

BRUNO MARTINS DALA PAULA

METAIS TRAÇO E AMINAS BIOATIVAS EM
ALFACE PROVENIENTE DA
AGRICULTURA URBANA

Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte, MG
2012

BRUNO MARTINS DALA PAULA

METAIS TRAÇO E AMINAS BIOATIVAS EM
ALFACE PROVENIENTE DA
AGRICULTURA URBANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Beatriz Abreu Glória

Co-orientadora: Dr^a. Eliana Aparecida Nonato Knupp

Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte, MG
2012

P324m Paula, Bruno Martins Dala
Metais traço e aminos bioativas em alface proveniente da Agricultura Urbana / Bruno Martins Dala Paula . – 2012.

102 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Beatriz Abreu Glória.
Co-orientadora: Dr^a. Eliana Aparecida Nonato Knupp

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

1. Aminos - Teses. 2. Alface – Metais - Traço - Teses. 3
Espectrometria de massa – Teses. I. Glória, Maria Beatriz Abreu. II.
Knupp, Eliana Aparecida Nonato. III Universidade Federal de Minas
Gerais. Faculdade de Farmácia. VI. Título.

CDD: 664.8055



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS -PPGCA

BRUNO MARTINS DALA PAULA

**“METAIS TRAÇO E AMINAS BIOATIVAS EM ALFACE
PROVENIENTE DA AGRICULTURA URBANA”**

APROVADA EM 29 DE MAIO DE 2012

COMISSÃO EXAMINADORA

Eliana Aparecida Nonato Knupp
Dra. ELIANA APARECIDA NONATO KNUPP

Ivana Cristine Lovo
Dra. IVANA CRISTINA LOVO

M. Beatriz
Dra. MARIA BEATRIZ ABREU GLÓRIA
Orientadora e Presidente da Comissão

Raquel Linhares Bello de Araújo
Dra. RAQUEL LINHARES BELLO DE ARAÚJO

Dedicatória

Aos meus pais Edite e Gilberto, pelo amor e ensinamentos éticos. Às minhas irmãs Roberta e Karina, pelo apoio e atenção. Aos meus sobrinhos Fernando e Guilherme pela alegria e brincadeiras de todos os dias. Aos amigos pelas palavras certas nas horas exatas.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela incrível oportunidade de estar aqui ao lado de pessoas especiais, acertando e aprendendo com os erros nessa surpreendente jornada chamada vida.

Aos meus pais, Edite e Gilberto, pelo amor que educa e ensina a ser ético. Pelo inquestionável conforto proporcionado com pouco.

Às minhas irmãs Roberta e Karina, pelo carinho, apoio e compreensão.

Aos meus sobrinhos Fernando e Guilherme, pelos questionamentos que eu já não mais os fazia.

À professora Dr^a Maria Beatriz Abreu Glória, por me acolher, acreditar, apoiar e orientar durante todos esses anos no LBqA.

À Dr^a Eliana Aparecida Nonato por aceitar a coorientação e a fazê-la com muita dedicação, entusiasmo e compreensão.

À equipe de pesquisadores do CDTN Dr^a Helena Palmieri, Viviane Munhoz e Rosana Rocha pelas dúvidas sanadas e auxílio durante o trabalho laboratorial.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pelos ensinamentos e auxílios administrativos.

Aos amigos pelas palavras verdadeiras, pensamentos positivos, orações que protegem, risos que contagiam, companhia que assegura e silêncio que conforta. Àquelas pessoas que encontramos pela vida e que de alguma forma deixam conosco um pouco de si.

Aos colegas que passaram e deixaram um pouco de si no LBqA e também aqueles que lá continuam construindo a nossa história e auxiliando nos momentos em que a pesquisa resolve se rebelar, Adriana Mendonça, Andrezza Estevam, Caroline Paiva, Cecília Bandeira, Cristina Naghetini, Cynthia Barreto, Flávia Mendes, Janice Gouvea, Juliana Rigueira, Larissa Bomtempo, Letícia Guidi, Patrícia Amaral, Patrícia Barros,

Pedro Prates, Regina Adão, Regina Carvalho, Renata Labanca, Rummeningge Oliveira, Tarliane de Souza, Vivian Lara e Warley Evangelista.

Aos integrantes do Grupo Aroeira – Ambiente, Sociedade e Cultura pelos momentos de partilha, reflexão e trabalho em equipe. Por me proporcionar um crescimento humano e profissional único.

Às instituições direta ou indiretamente envolvidas com o trabalho, a Coordenadoria de Segurança Alimentar Nutricional e Abastecimento e ao Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar, ambos pertencentes ao Município de Contagem, ao Centro de Convivência Sócio Ambiental da Prefeitura Municipal de Nova Lima, aos integrantes do Jardim Produtivo e à Horta Comunitária Santana do Cafezal, ambos situados em Belo Horizonte.

Aos agricultores/as urbanos Sr. Dorvalino, Sr. Timóteo, Luzia Falcão e Katarina de Souza que permitiram e me receberam de braços abertos durante todo o trabalho de campo, por acreditarem no potencial transformador da agricultura urbana e compartilhar comigo e com os leitores dessa dissertação um pouco do seu vasto conhecimento e experiência, muito obrigado!

“Horta como o lugar onde crescem as coisas, que no momento próprio, viram saladas, refogados, sopas e suflês. Também isso. Mas não só. Gosto dela, mesmo que não tenha nada para colher. Ou melhor: há sempre o que colher, só que não para comer”.

(Rubem Alves, 1995)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS.....	13
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 A urbanização no Brasil e as mazelas sociais urbanas.....	19
2.2 Políticas públicas de promoção à alimentação e nutrição, segurança alimentar e nutricional e incentivo à agricultura urbana.....	22
2.2.1 Benefícios proporcionados pela agricultura urbana.....	27
2.2.2 Frutas e hortaliças, alguns produtos da agricultura urbana.....	28
2.2.3 Riscos envolvidos com a prática da agricultura urbana.....	31
2.3 Metais e metalóides tóxicos.....	36
2.3.1 Chumbo.....	38
2.3.2 Cádmio.....	39
2.3.3 Cobre.....	39
2.3.4 Resoluções vigentes no Brasil sobre os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.....	40
2.4 Métodos analíticos para a determinação de metais traço em hortaliças.....	41
2.4.1 Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).....	43
2.5 Digestão de amostras de hortaliças para análise de metais traço em ICP-MS.....	44
2.5.1 Digestão ácida de tecidos vegetais por via úmida em sistema fechado utilizando forno de micro-ondas.....	45
2.6 Poliaminas: definição, síntese, funções e ocorrência.....	48
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3.1 Material.....	53
3.1.1 Amostras de alface.....	53
3.1.2 Locais de Produção.....	54
3.1.3 Condições de cultivo.....	55
3.1.4 Reagentes.....	56
3.2 Métodos.....	57
3.2.1 Análise de metais traço.....	57
3.2.1.1 Preparo da amostra.....	57
3.2.1.2 Digestão do material padrão de referência certificado e das amostras de alface.....	58
3.2.1.3 Determinação de metais traço.....	59

