentos.

Destaca-se a necessidade de novos estudos que avaliem a flutuação considerando outros parâmetros não contemplados nesse estudo.

### **Agradecimentos:**

Este estudo teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

Andrade. M. F.; Moraes, L. R.S., 2013. Contaminação por chumbo em Santo Amaro desafia décadas de pesquisas e a morosidade do poder público. *Ambiente & Sociedade*, 16, 2, 63-80.

APHA, 1999. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 21th ed. Washington.

APHA, American Public Health Association, 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: quarta ed.

ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2013. The Priority List of Hazardous Substances That Will Be the Subject of Toxicological Profiles. Georgia, Atlanta. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>>. Acesso em: 14.01.15.

Barros, Y. J., Melo, V. F., Dionisio, J. A., Oliveira, E. B.; Caron, L, Kummer, L., Azevedo, J. C. R, Souza, L. C. P., 2010. Indicadores de qualidade de solos em área de mineração e metalurgia de chumbo. I – microrganismos. *R. Bras. Ci. Solo*, 34, 1397-1411.

Brasil, Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprovar as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2009. Resolução nº 420, DE 28 de dezembro de 2009.

Brasil. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília. Diário Oficial da União.

Carvalho, F. M., Silvany Neto, A. M., Tavares, T.M.; Costa, A. C., 2003. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. *Rev Panamericana de Salud Publica*, 13, 1, 19–24.

Dias-Júnior, H. E.; Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Silva, R., 1998. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22.

Dias-Júnior, H. E.; Moreira, F. M.S.; Siqueira, J. O.; Silva, R., 1998. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22.

Epa, M., 1991. Sample preparation procedures for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues.

EPA, U.S., 1996. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Method 3050B, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Franchi. M., Menegário, A. A., Brossi-Garcia, A. L., Chagas, G. C., Silva, M. V., Pião, A. C. S.; Govone, J. S., 2011. Bioconcentration of Cd and Pb by the River Crab *Trichodactylus fluviatilis* (Crustacea: Decapoda), *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 2, 230-238.

Gans, J.; Wolinsky, M.; Dunbar, J., 2005. Computational improvements reveal

great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. *Science*, 309.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=292860>>. Acesso em: 10.01.15.

Islam, E. Xiao-e, Y.; Zhen-li, H.; Qaisar, M., 2007. Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. *Journal of Zhejiang University Science B*, 8, 1, 1-13.

Machado, S. L.; Ribeiro, L. D.; Kiperstok, A.; Botelho, M. A. B.; Carvalho, M. F., 2004. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em santo amaro-Ba. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9, 2.

Magna, G. A. M., Machado, S. L., Portella, R. B. & Carvalho, M. F., 2013. Chumbo e cádmio detectados em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro-Bahia, *Química Nova*, 36, 7, 989-997.

Melz, E. M., Tiago, P. V. (2009). Propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo de um Parque em Tangará da Serra, MT, uma área de transição entre Amazônia e Cerrado, *Acta Amazônica*, 39, 4, 829 – 834.

Niemeyer, J.C.; Lolatac, G. B.; Carvalho, G. M.; Silva, E. M.; Sousa, J. P.; Nogueira, M. A., 2012. Microbial indicators of soil health as tools for ecological risk assessment of a metal contaminated site in Brazil. *Applied Soil Ecology*, 59, 96-105.

Olowu, R. A., Ayejuyo, O. O., Adejoroi, A., Adewuyi, G. O., Osundiya, M. O., Onwordi, C. T., Yusuf, K. A. & Owolabi, M. S., 2010. Determination of heavy metals in crab and prawn in Ojo Rivers Lagos, Nigeria. *E-Journal of Chemistry*, 7, 2, 526-530.

Rocha, G. O., Guarieiro, A. L. N., Andrade, J. B., Eça, G. F., Aragão, N. M., Aguiar, R. M., Korn, M. G. A., Brito, G. B., Moura, C. W. N & Hatje, V., 2012.

Contaminação na Baía de Todos os Santos, *Revista Virtual de Química*, 4, 5, 583-610.

Rodrigues, H. J.B., Sá, L. D.A., Ruivo, M. L. P., Costa, A. C. L., Silva, R. B., Moura, Q. L, Mello, I. F. (2011). Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 6, 4, 629 – 638.

Santos, L. C., Antonioli, Z. I., Leal, L. T., Lupatini, M., 2007. A População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Minas do Camaquã, RS, Brasil. *Ciência e Natura*, 29, 2, 105 - 114.

Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F. A., Taniwaki, M. H., Santos, F. R. S., Gomes, R. A. R. & Okazaki, M. M., 2007. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. Terceira ed. São Paulo: Livraria Varela.

Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; Grisi, B. M.; Hungria, M.; Araújo, R. S., 1994. *Microrganismos e processos biológicos do solo*. Brasília: EMBRAPA-SPI.

Soares, I.A.; Flores, A. C.; Mendonça, M. M.; Barcelos, R. P.; Baroni, S., 2011. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. *Arq. Inst. Biol.*, 78, 2, 341-350.

Tavares, T. M.; Carvalho, F. M., 1992. Avaliação de exposição de populações humanas a metais no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. *Revista Química Nova*, 15, 2.

Universidade Federal da Bahia, 2010. Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho. Departamento de Medicina Preventiva e Social. Contaminação do solo por elementos químicos em Santo Amaro da Purificação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade microbiológica foi satisfatória para os microrganismos pesquisados, entretanto a pesquisa de outros microrganismos indicadores e patógenos são necessárias

A contaminação química dos alimentos potencialmente consumidos pela população de Santo Amaro é preocupante, os elevados níveis de chumbo e cádmio encontrados são uma alerta à Vigilância Sanitária para a tomada de medidas no que diz respeito à fiscalização e informação aos produtores e consumidores.

A contaminação química observada em Santo Amaro apresenta correlação com a população microbiana dos solos, água e alimentos, sobretudo as bactérias esporuláveis. Contudo, a contagem das populações de bactérias totais e fungos não foram boas indicadoras da qualidade dos solos.

Observou-se flutuação da população microbiana nos períodos chuvoso e seco, sendo o chuvoso o mais propício ao crescimento dos microrganismos e onde contatou os índices mais elevados de chumbo e cádmio.

Destaca-se a necessidade de novos estudos que avaliem a flutuação da população microbiana considerando outros parâmetros não contemplados nesse estudo.

# APÊNDICE