

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
CAMPUS ITUMBIARA**

CAMILA RAQUEL SOUSA SILVA

**METAIS PESADOS EM ALFACE: ASPECTOS GERAIS E LEVANTAMENTO DAS
POSSÍVEIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO EM ALFACE COMERCIALIZADA
EM FEIRA LIVRE NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA - GO**

Itumbiara
2016

CAMILA RAQUEL SOUSA SILVA

**METAIS PESADOS EM ALFACE: ASPECTOS GERAIS E LEVANTAMENTO DAS
POSSÍVEIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO EM ALFACE COMERCIALIZADA
EM FEIRA LIVRE NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA - GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás – *Campus* Itumbiara
como requisito parcial para a conclusão do
Curso de Graduação em Licenciatura em
Química.

Orientador (a): Prof.^a Msc. Karina Vitti Klein

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586m

Silva, Camila Raquel Sousa

Metais pesados em alface: aspectos gerais e levantamento das possíveis fontes de contaminação em alface comercializada em feira livre no município de Itumbiara-GO. / Camila Raquel Sousa Silva. -- 2016.

38f.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2016.

Orientador: Prof.^a Ma. Karina Vitti Klein.

1 - Alimentos - Contaminação 2 - Alface 3 - Metais pesados I. Klein, Karina Vitti II. Título.

CDD: 635.52

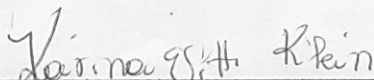
Bibliotecária: Rosiane Gonçalves de Lima Santana CRB/1-1684

FOLHA DE APROVAÇÃO

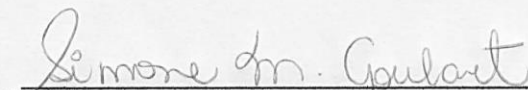
**METAIS PESADOS EM ALFACE: ASPECTOS GERAIS E LEVANTAMENTO DAS
POSSÍVEIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO EM ALFACE COMERCIALIZADA EM
FEIRA LIVRE NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA - GO**

Camila Raquel Sousa Silva

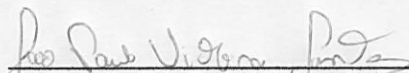
**Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado no dia 10 de novembro de 2016 pela
banca examinadora composta pelos professores:**



Professora Msc. Karina Vitti Klein
Orientadora



Professora Dra. Simone Machado Goulart
Avaliadora



Professor Dr. João Paulo Victorino Santos
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo exemplo, dedicação e conselhos durante toda a minha vida e especialmente durante a graduação.

Aos meus irmãos, Alberto e Eduardo, por serem grandes contribuidores para a formação do meu caráter.

Aos meus amigos, por tornarem minha vida mais leve e divertida.

Ao meu amor, Israell, pelo amor, carinho e incentivo.

À pesquisadora Suzel de Almeida, pelo auxílio e por me emprestar seu enorme conhecimento.

À minha orientadora Karina Vitti Klein, pela disposição e ajuda.

A todos os meus professores, por contribuírem para a minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – *campus* Goiânia, pela disponibilidade em poder utilizar seus equipamentos.

Ao Laboratório Nacional Agropecuário de Goiás (LANAGRO-GO/MAPA), e ao fiscal federal Luiz Sávio Medeiros Teixeira, pela análise da amostra.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e ao Programa de Educação Tutorial: Educação, Ambiente e Sociedade (PET), programas que foram de grande importância para meu desenvolvimento enquanto aluna e futura professora.

Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.
Carl Gustav Jung

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa L.*) está entre as hortaliças mais consumidas no Brasil e por esse motivo é de suma importância investigar sua qualidade no que diz respeito a contaminantes inorgânicos, como os metais pesados. Estes, por sua vez, podem entrar em contato com o alimento e contaminá-lo de diversas formas, por exemplo, através da utilização de insumos e corretivos agrícolas, água de irrigação contaminada e até pelo ar. Entre os metais potencialmente tóxicos, que tendem a se acumular e são considerados não essenciais aos organismos vivos, estão o cádmio e o chumbo. Segundo a Resolução nº 42 da ANVISA, o limite máximo de contaminantes em hortaliças como a alface é de 0,20 mg kg⁻¹ e 0,30 mg kg⁻¹ para Cd e Pb, respectivamente. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento sobre as possíveis fontes de contaminação por metais pesados em alface comercializada em feira livre municipal de Itumbiara, GO. Este levantamento se deu através de um questionário aplicado aos feirantes. Também se objetivou investigar a presença destes metais, chumbo e cádmio, em amostra coletada em uma das doze bancas que comercializam a mesma. A metodologia utilizada para a digestão da amostra foi EPA 3051 em microondas e a técnica analítica utilizada para detecção destes metais foi a espectrometria de absorção atômica. Os resultados da amostra coletada mostraram ausência de chumbo e presença de cádmio dentro do padrão permitido em legislação. As respostas obtidas através do questionário também confirmaram que o risco de haver contaminação por metais pesados nesta hortaliça é baixo.

Palavras-chave: Metais pesados. Alface. Contaminação.

ABSTRACT

Lettuce is among the most consumed vegetables in Brazil and it is therefore of great importance to investigate its quality with respect to inorganic contaminants, such as heavy metals. These, in turn, can contact the food and contaminate it in different ways, for example through the application of inputs and agricultural correctives, contaminated irrigation water and hair. Potentially toxic metals, which tend to accumulate and are not relevant to living organisms, are cadmium and lead. According to Resolution 42 of ANVISA, the maximum limit of contaminants in vegetables as 0.20 mg kg^{-1} and 0.30 mg kg^{-1} for Cd and Pb, respectively. The objective of this work was to conduct a survey about the sources of contamination by heavy metals in lettuce marketed in the free fair municipal of Itumbiara, state of Goiás. This survey is given through a questionnaire applied to the fair. Also, the objective of this study was to investigate the presence of these metals, lead and cadmium, in a sample collected in one of the twelve booths that commercialize one. The methodology used for the evaluation of EPA 3051 in microwaves and an analytical technique used for the detection of these metals for atomic absorption spectrometry. The results of the collected sample show the absence of lead and the presence of cadmium within the standard. The answers obtained by the questionnaire also confirmed that the risk of contamination by heavy metals in vegetables is low.