3.2.2	Análise de aminos bioativas.....	62
3.2.2.1	Preparo da amostra.....	62
3.2.2.2	Extração.....	62
3.2.2.3	Determinação das aminos bioativas.....	63
3.2.3	Análise estatística.....	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
4.1	Caracterização das alfaces produzidas e das hortas urbanas.....	66
4.2	Teores de metais traço (cobre, cádmio e chumbo) em diferentes cultivares de alface obtidas em três hortas urbanas situadas na RMBH.....	69
4.2.1	Percentual de recuperação dos analitos de interesse a partir da digestão ácida em micro-ondas e quantificação em ICP-MS do material padrão de referência certificado.....	69
4.2.2	Teores de cobre, cádmio e chumbo nas amostras de folhas de alface de diferentes cultivares, obtidas em hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011.....	71
4.3	Perfil e teores de aminos bioativas em três cultivares de alface obtidas em três hortas urbanas alocadas na RMBH	77
4.3.1	Ocorrência de aminos bioativas em folhas e caules de diferentes cultivares de alface.....	77
4.3.2	Teores totais de aminos bioativas em folhas e caules de diferentes cultivares de alface.....	79
4.3.3	Perfil de aminos bioativas nas folhas e caule de diferentes cultivares de alface.....	81
4.2.4	Influência das cultivares e locais de produção nos teores totais de aminos bioativas.....	83
5	CONCLUSÕES.....	88
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

LISTA DE TABELAS

1	Teores médios de cobre, cádmio, chumbo, níquel e zinco em hortaliças produzidas em áreas urbanas de diferentes cidades.....	33
2	Limites máximos de metais traço em hortaliças e outros alimentos.....	41
3	Estudos de metais e metaloides em alimentos e solo a partir de diferentes metodologias analíticas.....	47
4	Teores de aminas bioativas presentes em algumas hortaliças.....	52
5	Parâmetros de digestão em forno micro-ondas para amostras de hortaliças.....	58
6	Parâmetros de digestão em forno de micro-ondas para a etapa de complexação de fluoretos metálicos.....	59
7	Valores de coeficiente de correlação (r^2) da curva de calibração para o cobre, cádmio e chumbo.....	60
8	Parâmetros e condições instrumentais do ICP-MS ELAN DRC-e para análise de cobre, cádmio e chumbo em alface.....	60
9	Valores de coeficiente de correlação (r^2) da curva de calibração de dez aminas bioativas pesquisadas.....	64
10	Porcentagem de recuperação de cobre, cádmio e chumbo no material padrão de referência certificado DC73350 após digestão em forno de micro-ondas.....	70
11	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de cobre em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	71
12	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de cádmio em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	72
13	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de chumbo em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	73
14	Teores totais de aminas bioativas nas folhas de alfaces de diferentes cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011.....	80
15	Teores médios de água nas diferentes cultivares de alfaces obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011.....	80
16	Teores totais de aminas bioativas no caule de alfaces de diferentes cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011.....	81
17	Teores médios de aminas bioativas em folhas e caule de alfaces obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011.....	83
18	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de putrescina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	84
19	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermidina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	84
20	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	85

LISTA DE TABELAS (Continuação)

21	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de putrescina em caules de alfaces coletados no período de setembro a outubro de 2011.....	85
22	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermidina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011.....	86
23	Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermina em caules de alfaces coletados no período de setembro a outubro de 2011.....	86

LISTA DE FIGURAS

1	Prevalência de situação de segurança alimentar em domicílios particulares, por situação do domicílio, Brasil, 2004.....	22
2	Forno de micro-ondas Multiwave 3000 - Anton Paar do Laboratório de Espectrometria de Massas (CDTN).....	45
3	Estrutura química de algumas aminas bioativas.	48
4	Via para a síntese de poliaminas.....	50
5	Uma amostra de alface da cultivar Baba de Verão proveniente do Jardim Produtivo.	53
6	Uma amostra de alface da cultivar Regina de Verão proveniente do Jardim Produtivo.....	53
7	Uma amostra de alface da cultivar Romana Branca de Paris proveniente do Jardim Produtivo.....	53
8	Vista parcial da Horta do Cafezal com algumas culturas de hortaliças, outubro, 2011.....	54
9	Vista parcial do Jardim Produtivo com algumas culturas de frutas e hortaliças setembro, 2011.....	54
10	Vista parcial do Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar de Contagem com algumas culturas de frutas e hortaliças, outubro, 2011.....	54
11	Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado com o sistema ELAN DRC-e e o amostrador automático AS 10-Perkin Elmer SCIEX do Laboratório de Espectrometria de Massa.....	61
12	Cultivo de alface do Jardim Produtivo.....	68
13	Cultivo de alface do Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar em início de pendoamento.....	68
14	Comparação do limite máximo tolerado de cobre preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas.....	75
15	Comparação do limite máximo tolerado de cádmio preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas....	75
16	Comparação do limite máximo tolerado de chumbo preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas....	76
17	Percentual de ocorrência de aminas bioativas em folhas de alface provenientes de três cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH.....	78
18	Percentual de ocorrência de aminas bioativas em caule de alface provenientes de três cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH.....	78
19	Contribuição de cada amina bioativa ao teor total em folhas de alface de diferentes cultivares obtidas das hortas urbanas da RMBH.....	82

LISTA DE FIGURAS (continuação)

- 20 Contribuição de cada amina bioativa ao teor total em caule de alface de diferentes cultivares obtidas das hortas urbanas da RMBH..... 82

LISTA DE ABREVIATURAS

ADC	- Arginina descarboxilase
AGM	- Agmatina
AMAU	- Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AU	- Agricultura Urbana
BHA	- Butil hidroxi anisol
BHT	- Butil hidroxi tolueno
BMDL _{0,5}	- Limite Inferior da Dose de Referência para aumentar em 0,5%
CAD	- Cadaverina
CCF	- Cidades Cultivando para o Futuro
CEASA-MG	- Central de Abastecimento de Minas Gerais
CEVAE	- Centro de Vivência Agroecológico
CMAUF	- Centro Municipal de Agricultura Urbana e Familiar - Contagem, MG
CVAAS	- Espectrometria de Absorção Atômica por Vapor Frio
DNA	- Ácido desoxirribonucleico
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPD	- Espermidina
EpdS	- Espermidina sintase
EPM	- Espermina
EpnS	- Espermina sintase
FAAS	- Espectrometria de Absorção Atômica em Chama
FAO	- <i>Food and Agriculture Organization</i>
FEM	- Feniletilamina
GFAAS	- Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite
HIM	- Histamina
IARC	- <i>International Agency for Research on Cancer</i>
ICP-AES	- Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado
ICP-MS	- Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
IDA	- Ingestão Diária Aceitável
IDRC	- <i>International Development Research Centre</i>
IDT	- Ingestão Diária Tolerável
JECFA	- <i>Join Expert Committee on Food Additives</i>
LBqA	- Laboratório de Bioquímica de Alimentos
LMT	- Limite Máximo de Tolerância
MDS	- Ministério do Desenvolvimento Social de Combate à Fome
MPRC	- Material Padrão de Referência Certificado
MS	- Ministério da Saúde
NAA	- Ativação Neutrônica
ODC	- Ornitina descarboxilase
ONG	- Organização Não Governamental
OPA	- <i>orto</i> -Ftalaldialdeído
PMBH	- Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PMTDI	- Ingestão Provisória Diária Máxima Tolerável
PNAD	- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNAN	- Política Nacional de Alimentação e Nutrição
POF	- Pesquisa de Orçamentos Familiares
PTMI	- Ingestão Tolerável Provisória Mensal
PTWI	- Ingestão Provisória Tolerável Semanal

LISTA DE ABREVIATURAS (continuação)

PUT	- Putrescina
QI	- Quociente de inteligência
REDE	- Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas
RMBH	- Região Metropolitana de Belo Horizonte
RNA	- Ácido ribonucleico
SAM	- S-adenosilmetionina
SAMDC	- S-adenosilmetionina descarboxilase
SAN	- Segurança Alimentar e Nutricional
SERTA	- Serviço de Reator e Técnicas Analíticas
SISAN	- Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
SRT	- Serotonina
SUS	- Sistema Único de Saúde
TIM	- Tiramina
TRM	- Triptamina
WHO	- <i>World Health Organization</i>

RESUMO

A agricultura urbana é uma atividade presente em praticamente todas as cidades do mundo. Sua prática proporciona diversos benefícios aos agricultores urbanos, a exemplo da produção de hortifrutigranjeiros, fontes de vitaminas, minerais e compostos bioativos, como as poliaminas, que possuem atividade antioxidante. No entanto, a sua prática pode apresentar alguns riscos associados à poluição das cidades, como a contaminação da sua produção por metais traço. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo investigar, por ICP-MS, se três cultivares de alfaces produzidas em diferentes hortas urbanas, a saber, Horta do Cafezal e Jardim Produtivo, localizadas no município de Belo Horizonte, MG e Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar, situada no município de Contagem, MG, oferecem riscos pela contaminação de cobre, cádmio e chumbo, além de verificar, por CLAE-par iônico, os perfis e o teores de aminos bioativas em folhas e caule de alface. Todas as amostras apresentaram níveis dos metais analisados abaixo do limite máximo tolerado pela legislação brasileira e pelo *Codex Alimentarius*, atestando a inocuidade das alfaces produzidas nas hortas urbanas estudadas. Os teores de cádmio foram afetados pelo cultivar e os teores de todos os metais investigados foram afetados pelo local de produção. A espermidina, espermina e putrescina foram encontradas em todas as amostras de folha e caule de alface, sendo a espermidina e putrescina predominantes nas folhas e a espermidina e espermina, no caule. A agmatina foi encontrada em 33% das amostras de folhas de alface. Nas folhas, as variáveis cultivar e local de produção interferiram significativamente no teor de putrescina e espermidina, o que não ocorreu com os teores de espermina. No caule, apenas os teores de putrescina foram afetados pelo cultivar.

Palavras-chave:

metais traço; agricultura urbana; aminos bioativas; alface; ICP-MS; CLAE-par iônico.

ABSTRACT

Trace metals and bioactive amines in lettuce produced in urban agriculture.

Urban agriculture is an activity being practiced in every city of the world. Its practice has provided several benefits to growers, among them, availability of fresh vegetables, source of vitamins, minerals and bioactive compounds such as polyamines, which have shown antioxidant activity. However, urban agriculture can be a risk in case the vegetables are contaminated with metals. Therefore, the objective of this study was to investigate if three lettuce cultivars produced in different urban gardens within the metropolitan region of Belo Horizonte, MG (Cafezal, Productive Garden and Metropolitan Center for Urban and Familiar Agriculture), would offer contamination risks due to the presence of copper, cadmium and lead. Furthermore, the impact of these metals on plant growth was investigated by means of bioactive amines, which were investigated in the leaves and stems of the lettuce by ion pair HPLC. Every sample analyzed contained levels of these metals below the limits established by Brazilian legislation and also by *Codex Alimentarius*. Therefore, the safety of the lettuce regarding these metals was warranted. The levels of cadmium were affected by the cultivar and the levels of every metal investigated were affected by the location of the garden. Spermidine, spermine and putrescine were detected in every sample analyzed. Spermidine and putrescine were the prevalent amines in the leaves whereas spermidine and spermine were prevalent in the stem. Agmatine was detected in 33% of the samples. In the leaves, the levels of putrescine and spermidine were affected by the cultivar and location of the garden. In the stems, only putrescine levels were affected by the cultivar.

Key words:

Trace metals; urban agriculture; bioactive amines; lettuce; ICP-MS; ion pair HPLC.

1 INTRODUÇÃO

O rápido e relativamente recente processo de urbanização brasileiro, ocorrido entre os anos de 1950 e 1970 ampliou as demandas sobre o poder público de criação de novas políticas capazes de atender uma grande parcela da população urbana em situação de vulnerabilidade social (BRITO, 2006; ABRÚCIO, 2009). Assim, a agricultura urbana (AU) surge como alternativa eficaz para o fornecimento de alimentos saudáveis, geração de renda e possibilidade de reciclagem de resíduos orgânicos domésticos utilizados como matéria prima de insumos naturais (DALA PAULA et al., 2010).

O acesso aos alimentos a partir da AU pode promover saúde e melhorias ambientais. Para tanto, é fundamental verificar as condições referentes à produção dos mesmos, uma vez que também podem oferecer riscos à saúde humana (LOCK & ZEEUW, 2001; PERIS et al., 2007; SHARMA et al., 2008; WEI & YANG, 2010; NABULO et al., 2011; SURUCHI & KHANNA, 2011). Tal hipótese decorre de alguns fatos, como a presença de metais particulados no ar das grandes cidades, a exemplo dos níveis atmosféricos de chumbo na cidade Rio Grande localizada no Estado do Rio Grande do Sul, acima dos limites legais estabelecidos para países da Europa Oriental (VANZ et al., 2003). Alguns metais presentes nos alimentos, como o chumbo e o cádmio, possuem elevado potencial tóxico e o cobre, mesmo sendo considerado essencial à saúde humana, pode-se tornar tóxico quando ingerido em excesso (BAKKALI et al., 2009).

As pesquisas ambientais realizadas por Sipter et al. (2008) na aldeia de Gyöngyösoroszi, Hungria, documentou concentrações aumentadas de arsênio, cádmio, mercúrio, chumbo e zinco nos solos de hortas próximas de uma mina abandonada de chumbo e zinco. Contudo, os teores de metais traços nos vegetais foram baixos. Os resultados encontrados reforçam a ideia de que nem sempre os metais do solo estão disponíveis para serem absorvidos pelos vegetais. Os metais podem ser encontrados em diferentes formas químicas. Entretanto, o pH do solo também pode exercer importante efeito sobre a biodisponibilidade mineral para as plantas. Além disso, há evidências de que os fatores genéticos das hortaliças representam importante papel no conteúdo mineral das mesmas (MILLER, 2010). O controle dos riscos associados à prática da AU é importante para proteger os cidadãos, consumidores e trabalhadores agrícolas, e também para assegurar ações propositivas no sentido de melhorar a qualidade técnica da produção urbana de alimentos (LOCK & VEENHUIZEN, 2001).