Keywords: Heavy metals. Lettuce. Contamination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localização geográfica de Itumbiara	16
Figura 2 Amostra após maceração	29
Figura 3 Frascos contendo a amostra solubilizada com HNO_3	30
Figura 4 Frascos inseridos no Digestor de Microondas	30
Figura 5 Tubos contendo a amostra pronta para ser analisada	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Questionário aplicado aos feirantes	24
Tabela 2 Pesagem dos cadinhos	28
Tabela 3 Massa da alface em cada cadinho após secagem em estufa	28
Tabela 4 Massa da amostra pesada em triplicata.....	29
Tabela 5 Concentrações dos metais analisados encontrados na amostra	32
Tabela 6 Média, desvio padrão e coeficiente de variação para Pb	32
Tabela 7 Média, desvio padrão e coeficiente de variação para Cd.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al - Alumínio

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

As - Arsênio

Bi – Bismuto

Ca – Cálcio

Cd – Cádmio

Cu – Cobre

EPA – Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental – EUA)

Ge – Germânio

Hg – Mercúrio

HNO₃ – Ácido Nítrico

Hz – Hertz

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)

K – Potássio

Mn – Manganês

Na – Sódio

P – Fósforo

Pb – Chumbo

pH – Potencial Hidrogeniônico

ppm – Partes por milhão

Sb - Antimônio

Se – Selênio

Si - Silício

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivos gerais	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Alface e Metais Pesados	14
3.2	O município de Itumbiara	15
3.3	Características dos metais chumbo e cádmio	16
3.3.1	Chumbo	16
3.3.2	Cádmio	17
3.4	Legislação para contaminantes inorgânicos em alimentos no Brasil	18
3.5	Contaminação por metais pesados	18
3.6	Técnicas analíticas para determinação de metais	19
3.6.1	Espectrometria de Absorção Atômica	19
3.6.2	Espectrometria de Fluorescência Atômica	20
3.6.3	Espectrometria de Emissão Atômica	20
3.6.4	Espectrometria de Massas Atômicas	21
4	METODOLOGIA	22
4.1	Levantamento em feira livre municipal	22
4.2	Coleta, preparo e digestão da amostra	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	Levantamento em feira livre municipal e Questionário aplicado aos feirantes	24
5.2	Preparo da amostra	27
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças são importantes componentes de uma dieta saudável, podendo ajudar a prevenir doenças graves, como doenças cardiovasculares e do sistema digestivo. Somente no ano de 1996 aproximadamente 10% de todos os cânceres e 2,8% da carga total de doenças foram atribuídas ao consumo insuficiente destes alimentos (WHO, 2002).

As hortaliças têm pouca gordura e calorias, pouca proteína, mas são ricas em carboidratos e fibras (FAVELL, 1998), e por isso, são ótimas opções de alimentos para quem busca uma alimentação saudável e balanceada. Os efeitos protetores desses tipos de alimentos envolvem ainda antioxidantes e micronutrientes, como flavonoides, vitamina C e ácido fólico (WHO, 2002).

Para garantir a alimentação de um povo, é necessário que o alimento esteja em boa quantidade e tenha condições apropriadas para consumo (ROESE, 2008). Portanto, no sentido de assegurar essas condições, percebe-se que há várias formas de se avaliar a qualidade de um alimento, especialmente hortaliças. Certificar-se quanto a possíveis contaminações por agrotóxicos, agentes microbiológicos, e metais pesados, garantem uma maior segurança alimentar aos consumidores.

Entre as hortaliças mais consumidas pela população e, conseqüentemente, uma das mais suscetíveis a contaminantes como os metais pesados está a alface. Alguns destes não são essenciais ao nosso organismo e, por isso, podem acarretar inúmeros problemas de saúde se presente em grandes quantidades nos alimentos. Entre os metais considerados não essenciais estão o cádmio e o chumbo, e por esse motivo, tornaram-se objeto de estudo no presente trabalho.

A finalidade do presente trabalho foi realizar um levantamento acerca das possíveis fontes de contaminação pelos metais pesados chumbo e cádmio em alfaces comercializadas em feira livre municipal de Itumbiara. Este levantamento se deu através de questionário, aplicado aos comerciantes dessa hortaliça, com o intuito de sanar dúvidas a respeito de seu cultivo e, com isso, apurar se há riscos desse tipo de contaminação. Também se objetivou analisar uma amostra de alface, coletada na referida feira, em relação à presença dos metais em estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Realizar um levantamento das possíveis fontes de contaminação por metais pesados em alfaces comercializadas em feira livre no município de Itumbiara, GO, através de questionário aplicado aos feirantes que comercializam as mesmas.

2.2 Objetivos específicos

- Fazer levantamento sobre a quantidade de bancas que comercializam alface na feira livre municipal de Itumbiara;
- Constatar, através de aplicação de questionário aos produtores de alface, se há riscos de contaminação por metais pesados nesta hortaliça;
- Coletar e analisar amostra de alface comercializada na respectiva feira por meio de espectrometria de absorção atômica com relação à presença dos metais chumbo e cádmio comparando com os resultados do questionário;
- Verificar se as concentrações destes metais encontrados na amostra estão dentro dos padrões estabelecidos em legislação da ANVISA para hortaliças de folha.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Alface e Metais Pesados

Entre as hortaliças mais consumidas no Brasil está a alface (*Lactuca sativa L.*), e não é para menos, pois é rica em sais minerais e vitaminas e, portanto, muito importante na alimentação e saúde humanas (COSTA, 2013). Pertencente à família das asteráceas é originária de regiões de clima temperado do sul da Europa e da Ásia Ocidental.

Os principais tipos de alface são: repolhuda crespa - também conhecida por americana -, solta lisa, solta crespa, mimosa e romana. Existem cultivares para o plantio no verão, no inverno ou também adaptável para as duas estações (CARVALHO; SILVEIRA, 2011), e pode ser cultivada de várias formas diferentes: por sistema orgânico em campo aberto, sistema hidropônico, e em estufas. Em termos de área e produção, o cultivo a campo no sistema tradicional é o mais importante, concentrando-se perto dos grandes centros urbanos.

No Brasil, as alfaces mais consumidas são as crespas e as lisas, sendo a do tipo americana muito utilizada em redes de *fast food* como ingrediente de sanduíches, além de ser o tipo que apresenta a melhor conservação pós-colheita (HENZ; SUINAGA, 2009).