As frutas e hortaliças, alguns dos possíveis produtos da AU, apesar do risco de contaminação, são importantes na composição de uma alimentação saudável, por serem fontes de diversos nutrientes como vitaminas, minerais, fibras e outros compostos bioativos, a exemplo das poliaminas. As poliaminas são bases orgânicas alifáticas de baixo peso molecular, solúveis em água, pertencentes ao grupo das aminas bioativas ou biologicamente ativas e também encontradas em tecidos vegetais e animais com altas taxas de crescimento (MOINARD et al., 2005). Esses compostos desempenham papel importante no crescimento celular e função antioxidante (GLÓRIA, 2005; MENDONÇA, 2009). Contudo, o perfil e os teores de aminas bioativas nos vegetais podem sofrer variação conforme a espécie, tipo de tecido analisado, condições de cultivo e estágio de desenvolvimento (STARLING, 1998; COELHO et al., 2005; GLORIA, 2005; BOMTEMPO, 2011).

O objetivo geral deste trabalho foi verificar [por ICP-MS] se diferentes cultivares de alfaces produzidas em três iniciativas de AU na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) oferecem riscos à saúde humana pela contaminação dos metais cobre, cádmio e chumbo, além de verificar [por CLAE-par iônico] os seus perfis de aminas bioativas, assim como seus teores. Os objetivos específicos foram:

- i) identificar e caracterizar a produção de três cultivares de alfaces (Baba de Verão, Regina de Verão e Romana Branca de Paris) em três iniciativas de AU situadas na RMBH;
- ii) verificar se as cultivares de alface produzidas em cada iniciativa de AU estudada apresentam contaminação, em suas folhas, por cobre, cádmio e chumbo, acima do limite máximo tolerado estabelecido pela legislação nacional;
- iii) investigar se há diferença dos teores médios dos metais traço pesquisados em folhas de alface em relação ao tipo da cultivar e ao local de produção;
- v) determinar o perfil e teores de dez aminas bioativas nas partes comestíveis (folha e caule) das três cultivares de alface estudadas;
- vi) investigar se há diferença do perfil e dos teores de aminas bioativas nas partes comestíveis (folha e caule) de alface em relação ao tipo da cultivar e ao local de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A urbanização no Brasil e as mazelas sociais urbanas

A questão da fome e do acesso desigual e inadequado aos alimentos é um fenômeno global e nenhuma parte do mundo está imune. As estimativas da *Food and Agriculture Organization* (FAO) indicam que o número de pessoas que sofriam com a fome crônica no mundo no ano de 2009 superou a faixa de um bilhão e 20 milhões de pessoas (FAO, 2010). A crise do preço dos alimentos seguida pela crise financeira e recessão econômica global entre os anos de 2007 e 2009 favoreceram o alcance desse patamar tão elevado de famintos e subnutridos. Esses fatores dificultam diretamente a aquisição de alimentos em quantidade e qualidade adequada ao desenvolvimento humano, principalmente pelas famílias mais pobres, comprometendo assim o estado de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) (FAO, 2010).

No Brasil, a SAN é legalmente conceituada pela Lei Federal 11.346 de 15 de setembro de 2006 que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) com vistas em assegurar o direito à alimentação adequada, além de dar outras providências:

“A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis” (BRASIL, 2006).

O enfoque dado à SAN nesta pesquisa, agrega duas dimensões. A primeira é caracterizada pela garantia de acesso aos alimentos e a segunda, pela qualidade. Isso reforça a alimentação como um direito humano para promover a saúde. Além disso, deve ser nutricionalmente balanceada, tendo em conta os hábitos e costumes locais. Dessa forma, um grande desafio da atualidade será o de garantir a constante

disponibilidade de alimentos promotores de saúde à população mundial, que segundo projeções chegará a 9,2 bilhões de habitantes até 2050 (FAO, 2009).

A série de censos brasileiros mostrou que a população experimentou sucessivos aumentos em seu contingente, tendo crescido quase 20 vezes desde o primeiro recenseamento realizado no Brasil, em 1872, quando tinha 9.930.478 habitantes. Em 2010, o Brasil já contava com a marca de 190.755.799 habitantes. O censo também mostrou a continuidade do processo de redução da população rural, na ordem de 2 milhões de pessoas entre 2000 e 2010. Essa redução se deu majoritariamente em função do êxodo rural (IBGE, 2011d).

Com o intenso processo de urbanização, verificou-se nas cidades uma demanda crescente por oportunidades de trabalho digno e melhoria da qualidade de vida, bem como a necessidade de alimentar em condições adequadas, uma população cada vez mais desprovida dos meios de produção de alimentos (AQUINO & ASSIS, 2007).

Em meados do século XX, mais especificamente a partir da década de 1960, a população urbana brasileira superou a rural¹. Alguns fatores como a baixa renda, acesso precário a serviços públicos, condições climáticas adversas e a extrema desigualdade da posse de terra no semiárido brasileiro em contraste com a atrativa expansão do Parque Industrial do Sudeste, em especial do Estado de São Paulo, ilustram o incremento da população urbana e a diminuição das taxas anuais de crescimento populacional rural, demonstrando a tendência de aumento da urbanização no Brasil (BRITO, 2006; FIDA, 2011; IBGE, 2011d). Entretanto, os planos urbanísticos foram seletivos na distribuição dos serviços urbanos, privilegiaram investimentos em áreas a serem ocupadas pela classe média e alta. Também desconsideraram os pobres que ocuparam áreas com baixa qualidade ambiental, desprovidas de bens e serviços urbanos, geralmente áreas sujeitas às inundações e deslizamentos, comprometendo dessa forma o estado de dignidade do ser humano e a SAN (PNUMA, 2002).

¹ Os critérios adotados para subdividir o espaço territorial brasileiro em áreas urbanas e rurais são baseados nas legislações de cada município brasileiro. As áreas urbanas são aquelas internas ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, e as áreas rurais, aquelas externas aos perímetros urbanos, sendo as delimitações definidas por lei municipal (IBGE, 2011d).

Os primeiros resultados do censo 2010 mostram que para o ano de 2010 o Brasil possuía 6.329 aglomerados subnormais² onde concentravam 6,0% da população brasileira. Desse total de domicílios, quase metade (49,8%) estavam na Região Sudeste (IBGE, 2011c). O Brasil não é um país pobre, considerado a sexta maior economia do mundo, em 2011 subiu uma posição no ranking mundial do Índice de Desenvolvimento Humano, ocupando a 84ª posição, sendo classificado como país de desenvolvimento humano alto (PNUD, 2011). Apesar disso, apresenta características marcantes de injustiça e desigualdades sociais e tem um contingente elevado de pessoas em situação de extrema pobreza, são 16,27 milhões, o que representa 8,5% da população total do país. A sua maioria, 53,3%, vive em áreas urbanas, enquanto os outros 46,7% residem em áreas rurais onde encontram-se apenas 15,6% da população total brasileira. Do total de brasileiros que vivem no campo, praticamente um em cada quatro se encontra em situação de extrema pobreza (MDS, 2011).

São comuns os argumentos que justificam a fome mundial como consequência da dinâmica de crescimento populacional, contudo o argumento é parcial, pois a fome é também consequência da desigualdade na distribuição das riquezas sociais, tais como os alimentos produzidos. O Brasil produz o suficiente para atender o abastecimento interno de alimentos em todos os produtos básicos, com exceção do trigo. Lidera ou compartilha a liderança na produção e no comércio internacional de soja, carnes (bovinas, suína e avícola), café, açúcar e álcool, suco de laranja e milho (ROSSI, 2008). Ainda assim, em 34,8% dos cerca de 52 milhões de domicílios visitados em 2004 pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), residiam pessoas em situação de insegurança alimentar e nutricional³, sendo o maior percentual de domicílios nesta situação localizados na zona rural (Figura 1) (IBGE, 2006).

² O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística define aglomerados subnormais como, assentamentos irregulares conhecidos como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, mocambos, palafitas, entre outros (IBGE, 2001c).

³ É entendido aqui como insegurança alimentar e nutricional a violação do direito à SAN, tal situação pode ser detectada a partir da situação de fome, obesidade, doenças associadas à má alimentação, consumo de alimentos de qualidade duvidosa ou prejudicial à saúde, estrutura de produção de alimentos predatória em relação ao ambiente e bens essenciais com preços abusivos e imposição de padrões alimentares que não respeitem a diversidade cultural (CONSEA, 2006).

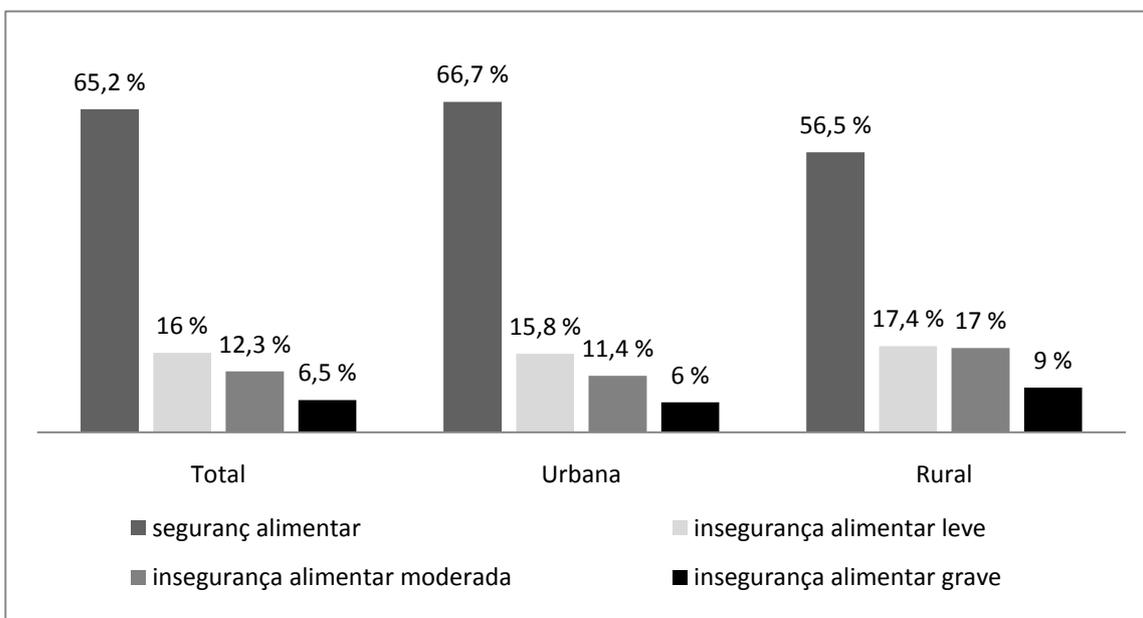


Figura 1. Prevalência de situação de segurança alimentar em domicílios particulares, por situação do domicílio, Brasil, 2004. Insegurança alimentar leve: receio ou medo de sofrer insegurança alimentar no futuro próximo (componente psicológico da insegurança) e problemas de qualidade da alimentação da família; insegurança alimentar moderada: restrição na quantidade de alimentos na família; insegurança alimentar grave: fome entre adultos e/ou crianças da família. Fonte: IBGE (2006).

2.2 Políticas públicas de promoção à alimentação e nutrição, segurança alimentar e nutricional e incentivo à agricultura urbana

Em 1999 foi aprovada a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) com o propósito de garantir a qualidade dos alimentos colocados para o consumo no País, a promoção de práticas alimentares saudáveis e a prevenção e o controle de distúrbios nutricionais, bem como o estímulo às ações intersetoriais que propiciem o acesso universal aos alimentos (BRASIL, 2003). Ao completar dez anos de publicação da PNAN, deu-se início ao processo de atualização e aprimoramento das suas bases e diretrizes de forma a consolidar como uma referência para os novos desafios a serem enfrentados no campo da Alimentação e Nutrição no Sistema Único de Saúde (SUS). Está também organizada em diretrizes que abrangem o escopo da atenção nutricional no SUS com foco na vigilância, promoção, prevenção e cuidado integral de agravos

relacionados à alimentação e nutrição. Essas atividades, integradas às demais ações de saúde, têm a atenção básica como ordenadora das ações (BRASIL, 2011).

A PNAN define nove diretrizes programáticas que possuem, como fio condutor, o Direito Humano à Alimentação Adequada e a SAN, sendo a segunda e sétima diretrizes respectivamente, “promoção da alimentação adequada e saudável”, e “controle e regulação dos alimentos” (BRASIL, 2011). A publicação dessa política reforça a preocupação governamental com as mazelas sociais referentes à escassa ou inadequada alimentação da população brasileira. A segunda diretriz, por exemplo, é uma das vertentes da Promoção à Saúde. No SUS, o bojo de ações com esta estratégia, possui a possibilidade de focar os aspectos que determinam o processo saúde-doença em nosso país. Nessa diretriz, a alimentação adequada e saudável deve suprir as dimensões biológicas, socioculturais, assim como o uso sustentável do meio ambiente. Fundamenta-se nas iniciativas do incentivo, apoio, proteção e promoção da saúde. Sobre a alimentação adequada e saudável, a PNAN ainda estabelece (BRASIL, 2011):

“Deve estar em acordo com as necessidades de cada fase do curso da vida e com as necessidades alimentares especiais; referenciada pela cultura alimentar e pelas dimensões de gênero, raça e etnia; acessível do ponto de vista físico e financeiro; harmônica em quantidade e qualidade; baseada em práticas produtivas adequadas e sustentáveis; livre de contaminantes físicos, químicos, biológicos e de organismos geneticamente modificados.”