São comumente comercializadas em casas de verdura, supermercados e feiras livres. Porém, a busca por alimentos frescos cultivados sem o uso, ou com uso reduzido de defensivos agrícolas, - além de preços mais acessíveis - levam os consumidores a preferirem as feiras livres aos mercados tradicionais. Normalmente, as feiras ocorrem em áreas abertas e são os locais onde pequenos agricultores comercializam frutas, hortaliças, grãos e produtos de origem animal (ROCHA et al., 2010).

No processo de cultivo desta hortaliça, podem ocorrer inúmeros fatores que prejudicam sua integridade, como por exemplo, a contaminação por metais pesados, provenientes da utilização de insumos agrícolas e outros produtos usados como corretivos agrícolas (CAMPOS et al., 2005). Por serem utilizados em vários outros produtos, os metais também podem entrar em contato com os alimentos de outras formas, como por exemplo, por contaminação *in natura* pela água contaminada. Metais como arsênio, cádmio, mercúrio, zinco e chumbo já produziram intoxicações alimentares (PEETERS, 1999).

A utilização de lodo de esgoto como adubo representa uma significativa fonte de contaminação do solo (CARDOSO; CHASIN, 2001). Um lodo de esgoto típico contém cerca de 40% de matéria orgânica (e por isso é recomendada a sua aplicação como condicionador de

solo ou fertilizante), 4% de nitrogênio, 2% de fósforo, demais macro e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos, como os metais pesados. Em todos os países onde o lodo de esgoto é aplicado na agricultura existem normas estabelecendo as concentrações máximas permitidas de metais pesados no lodo e o teor máximo acumulado no solo (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

Com relação ao termo metais pesados, este, por sua vez, é frequentemente utilizado para denominar um grupo de metais que tem sido associado com contaminação e potencial de toxicidade ou eco toxicidade (DUFFUS, 2002). Além disso, na literatura encontramos outras definições que se aplicam a este grupo, dentre elas destaca-se: densidade acima de 5 g.cm^3 e número atômico maior que 20 (TSUTIYA, 1999).

No entanto, o termo metal pesado nunca foi de fato definido por qualquer órgão competente, como a IUPAC. Para Duffus (2002), este termo é um tanto sem sentido e enganoso, e a fim de se evitar o uso deste, uma nova classificação baseada na tabela periódica se faz necessária.

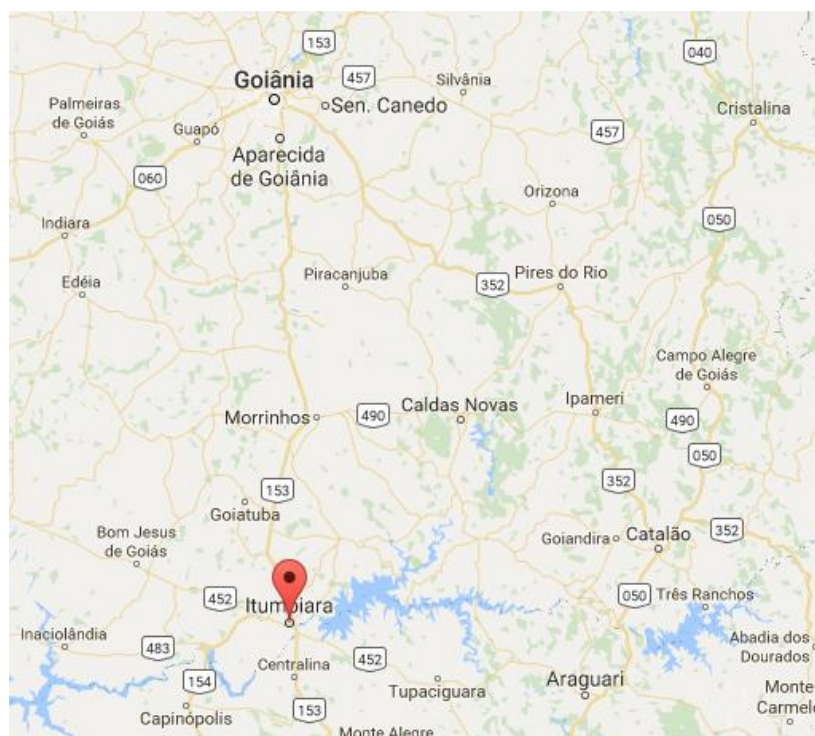
Como ainda não há um consenso na comunidade científica acerca do significado do termo, utiliza-se, no presente trabalho, o termo metais pesados para se referir aos metais que possuem as características de densidade maior que 5 g.cm^{-3} ou que possuem elevado potencial de toxicidade, como mencionado por Tsutiya (1999).

3.2 O município de Itumbiara

Itumbiara é um município localizado no interior do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais. Dista-se cerca de 200 quilômetros da capital do estado, Goiânia, e 411 quilômetros da capital federal, Brasília (PMI, 2016). Sua população, estimada em 2016 pelo IBGE, é de 101 544 habitantes.

Sua boa localização geográfica e estratégica, como mostrado na Figura 1, faz da cidade uma das mais desenvolvidas da região Centro-Oeste do país. O Produto Interno Bruto (PIB) do município é o sétimo maior do estado de Goiás, décimo quinto entre os municípios do Centro-Oeste e 210º entre todos os municípios brasileiros. Itumbiara se destaca no setor primário (agricultura e pecuária), setor secundário, porém, é no setor terciário que está a principal fonte geradora do PIB itumbiarense (PMI, 2016).

Figura 1 Localização geográfica de Itumbiara



Fonte: Google Maps

Devido à sua importância para o desenvolvimento do estado de Goiás e à sua considerável população, é necessário que pesquisadores locais tenham interesse em investigar a qualidade dos alimentos que chegam às mesas de seus habitantes e, com isso, contribuir para garantir um padrão de qualidade destes alimentos.

3.3 Características dos metais chumbo e cádmio

A seguir serão apresentadas as características dos metais estudados no presente trabalho.

3.3.1 Chumbo

O chumbo (Pb) é um metal pertencente ao grupo IV A da Tabela Periódica, de coloração cinza-azulado, inodoro, maleável e possui quatro isótopos de ocorrência natural (IUPAC apud PAOLIELLO; CHASIN, 2001). Relativamente abundante na crosta terrestre, tem concentração que varia de 10 a 20 mg kg⁻¹, e seu teor no solo é decorrente tanto de atividades antropogênicas quanto pelo transporte deste metal através do ar (WHO apud PAOLIELLO; CHASIN, 2001).