A sétima diretriz está pautada no planejamento das ações que garantam a inocuidade e qualidade nutricional do alimento, sendo assim, há uma preocupação com toda a cadeia de processos produtivo do alimento, da produção (incluindo a agricultura tradicional e familiar), do processamento, da industrialização, da comercialização, do abastecimento e da distribuição, em que a responsabilidade é partilhada entre diferentes setores governamentais e da sociedade. Assim, a segurança sanitária busca a proteção da saúde humana considerando as mudanças e as adaptações ocorridas na cadeia de produção de alimentos em escala internacional (BRASIL, 2011).

Contemplando as diretrizes propostas pela PNAN e, conforme menção da FAO (1996), as práticas de AU são atividades responsáveis por importantes contribuições para a alimentação dos cidadãos, ao facilitar o acesso aos seus produtos. Além destas contribuições a AU pode ser responsável por aumentar a biodiversidade e variedade de espécies alimentícias, promovendo o resgate do uso de hortaliças regionais, também chamadas de hortaliças tradicionais ou não convencionais, e proporcionar hábitos alimentares saudáveis a partir do incentivo ao consumo da própria produção.

Conforme afirmação de Maluf (2007), a SAN de uma população se baseia na produção e abastecimento suficiente de alimentos, na condição social e nas relações que ela mantém com a cultura e o ambiente. Assim, desde 2003 as gestões do governo federal têm se debruçado diante da questão da fome e insegurança alimentar e nutricional, desenhando e implantando políticas públicas pautadas na distribuição de renda para conseqüente redução dos níveis nacionais de fome e miséria.

Em Belo Horizonte, capital mineira, e sexto município mais populoso do Brasil com 2.375.151 habitantes (IBGE, 2010), as práticas de fomento à AU possuem longa trajetória. Na década de 1990 foram implantados quatro Centros de Vivências Agroecológicas (CEVAE), sedes público-comunitárias, fruto da parceria entre o setor público e a sociedade civil. Em Belo Horizonte há quatro centros, localizados nas regionais Leste, Oeste, Nordeste e Venda Nova. Objetivava-se com esses centros realizar ações, programas e projetos a fim de propiciar atividades de geração de renda à comunidade, difusão de tecnologias agroecológicas, a autossustentabilidade, a mobilização social, além da realização de cursos e eventos que auxiliem na promoção da educação ambiental e SAN (COUTINHO, 2007).

Mais recentemente, em uma esfera não institucional, surge em 2004 a Articulação Metropolitana de Agricultura Urbana (AMAU), que é composta por representantes de grupos comunitários (de quintais, hortas comunitárias, plantas medicinais, beneficiamento de alimentos etc.), associações comunitárias, movimentos sociais, ocupações rurais e urbanas, pastorais sociais, redes, coletivos e pelo terceiro setor. A AMAU se constitui em um espaço coletivo organizado para discutir e encaminhar as questões ligadas AU e agroecologia, tais como troca de experiências entre os grupos envolvidos, garantir o fortalecimento e a visibilidade do movimento de AU, além de fomentar o debate político acerca dessa temática na Região Metropolitana de Belo

Horizonte (RMBH) (COUTINHO, 2007). A RMBH é o centro político, financeiro, comercial, educacional e cultural de Minas Gerais, composto por 34 municípios, sendo a terceira maior aglomeração urbana do Brasil, com uma população estimada de 5.110.593 habitantes em 2009 (IBGE, 2009).

De 2005 a 2008, a Secretaria Municipal de Políticas Urbanas e a ONG Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas (REDE) assumiram o Programa Global Cidades Cultivando para o Futuro⁴ (CCF). No Brasil, o assunto é uma novidade no meio acadêmico e institucional e vem sendo vinculadas às políticas federais de SAN, a partir do Ministério do Desenvolvimento Social de Combate à Fome (MDS). No âmbito internacional merecem destaque a FAO e o *International Development Research Centre* (IDRC) que também intermediam as discussões sobre a AU (IPES & REDE, 2007).

Em janeiro de 2006 foi publicada a Lei Estadual de Minas Gerais 15.973/2006 que dispõe sobre a política Estadual de apoio à AU e dá outras providências. Assim, a AU é definida em termos legais como:

“Conjunto de atividades de cultivo de hortaliças, plantas medicinais, espécies frutíferas e flores, bem como a criação de animais de pequeno porte, piscicultura e a produção artesanal de alimentos e bebidas para o consumo humano” (MINAS GERAIS, 2006).

Dentre os objetivos estabelecidos na referida lei, merecem destaque:

- “...ampliar as condições de acesso à alimentação e aumentar a disponibilidade de alimentos, inclusive para autoconsumo;
- garantir a qualidade higiênico-sanitária, nutricional e tecnológica dos alimentos processados no seu âmbito;
- estimular práticas alimentares e hábitos de vida saudáveis;
- estimular práticas que evitem, minimizem, reutilizem, reciclem, tratem e disponham adequadamente dos resíduos poluentes,

⁴ O CCF foi implementado em várias capitais da América Latina, África, Ásia e Oriente Médio. Na América Latina foi desenvolvido nas cidades Vila Maria del Triunfo (Peru), Bogotá (Colômbia) e Belo Horizonte (Brasil), o que contribui para fortalecer a imagem positiva de cidade inovadora de políticas de gestão ambiental e social (COUTINHO, 2010).

perigosos ou nocivos ao meio ambiente, à saúde humana e ao bem-estar público...” (MINAS GERAIS, 2006).

A referida lei deixa claro em seus objetivos a preocupação com a garantia do acesso físico e econômico dos cidadãos a uma alimentação de qualidade higiênico-sanitária e promotora de hábitos de vida saudáveis. Em 2010 foi implantado o Centro de Apoio à Agricultura Urbana e Periurbana da RMBH, que é um projeto do MDS a partir do SISAN, que pretende aproximar o Governo Federal, Estadual e Municipal com o intuito de implementar políticas públicas de SAN de forma intersetorial e participativa, promovendo o Direito Humano à Alimentação Adequada em todo o território nacional (COUTINHO, 2010). Dessa forma, algumas cidades como Vila Maria Del Triunfo (Peru), Bogotá (Colômbia) e Belo Horizonte se destacam na tentativa de elaborar, em conjunto com a sociedade civil, planos e agendas estratégicas para a promoção da AU em escala municipal. E nesse processo, as referidas cidades contam com a atuação multiatorial do governo, empresas, universidades, organizações não governamentais, associações comunitárias de base, movimentos sociais e também com a participação dos agricultores urbanos (IPES & REDE, 2007).

Em 20 de julho de 2010 é publicada a Lei municipal de Belo Horizonte nº 9.959 que altera as Leis nº 7.165/96, que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e nº 7.166/96, que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. Com a publicação da referida lei municipal a prática da AU ganha maior visibilidade política por ser então considerada como atividade econômica de ocupação do solo urbano na capital mineira (BELO HORIZONTE, 2010).