O chumbo pode ser combinado com outros metais para formar ligas e seus compostos são utilizados como pigmento em tintas, corantes e esmaltes cerâmicos. Este metal

ocorre naturalmente no ambiente, no entanto, a maioria dos altos níveis encontrados em todo o ambiente provém de atividades humanas (ATSDR, 2007).

Tanto em adultos quanto em crianças, o principal alvo de toxicidade por chumbo é o sistema nervoso, porém, as crianças são mais suscetíveis ao envenenamento do que os adultos, em razão de uma maior absorção de chumbo pelo trato gastrointestinal e por seu sistema nervoso ser mais vulnerável (KOLLER et al. apud CAPELLINI, 2008).

São inúmeras as consequências da exposição ao metal, tais como: pequenos aumentos na pressão arterial, anemia, abortos (no caso de mulheres grávidas), danos aos órgãos responsáveis pela produção do esperma no homem, e inclusive, pode levar à morte. Ainda não há provas conclusivas de que o chumbo é cancerígeno (ATSDR, 2007).

Os mecanismos de como o chumbo age no organismo humano ainda não são bem conhecidos. Salgado (apud PAOLIELLO; CHASIN, 2001) afirma que estudos já realizados demonstraram a associação da exposição ao metal e distúrbios no metabolismo dos carboidratos e de alguns neurotransmissores. Ainda segundo o autor, o metal interfere nos eletrólitos sanguíneos (Na, K, Ca e P), no metabolismo mineral (Zn, Cu, Mn, Al, e Si), na síntese de proteínas, na utilização de vitaminas e na produção de hormônios.

3.3.2 Cádmio

O cádmio (Cd) é um metal pertencente ao grupo II B da Tabela Periódica, de coloração prata-esbranquiçado, relativamente raro e não é encontrado na natureza em estado puro (WHO apud CARDOSO; CHASIN, 2007). Sua abundância na crosta terrestre situa-se em torno de 0,1 a 0,2 ppm (ATSDR apud CARDOSO; CHASIN, 2007).

A maior parte do cádmio obtido nos Estados Unidos é extraída como subproduto de outros metais como zinco, chumbo e cobre. É utilizado em baterias, pigmentos, revestimentos, plaqueamentos, ligas não ferrosas etc. Pode ser emitido para o solo, água e ar pela mineração de metais, fabricação e aplicação de fertilizantes fosfatados, queima de combustíveis fósseis e outros, e com isso, se acumula em organismos aquáticos e culturas agrícolas (ATSDR, 2012).

Nos Estados Unidos, para não fumantes, o principal meio de exposição ao cádmio é através da alimentação: vegetais como alface, espinafre, batatas e cereais contém altos níveis do metal, cerca de 0,05 a 0,12 mg de cádmio por kg. Para os fumantes o perigo é maior, já que as folhas de tabaco acumulam altos níveis de cádmio do solo. A medição direta dos níveis do

metal nos tecidos do corpo demonstra que fumar dobra a carga corporal de cádmio em comparação a não fumar (ATSDR, 2012).

Os sintomas iniciais de intoxicação aguda por cádmio, que geralmente ocorrem entre uma e oito horas após a exposição, se dão por um curto período de tempo e compreendem: dores de cabeça, arrepios e febre. A inalação a altas concentrações podem ainda causar tosse, irritação na garganta e problemas respiratórios (ILO apud CARDOSO; CHASIN, 2001).

No entanto, foi logo após a II Guerra Mundial, no Japão, que ocorreu o caso mais conhecido de intoxicação por cádmio, denominado por Doença de Itai-Itai. Muitas pessoas foram acometidas por dores reumáticas, deformidades ósseas e distúrbios renais devido ao consumo de arroz contaminado por água de irrigação proveniente de rejeitos de uma indústria processadora de zinco-chumbo (ATSDR apud CARDOSO; CHASIN, 2001).

3.4 Legislação para contaminantes inorgânicos em alimentos no Brasil

De acordo com a Resolução nº 42 da ANVISA, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (Brasil, 2013), para hortaliças de folha¹ o limite determinado para o chumbo é de $0,30 \text{ mg kg}^{-1}$ e para o cádmio $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$. Este regulamento estabelece limites de contaminantes como arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio e estanho que podem estar presentes nos mais diversos tipos de alimentos, como frutas, bebidas alcoólicas, leites, ovos, peixes, óleos e gorduras comestíveis, arroz etc.

3.5 Contaminação por metais pesados

Segundo Goyer (apud MUNIZ; FILHO, 2006) todos os metais e seus compostos possuem toxicidade, definido como a capacidade que um elemento químico tem para causar efeitos adversos sobre os organismos vivos. A forma como estes afetam o organismo está relacionada tanto com a quantidade envolvida quanto com o tempo de exposição ao mesmo.

Se presente no solo, ar ou água, os metais pesados podem adentrar a cadeia alimentar e ao atingir concentrações elevadas em plantas, animais e no homem, causar problemas de toxicidade diminuindo a produtividade, no caso de plantas e animais, e até mesmo vindo a causar doenças nos seres humanos, podendo-os levar à morte (MELO; MELO; MELO, 2004).

¹ De acordo com a referida Resolução, hortaliças de folha incluem: almeirão, amaranto, repolho verde, mostarda, rúcula e alface, entre outros.

Com isso, não é difícil se ter notícias sobre este tipo de contaminação. No ano de 2002, no Brasil, na cidade de Bauru, SP, mais de 22 crianças foram diagnosticadas com contaminação por chumbo expelido pelas chaminés de uma indústria de baterias automotivas. Em amostras coletadas de sangue, foi confirmado um índice de chumbo superior a 10 microgramas por decilitro, o máximo permitido pela Organização Mundial da Saúde (O ESTADO DE S. PAULO, 2002).

Em 2016, ainda no Brasil, em amostras colhidas em 13 pontos diferentes do Rio Doce - rio que banha os estados de Minas Gerais e Espírito Santo - foi constatada contaminação por metais pesados acima do limite considerado aceitável pela legislação². Metais como arsênio, cádmio e chumbo levaram os órgãos ambientais a manterem, por tempo indeterminado, suspensa a pesca ao longo da costa. Um peixe coletado nas águas deste rio apresentava 140 vezes mais arsênio do que o máximo estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (MARTINS, 2016).

Segundo Guimarães et al. (2008) a principal causa de contaminação da população humana por cádmio decorre da alimentação com produtos agrícolas ou hortícolas. Há níveis maiores encontrados nos rins do ser humano do que aqueles encontrados nos próprios alimentos, indicando assim um processo de acumulação do metal no corpo humano.

Quanto ao chumbo, a contaminação de alimentos e bebidas por ele sempre foi motivo de preocupação. Produtos agrícolas cultivados em solos contaminados ou até irrigados com água contaminada por este metal tendem a absorvê-lo em menor ou maior proporção dependendo de variáveis como pH do solo, forma química do elemento e espécie vegetal (CAPITANI; PAOLIELLO; ALMEIDA, 2009).

3.6 Técnicas analíticas para determinação de metais

São inúmeras as técnicas utilizadas para se determinar metais em diversos tipos de amostras. As principais são Espectrometria de Absorção Atômica, Espectrometria de Fluorescência Atômica, Espectrometria de Emissão Atômica e Espectrometria de Massas Atômicas.

3.6.1 Espectrometria de Absorção Atômica

² Esta contaminação ocorreu devido ao rompimento de uma barragem da mineradora Samarco, em Mariana (MG) lançando mais de 30 milhões de m³ de rejeitos no meio ambiente, em novembro de 2015.

A espectrometria de absorção atômica (AAS) é uma técnica empregada para determinação de elementos traço nas mais diversas amostras. A técnica utiliza o princípio de que átomos livres (estado gasoso) gerados em um atomizador são capazes de absorver radiação de frequência específica que é emitida por uma fonte espectral (BORGES et al., 2005).

Uma desvantagem dos métodos espectroscópicos por chama é a necessidade de a amostra ser introduzida na fonte de excitação em forma de uma solução, geralmente em solução aquosa. As etapas de decomposição e de obtenção de solução são frequentemente mais demoradas e introduzem mais erros do que a medida espectroscópica em si, podendo o analito estar presente nos reagentes na forma de uma impureza (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

Muitos materiais de interesse, como solos, tecidos animais, plantas, derivados do petróleo e minerais, não são solúveis diretamente em solventes comuns, necessitando frequentemente de tratamentos preliminares para obter uma solução que contenha o analito em uma forma adequada para a atomização (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

Optou-se por utilizar no presente trabalho, para a análise da amostra, a espectrometria de absorção atômica, pois, ainda de acordo com Crouch, Holler e Skoog (2009), entre as vantagens deste procedimento, estão o uso de equipamentos mais simples e mais baratos, menor custo de operação, precisão ligeiramente maior, e menor exigência de um operador habilidoso para obter resultados satisfatórios.

3.6.2 Espectrometria de Fluorescência Atômica

A espectrometria de fluorescência atômica (AFS) tem seu uso restrito devido as vantagens desta técnica serem pequenas em relação às outras técnicas. Os espectrômetros de fluorescência são úteis para determinação de elementos que formam vapores e hidretos, tais como, Pb, Hg, Cd, Zn, As, Sb, Bi, Ge e Se. Estes equipamentos são mais complexos, custam mais e têm manutenção cara, o que os tornam, assim, menos utilizados (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

3.6.3 Espectrometria de Emissão Atômica

Uma das vantagens da espectrometria de emissão atômica (OES) está a sua baixa susceptibilidade a interferências químicas, resultado direto de suas altas temperaturas. Espectros de dezenas de elementos podem ser registrados simultaneamente, o que é

particularmente importante para a análise multielementar de amostras muito pequenas (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

Os espectros de emissão a partir de fontes de plasma, arco ou centelha são geralmente mais complexos e frequentemente constituídos por centenas ou mesmo milhares, de linhas; este grande número de linhas aumenta a probabilidade de interferências espectrais na análise quantitativa. Consequentemente, a espectroscopia de emissão baseada em plasmas, arcos, e centelhas, requer alta resolução e equipamentos ópticos mais caros do que é necessário para os métodos de absorção atômica (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

3.6.4 Espectrometria de Massas Atômicas

Historicamente, a espectrometria de massas com ionização térmica e com fonte de centelha foram os primeiros métodos de espectrometria de massas desenvolvidos para análise elementar qualitativa e quantitativa. Esses tipos de procedimentos ainda encontram aplicação, embora tenham sido superados por outros métodos. Um espectrômetro de massas é um instrumento que produz íons e os separa de acordo com suas razões massa/carga (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

Desde o início dos anos 1980, a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado, ICP-MS, tornou-se uma das técnicas mais importantes para a análise elementar, devido a seus baixos limites de detecção, seu alto grau de seletividade e razoável precisão e exatidão. Geralmente, os limites de detecção são melhores do que aqueles de emissão óptica com ICP e semelhantes aos da espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica (CROUCH; HOLLER; SKOOG, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 Levantamento em feira livre municipal

A feira livre municipal de Itumbiara acontece durante a semana em diferentes localidades da cidade, porém, para a pesquisa desenvolvida no presente trabalho, a mesma desenvolveu-se na feira que ocorre aos sábados e domingos no centro da cidade.

Foi realizado um levantamento para constatar a quantidade de bancas que comercializam alface nesta feira, e um questionário foi elaborado e aplicado aos feirantes. O questionário teve como objetivo levantar informações sobre as possíveis fontes de contaminação por metais pesados na alface comercializada.

4.2 Coleta, preparo e digestão da amostra

Para averiguar a presença dos metais chumbo e cádmio foram coletadas no dia 02 de outubro de 2016 três amostras de alface, escolhidas de três bancas diferentes nesta feira. Todas as alfaces coletadas são do tipo americana, por ser um dos tipos mais consumidos no Brasil, e pela maior oferta no momento da coleta.

Após a coleta, as mesmas foram acomodadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório de Química do IFG - *Campus Goiânia*. Porém, como a disponibilidade para a utilização deste laboratório foi limitada, só se pôde realizar a digestão e a análise de apenas uma das amostras coletadas.

Para o preparo da amostra, segundo Nogueira (2003), os procedimentos por via úmida são os mais utilizados para decomposição do material vegetal; os ácidos ou misturas mais utilizados para este fim são ácido nítrico, ácido clorídrico, ácido nítrico mais ácido clorídrico e ácido nítrico mais ácido perclórico. A maioria das amostras é totalmente oxidada, deixando os elementos a serem determinados na solução ácida em formas inorgânicas simples e apropriadas para análise. Para que não ocorra perda completa ou parcial de alguns elementos por volatilização, recomenda-se o uso de fornos microondas fechado.