Ainda em Belo Horizonte, em 13 de setembro de 2011 é publicada a Lei municipal nº 10.255 que institui a Política Municipal de Apoio à AU como parte integrante da política municipal de abastecimento em harmonia com a política urbana e voltada para a SAN da população, em bases sustentáveis. Conforme o art. 10 dessa lei, os beneficiários prioritários da Política Municipal de Apoio à AU serão as pessoas sob risco de insegurança alimentar e nutricional e as iniciativas coletivas de promoção da qualidade de vida e geração de renda. Sendo alguns dos objetivos dessa lei:

- “ampliar as condições de acesso à alimentação e aumentar a disponibilidade de alimentos, para consumo próprio e comércio local;

- estimular práticas alimentares e hábitos de vida saudáveis;
- garantir a qualidade higiênico-sanitária, nutricional e tecnológica dos alimentos processados no seu âmbito;
- estimular práticas de cultivo, manejo florestal, criação e beneficiamento que previnam, combatam e controlem a poluição e a erosão em quaisquer de suas formas, protejam a flora, a fauna e a paisagem natural e tenham como referência a agricultura agroecológica...” (BELO HORIZONTE, 2011).

Os objetivos destacados na Política Municipal de Apoio à AU reforçam o seu caráter promotor de SAN, a preocupação e o incentivo à produção de alimentos saudáveis e de qualidade higiênico-sanitária comprovada, assim como o manejo sustentável dos recursos naturais urbanos pautados nos princípios agroecológicos.

2.2.1 Benefícios proporcionados pela agricultura urbana

De um modo geral, as práticas de AU podem ser observadas em espaços intraurbanos ou periurbanos, tais como áreas privadas e públicas, *não edificáveis*, como laterais de vias férreas, de estradas e avenidas, áreas inundáveis, faixas sob linhas de alta tensão e em unidades de conservação. Geram produtos agrícolas e pecuários voltados ao consumo próprio, às trocas, às doações ou à comercialização e geralmente são realizadas aproveitando recursos e insumos locais (SANTANDREU & LOVO, 2007).

São também práticas realizadas por pessoas de vários níveis sociais movidas por motivações diversas. As classes média e alta geralmente realizam a AU como meio de valorização estética do ambiente a partir do cultivo de plantas ornamentais. No entanto, serão destacadas neste estudo iniciativas praticadas em áreas públicas e/ou privadas onde geralmente, os produtos são destinados à complementação nutricional do núcleo familiar ou entorno.

A AU pode contribuir com a SAN de muitas formas, aumentando a quantidade de alimentos disponíveis para os pobres das zonas urbanas, aumentando o grau de frescor dos alimentos perecíveis, como as hortaliças que chegam aos consumidores urbanos, incrementando desta forma a diversidade alimentar e o valor nutricional das

refeições realizadas. A produção de hortaliças e a criação de animais a partir da AU também contribuem com a absorção de mão de obra, gerando produtos com valor agregado que possibilitam a obtenção de rendimentos. Esses por sua vez, permitem, aos agricultores urbanos, maior acesso econômico aos outros gêneros alimentícios fundamentais à alimentação humana e que não são provenientes do cultivo urbano (FAO, 1999).

Os benefícios proporcionados pela AU não se restringem à dimensão alimentar e econômica quando gera excedentes para venda ou troca, perpassam também outras dimensões, como a cultural e a ambiental. A dimensão cultural pode ser representada pelo resgate e troca de sementes e mudas de espécies alimentícias não convencionais e pela partilha das diferentes formas de cultivo, preparo e consumo de hortaliças e plantas medicinais. A dimensão ambiental pode ser caracterizada pela transformação de terrenos baldios, considerados focos à propagação de vetores de doenças, em áreas verdes produtivas; por proporcionar impacto visual positivo na paisagem urbana; manutenção da permeabilidade do solo, aumentando assim a capacidade de recarga dos aquíferos quando presentes, e diminuição da ocorrência de enchentes (DALA PAULA et al., 2010). A produção de alimentos pela AU é ampla e diversificada. Tal atividade pode gerar hortaliças, espécies frutíferas, plantas medicinais, ovos, leite, carne de animais de pequeno porte e alimentos e bebidas produzidas de forma artesanal.

2.2.2 Frutas e hortaliças, alguns produtos da agricultura urbana

As frutas e hortaliças, alguns dos produtos obtidos da AU, são importantes na composição de uma alimentação saudável por serem fontes de diversos nutrientes como vitaminas, minerais, fibras e outros compostos bioativos, contribuindo assim com a promoção e manutenção da saúde. Esses alimentos possuem baixa densidade energética, ou seja, oferecem baixo aporte calórico para uma determinada quantidade consumida quando comparada aos outros gêneros alimentícios. Assim, o consumo adequado de frutas e hortaliças auxilia na manutenção de um peso corpóreo desejável e auxilia indiretamente na prevenção de certas doenças crônicas não transmissíveis,

como a obesidade, diabetes, doenças cardíacas, hipertensão arterial e alguns tipos de câncer, cujo risco é aumentado pela obesidade (BRASIL, 2006).

No âmbito das políticas mundiais de alimentação e nutrição, a promoção do consumo de vegetais ocupa posição de destaque dentre as diretrizes de promoção da alimentação saudável, conforme o documento “*A Estratégia Global sobre Alimentação Saudável, Atividade Física e Saúde*”, elaborado pela *World Health Organization* (WHO) e aprovado na 57^o Assembleia Mundial da Saúde. A Estratégia Global estimula o consumo de frutas e hortaliças visando atingir um mínimo de 400 g per capita por dia, em função do efeito protetor em relação às doenças crônicas não transmissíveis (WHO, 2004). No cenário nacional, a mesma indicação é adotada pelo Ministério da Saúde (MS) que a adapta em consumo diário mínimo de três porções⁵ de frutas e três de hortaliças e também em correspondência de cerca de 9 % a 12 % das calorias totais da dieta diária. Enfatiza ainda a importância de variar o consumo desses alimentos nas refeições ao longo da semana (BRASIL, 2006).

O consumo de frutas e hortaliças pela população brasileira está aquém das recomendações internacional e nacional. Um estudo realizado por Jaime e Monteiro (2005), constatou que no ano de 2003, menos da metade da população brasileira relatou consumir diariamente frutas e menos de um terço, hortaliças. A Pesquisa de Orçamentos Familiares⁶ (POF) realizada nos anos de 2008-2009 demonstrou um consumo diário médio per capita de frutas e hortaliças, equivalente a 86,1 g e 40,3 g, respectivamente. O somatório dessas quantidades corresponde a apenas 126,4 g, consumo inferior à metade daquele preconizado pela WHO e MS. Em relação a participação percentual calórica das frutas e hortaliças no total da dieta, elas correspondem em média a apenas 2,8%, cerca de um quarto do percentual recomendado para uma dieta de 2.000 Kcal diária (IBGE, 2011a).