As microondas são radiações eletromagnéticas que possuem comprimento de onda entre 1 mm e 1 m e frequência que varia de 300 a 300000 Hz. Por ser uma radiação não ionizante, não possui energia para romper as ligações químicas de moléculas. O emprego desse tipo de radiação para decomposição de amostras baseia-se no aquecimento de materiais através da absorção direta dessa energia. Esses materiais aumentam, então, a temperatura em

decorrência da interação entre a onda eletromagnética e os íons dissolvidos (KINGSTON; JESSIE apud MATOS, 2011).

Após secagem e moagem das amostras são realizadas as digestões, resultando em soluções ácidas diluídas (NOGUEIRA, 2003).

Segundo Roese (2008), o processo de digestão é importante para reduzir interferências e poder converter metais associados a partículas em uma forma de metal livre, para assim, poder ser determinada pela absorção atômica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Levantamento em feira livre municipal e Questionário aplicado aos feirantes

Realizado o levantamento, constatou-se que há 12 (doze) bancas que comercializam alface na feira nos dois dias (sábado e domingo). O questionário aplicado (Tabela 1) consistiu de 08 (oito) perguntas.

Tabela 1 Questionário aplicado aos feirantes

1. Você mesmo que cultiva a alface que vende?
2. Se sim, onde está localizada sua horta (cidade ou campo)?
3. Há indústrias próximas à sua horta?
4. Além da alface, cultiva outras hortaliças?
5. Utiliza substâncias para eliminar pragas (agrotóxicos)?
6. Utiliza fertilizante?
7. Utiliza lodo de esgoto como adubo?
8. De onde provém a água utilizada para irrigar as hortaliças? (rio, córrego, lago, poço etc.?)

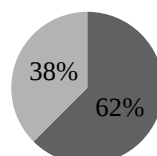
Dois feirantes não se dispuseram a responder ao questionário, e outros dois, respondendo à pergunta 01, relataram receber as hortaliças de um fornecedor e, portanto, não caberiam a eles responder às demais perguntas.

Sendo assim, as demais perguntas do questionário foram respondidas por apenas 08 (oito) feirantes.

Em relação à pergunta 02, cinco feirantes (62%) afirmam que suas hortas localizam-se no campo, afastadas da zona urbana, e os outros três (38%) afirmam que as mesmas estão dentro da cidade.

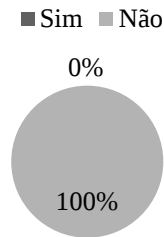
Localização das hortas

■ Campo ■ Cidade



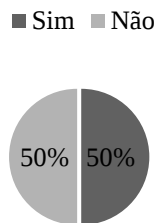
Na pergunta 03, todos os produtores (100%) responderam que não há indústrias nas proximidades de suas hortas.

Indústrias próximas às hortas



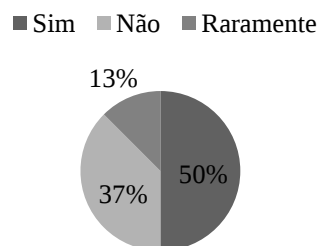
Em relação à pergunta 04, quatro feirantes (50%) responderam que cultivam outras hortaliças além da alface. Dentre as hortaliças também cultivadas por eles estão: couve-flor, rúcula, almeirão e mostarda.

Cultivo de outras hortaliças



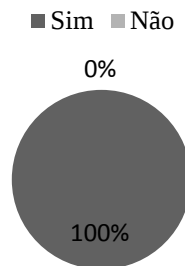
Na pergunta 05, com relação ao uso de agrotóxicos, quatro feirantes (50%) responderam que utilizam sempre, enquanto que três feirantes (37%) afirmam que não utilizam, e apenas um feirante (13%) respondeu que utiliza “raramente”.

Utilização de agrotóxicos



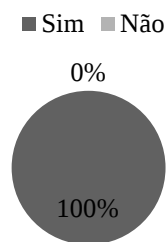
Na pergunta 06, quanto ao uso de fertilizantes, todos os feirantes (100%) responderam que utilizam. Também, todos relataram que utilizam apenas adubo orgânico, tais como: esterco animal e cama de frango.

Utilização de fertilizantes



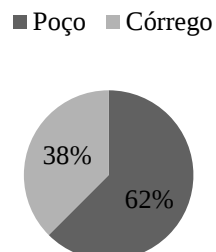
Na pergunta 07 todos os feirantes (100%) responderam que nunca utilizaram lodo de esgoto como adubo.

Utilização de lodo de esgoto



Com relação à origem da água utilizada para irrigar as hortaliças (pergunta 08), cinco feirantes (62%) relataram retirar de poço artesiano e os outros três (38%) relataram utilizar água proveniente de córrego próximo à horta.

Água de irrigação



Por meio das respostas dadas no questionário, pode-se verificar que o risco de se haver contaminação por metais pesados na alface comercializada em Itumbiara é baixo.

Como mencionado por Campos e colaboradores (2005), insumos e corretivos agrícolas podem ser importantes fontes de contaminação de metais pesados às hortaliças. Todavia, no município de Itumbiara, o que se pode notar é que os produtores não utilizam adubos inorgânicos, o que contribui significativamente para a redução de contaminantes inorgânicos (como os metais pesados), presente nesse tipo de adubo.

Em relação ao uso de agrotóxicos, apenas metade dos produtores que responderam ao questionário afirmam utilizar, porém, como não citaram qual agrotóxico utiliza, não se pode descartar a possibilidade de que estes podem ser potencialmente perigosos com relação à presença de metais pesados em sua composição e, conseqüentemente, vir a contaminar as hortaliças.

Outra fonte de contaminação, segundo os autores Cardoso e Chasin (2001) é o lodo de esgoto. Porém, todos os produtores afirmaram nunca o terem utilizado, o que, então, descarta a possibilidade de contaminação por meio deste.

Como salientado por Evangelista (apud PEETERS, 1999), os dois meios de contaminação de metais mais comuns são as águas onde são despejados resíduos industriais e a poluição atmosférica resultante de atividades industriais. No entanto, como todos os produtores afirmaram não haver indústrias próximas às suas hortas, pode-se descartar este risco.

5.2 Preparo da amostra

A amostra de alface coletada para se analisar quanto à presença de chumbo e cádmio foi preparada em um dos laboratórios de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - *campus* Goiânia, seguindo os procedimentos abaixo:

Procedimento 1:

Dispõe-se a amostra de alface em seis cadinhos, pesou-se cada um deles separadamente e anotou-se a massa, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 Pesagem dos cadinhos

Número do cadinho	Massa do cadinho vazio	Massa da alface
1	24,4091 g	1,8267 g
2	34,6926 g	3,0333 g
3	20,7858 g	1,0787 g
4	32,5151 g	5,9894 g
5	32,7122 g	5,5985 g
6	34,0542 g	4,8551 g

Em seguida, levou-os até a estufa para secagem por vinte horas, à temperatura de 105°C. Após as vinte horas os cadinhos foram transferidos para o dessecador.

Procedimento 2:

Após a retirada da amostra do dessecador, pesaram-se novamente os cadinhos e anotou-se a massa, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 Massa da alface em cada cadinho após secagem em estufa

Número do cadinho	Massa do cadinho com a alface seca	Massa da alface após a secagem
1	24,5979 g	0,1888 g
2	34,9990 g	0,3064 g
3	20,8744 g	0,0888 g
4	33,2569 g	0,7418 g
5	33,2902 g	0,578 g
6	34,5713 g	0,5171 g

Posteriormente, transferiu-se o conteúdo de todos os cadinhos para um almofariz para maceração da amostra até sua completa homogeneização (Figura 2).

Figura 2 Amostra após maceração

Fonte: Autora

Procedimento 3:

Já homogeneizada, pesou-se a amostra em triplicata e anotaram-se as respectivas massas (tabela 4).

Tabela 4 Massa da amostra pesada em triplicata

1	0,2514 g
2	0,2504 g
3	0, 2502 g

Após a pesagem, transferiram-se as três determinações para três frascos próprios para microondas e acrescentou-se em cada um dos frascos 10 mL de HNO_3 65% P.A.

Figura 3 Frascos contendo a amostra solubilizada com HNO_3



Fonte: Autora

Os mesmos, então, foram fechados e levados ao microondas, onde ficaram dispostos conforme a figura abaixo.

Figura 4 Frascos inseridos no Digestor de Microondas



Fonte: Autora

O modelo do microondas utilizado é MARS 6 230/60, número 910900 de Potência Máxima 1800 W.

Procedimento 4:

O preparo e a digestão da amostra no microondas foram feitos de acordo com metodologia EPA 3051. De acordo com esta metodologia, as amostras permanecem no microondas por 5 min e 30 s até atingir a temperatura de 175° C e, em seguida, passam por um processo de resfriamento, levando 4 min e 30 s, e então, somente quando se atinge a temperatura de 60° C as amostras podem ser retiradas.

Ao atingir a temperatura de 60°C, os frascos foram retirados do microondas e levados até capela de exaustão, onde puderam ser abertos. Após abertos, esperou-se até completa volatilização do vapor do ácido e, assim, o conteúdo restante de cada frasco foi transferido, respectivamente, para três tubos transparentes. Em cada um dos tubos acrescentou-se água destilada até completar-se o volume de 50 mL (Figura 5), para que assim, pudessem ser levados para leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.

Figura 5 Tubos contendo a amostra pronta para ser analisada



Fonte: Autora

5.3 Análise da amostra e resultados

A análise foi terceirizada e, portanto, realizada no Laboratório Nacional Agropecuário de Goiás (LANAGRO-GO/MAPA), localizado no município de Goiânia³.

³ A análise da amostra seria realizada no Laboratório de Química do IFG - *Campus* Goiânia, bem como foi feito com o preparo e a digestão. Porém, dias antes de se realizar a análise, o equipamento espectrofotômetro de absorção atômica, presente neste laboratório, apresentou problemas em sua leitura, fazendo com que se tivesse que buscar outro meio para que a análise pudesse ser feita e o restante do trabalho se desenvolvesse normalmente.

As concentrações encontradas nas três determinações para o chumbo e cádmio estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 Concentrações dos metais analisados encontrados na amostra

Determinações	mg.kg⁻¹ de Pb	mg.kg⁻¹ de Cd
1	0	0,013
2	0	0,010
3	0	0,009

Foram calculados a média, desvio padrão e coeficiente de variação para cada um dos metais analisados, conforme demonstrado nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 Média, desvio padrão e coeficiente de variação para Pb

Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
0	0	0

Tabela 7 Média, desvio padrão e coeficiente de variação para Cd

Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
0,010	0,002	20

Como se pode notar, não foi evidenciada presença de chumbo na amostra analisada. Em relação ao cádmio, o mesmo encontra-se em concentração (0,010 mg kg⁻¹) muito abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução nº 42 da ANVISA, que, como afirmado anteriormente, é de 0,20 mg kg⁻¹.

Nos últimos anos, pesquisas similares foram desenvolvidas no Brasil com o intuito de se verificar a presença de metais pesados em hortaliças.

Roese (2008), analisando a presença de metais em várias amostras de alface, rúcula, couve, brócolis, agrião e escarola, no município de Campo Grande, MS, constatou níveis de chumbo acima do limite de referência em uma amostra de alface. O resultado obtido foi de 0,590 mg kg⁻¹ para alface (peso úmido). A autora utilizou o Limite Máximo de Tolerância segundo ANVISA - Decreto Nº 55871, de 26 de março de 1965 para estabelecer se os valores encontrados em suas amostras estão dentro do permitido em legislação.

Lopes et al. (2005), em Alegre, ES, verificaram que os teores de metais pesados encontrados na análise foliar da alface – cultivada em solo tratado com lodo de esgoto - não seriam um fator restritivo ao consumo humano, pois ficaram abaixo do limite de tolerância. A maior concentração de chumbo foi de $4,17 \text{ mg kg}^{-1}$, inferior ao limite de tolerância para hortaliças frescas que é de 500 mg kg^{-1} , de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, de 1985.

Já Machado et al. (2009), na cidade de Aparecida de Goiânia, GO, analisando amostras de alface com relação aos metais cádmio, chumbo, cobre e cromo verificaram níveis de chumbo acima do limite de tolerância, considerando-se recomendação da *Codex Alimentarius*⁴, para todas as amostras analisadas. Cádmio não foi detectado em nenhuma das determinações realizadas nesta pesquisa. Os outros elementos permaneceram dentro das especificações da legislação.

Para o chumbo, os resultados encontrados no presente trabalho, para a amostra analisada, diferem-se das pesquisas citadas acima, visto que em Roese (2008) e em Machado et al. (2009), foram encontradas concentrações deste metal acima do permitido em legislação, já na amostra analisada neste trabalho, o mesmo não foi detectado.

Os valores para cádmio encontrados por Roese (2008) em alface, de um total de 07 (sete) amostras analisadas, se assemelham ao valor encontrado na amostra do presente trabalho. Foram estes: 0,010; 0,012; 0,199; 0,012; 0,009; 0,011; 0,025 (todos os valores dados em mg.kg^{-1}).

⁴ O *Codex Alimentarius* é um fórum internacional de normatização do comércio de alimentos estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), Organização para a Agricultura e Alimentação (FAO) e Organização Mundial da Saúde (OMS).

6 CONCLUSÃO

Com a aplicação do questionário aos feirantes de Itumbiara, GO, pôde-se concluir que o risco de se haver contaminação por metais pesados em alface comercializada nesta feira, através de suas formas mais comuns (água de irrigação, insumos agrícolas, ar) é baixo.

De acordo com as respostas dadas no questionário não há indústrias nas proximidades das hortas dos feirantes abordados, o que inviabiliza uma possível contaminação através do ar, ou de rejeitos químicos despejados nas águas utilizadas para irrigação das hortaliças. Os insumos utilizados pelos produtores são orgânicos, e todos relataram nunca terem utilizado o lodo de esgoto, outro fator de risco para contaminação por metais pesados.

O resultado da amostra analisada comprova esse baixo risco, visto que não foi detectada presença de chumbo, e a concentração de cádmio encontrada está muito abaixo do limite máximo permitido na legislação.

O presente trabalho teve como intuito ser apenas um primeiro passo, e deixar aberto aos futuros pesquisadores a oportunidade de realizarem outras pesquisas nesta linha de estudo. É importante se avaliar também não só a presença de metais pesados em alface, mas em outras hortaliças igualmente produzidas e comercializadas no município.

REFERÊNCIAS

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for lead**. Atlanta, 2007.

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta, 2012.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura.

Embrapa. Jaguariúna, 2006. Disponível em:

<<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroLodoEsgoto.pdf>> Acesso em: 03 nov 2016.

BORGES, D. L. G.; CURTIUS, A. J.; WELZ, B.; HEITMANN, U. Fundamentos da espectrometria de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 18, p.58, ago. 2005.

BRASIL. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos**. In: Diário Oficial da União, Brasília, p.33-35, 29 ago. 2013.

CAMPOS, M. L. et al. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.361-7, abr. 2005.

CAPELLINI, V. L. M. F. et al. Crianças contaminadas por chumbo: estudo comparativo sobre desempenho escolar. **Estudos em avaliação educacional**, São Paulo, v. 19, n. 39, jan-abr 2008.

CAPITANI, E. M.; PAOLIELLO, M. M. B.; ALMEIDA, G. R. C. Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil. **Revista da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e do Hospital das Clínicas da FMRP**, Ribeirão Preto, v.42, n.3, p. 311-8, 2009.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. **Cadernos de Referência Ambiental**, Bahia, v.6, 2001.

CARVALHO, S. P.; SILVEIRA, G. S. R. Cultura da alface. **Atividade Rural**, 2011. Disponível em: <<http://www.atividaderural.com.br/artigos/4eaaae5d4f4a8.pdf>> Acesso em: 04 out. 2015.

COSTA, J. P. **Desempenho de mudas de alface (*Lactuca sativa*) sob diferentes doses de composto orgânico**. Catolé do Rocha, 2013.

CROUCH, S. R.; HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A. **Princípios de análise instrumental**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

DUFFUS. "Heavy metals": A meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, Vol. 74, No. 5, p. 793–807, 2002, J.H.

FAVELL, D.J. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chemistry**, v. 62, n. 1, p. 5p-64, 1998.

GUIMARÃES, M. A. et al. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Trópica**, Chapadinha, v.2, n.2, p. 58-68, 2008.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Embrapa**. Brasília, 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>> Acesso em: 11 ago. 2016.

LOPES, J. C. et al. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 143-7, jan-mar, 2005.

MACHADO, S. S. et al; Contribuição à análise de perigos na produção de alface. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.12, p.191-198, 2009.

MAIS de 22 crianças estão contaminadas com chumbo em Bauru. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 12 abr. 2002.

MARTINS, L. **Poluição do Rio Doce por metais pesados está acima do limite legal**. O Estado de S. Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,contaminacao-do-rio-doce-por-metais-pesados-esta-acima-do-limite-legal,10000023968>> Acesso em: 3 ago. 2016.

MATOS, W. O. **Desenvolvimento de procedimentos de digestão e especiação para amostras biológicas**. São Carlos: UFSCar, 2011. Tese (Doutorado em Química Analítica), Universidade Federal de São Carlos, 2011.

MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola. **CONAMA**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/CB5F6214/LODOMETAL.pdf>> Acesso em: 21 set. 2016.

MUNIZ, D. H. F.; FILHO, E. C. O. 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.1/2, p. 83-100, 2006.

NOGUEIRA, A. R. A. Preparo de amostras. **Embrapa**. São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/met/images/arquivos/08MET/Palestras/preparoamostras.pdf>> Acesso em: 11 ago. 2016.

PAOLIELLO, M. M. B.; CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos. **Cadernos de Referência Ambiental**, Bahia, v.3, 2001.

PEETERS, S. E. **Segurança Alimentar: um desafio para a engenharia de produção**. Rio de Janeiro. 1999.

PMI – PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUMBIARA. **Sobre Itumbiara**. Itumbiara, 2016. Disponível em: <<http://www.itumbiara.go.gov.br/site/home/index.php?p=conteudo&id=6>> Acesso em: 29 set. 2016.

ROCHA, H. C. et al. Perfil socioeconômico dos feirantes e consumidores da Feira do Produtor de Passo Fundo, RS. **Ciência Rural**, Rio Grande do Sul, v. 40, 2010.

ROESE, F. M. **Metais em água, solo e hortaliças produzidas na região urbana do município de Campo Grande, MS**. Campo Grande: UFMS, 2008. Tese, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2008.

TSUTYIA, M. T. **Metais pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. 1999. 754-754.

[WHO] World Health Organization. **The world health report 2002**. Reducing risks, promoting healthy life. Geneva, 2002.