⁵Definida como uma porção de frutas e hortaliças a quantidade desses alimentos equivalente à, respectivamente, 70 Kcal e 15 Kcal (BRASIL, 2006).

⁶A POF visa principalmente mensurar as estruturas de consumo, dos gastos, dos rendimentos e parte da variação patrimonial das famílias. Possibilita traçar, portanto, um perfil das condições de vida da população brasileira a partir da análise de seus orçamentos domésticos (IBGE, 2011b).

A POF (2008-2009) também demonstra a baixa aquisição anual de frutas e hortaliças pelas famílias com menor rendimento monetário mensal quando comparados àquelas com rendimento mensal superior (IBGE, 2011b). De modo geral, a pobreza é um dos fatores principais do acesso custoso ou insuficiente aos alimentos e, obviamente, da ocorrência da insegurança alimentar e nutricional. É nesse sentido que se percebe hoje a oportunidade de que os espaços urbanos sejam (re)valorizados como áreas destinadas a uma produção de alimentos para autoconsumo e eventuais excedentes para comercialização, como diversas experiências de AU têm demonstrado. A partir dessas experiências, verifica-se também o importante papel que a produção agrícola urbana pode representar na melhoria qualitativa da dieta das famílias envolvidas, aliado ao favorecimento à (re)inserção social de populações marginalizadas bem como melhorias nas condições ambientais (AQUINO & ASSIS, 2007).

Uma quantidade significativa da produção de alimentos no mundo é realizada dentro de cidades ou em suas periferias, desempenhando importante complemento na alimentação. Calcula-se que em todo o mundo, 800 milhões de habitantes das cidades se dedicam ou participam de atividades relacionadas à AU que geram renda e produzem alimentos, sendo equivalente à aproximadamente dois terços dos domicílios urbanos (FAO, 1999). O desenvolvimento de atividades agrícolas no meio urbano é bastante frequente, sendo favorecida pela proximidade do mercado consumidor e disponibilidade de mão de obra (PEDRON et al., 2004). A partir da AU é produzida uma grande diversidade de hortaliças, sendo a alface uma das hortaliças mais frequentes em hortas urbanas (CRUZ & MEDINA, 2001).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional (SILVA et al., 2008). Também é uma cultura tradicionalmente cultivada por pequenos produtores no campo ou na cidade, o que lhe confere importância econômica e social. Devido à sua alta perecibilidade e baixa resistência ao transporte, a alface é cultivada próxima aos grandes centros consumidores, nos chamados “Cinturões Verdes” (SILVA et al., 2008). É considerada uma planta anual, originária de clima temperado e pertencente à família Asteracea. Quando cultivada no verão, geralmente apresenta baixa qualidade, produtividade e pendoamento precoce que torna as folhas amargas e pouco apropriadas para o consumo (EMBRAPA, 2009).

Atualmente existem no mercado sementes de várias cultivares com características de plantio bem distintas entre si. No entanto, recomenda-se testá-las nas diferentes regiões produtoras do país, pois o seu comportamento varia principalmente em função das condições edafoclimáticas de cada região (TOSTA et al., 2010). Praticamente todas as cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente durante o crescimento vegetativo. As cultivares de alface atualmente disponíveis no mercado brasileiro de sementes podem ser agrupadas em seis tipos morfológicos principais, com base na formação de cabeça e tipo de folhas. São eles, repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa, solta crespa roxa e tipo romana (EMBRAPA, 2009).

A cultivar Baba de Verão é considerada do tipo morfológico “repolhuda lisa”, apresenta folhas lisas, delicadas e macias, de coloração verde clara, com nervuras pouco salientes, com aspecto oleoso (manteiga), formando uma cabeça típica e compacta, seu diâmetro comercial varia de 20 a 30 cm. A empresa produtora das sementes utilizadas alega que a semeadura desta cultivar pode ser realizada durante todo o ano. A cultivar Regina de Verão pertence ao tipo morfológico “solta lisa”, apresenta folhas lisas, soltas, relativamente delicadas, de coloração verde-amarelada, sem formação de cabeça compacta, seu diâmetro comercial pode variar de 25 a 35 cm. A semeadura desta cultivar também pode ser feita durante todo o ano. Por fim, a cultivar Romana Branca de Paris é agrupada no “tipo romana”, tendo como características principais as folhas tipicamente alongadas, duras, de coloração verde-escura, com nervuras claras e com uma cabeça fofa e alongada na forma de cone, seu diâmetro comercial pode variar de 20 a 30 cm, sendo recomendada a realização da semeadura desta cultivar entre os meses de fevereiro a agosto (EMBRAPA, 2009; ISLA, 2011).

2.2.3 Riscos envolvidos com a prática da agricultura urbana

A crescente urbanização associada ao mau uso dos recursos naturais, a insuficiente fiscalização e controle das atividades industriais somada ao aumento vertiginoso da frota de carros nas ruas das metrópoles brasileiras, compromete as condições ambientais e aumenta a poluição nas cidades. A Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a

Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação define poluição como:

“A degradação da qualidade ambiental resultante de atividade que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota⁷;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (BRASIL, 1981).

Dessa forma, a presença de teores de materiais, tais como os metais traço, em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos, configuram-se casos de poluição ambiental. Isto, por sua vez, afetará desfavoravelmente os componentes bióticos do ecossistema, comprometendo sua funcionalidade e sustentabilidade. No meio urbano, alguns metais e metalóides tóxicos, tais como o cádmio, chumbo, mercúrio e arsênio podem ser acumulados no corpo humano a partir da inalação direta, ingestão e absorção pelo contato com a pele. No entanto, a ingestão desses elementos tóxicos pela cadeia alimentar tem sido considerada a via predominante de exposição humana (WEI & YANG, 2010).

Os elementos metálicos não são biodegradáveis, sendo, portanto, considerados contaminantes ambientais persistentes. Esses elementos se depositam no solo ou em superfícies de vegetais e são absorvidos e/ou depositados nos tecidos vegetais expostos aos mesmos. Dessa forma as características específicas do local de produção das hortaliças podem interferir diretamente em seus teores médios de metais traço (SHARMA et al., 2009). A Tabela 1 contém os teores médios de cobre, cádmio, chumbo, níquel e zinco em algumas hortaliças produzidas em áreas urbanas de diferentes cidades do mundo.

Nos grandes centros metropolitanos o problema da degradação da qualidade do ar tem-se constituído numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus

⁷ Biota é o conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam determinado ambiente geológico (BRASIL, 1981).

habitantes. Metais traço, como o cobre, cádmio e chumbo estão presentes no material particulado e merecem atenção especial devido à elevada toxicidade sobre os organismos, podendo ocasionar sérios efeitos crônicos (FONTENELE & PEDROTTI, 2009).

Tabela 1. Teores médios de cobre, cádmio, chumbo, níquel e zinco em hortaliças produzidas em áreas urbanas de diferentes cidades

Local	Amostra	Teores médios, em base seca, dado em (mg/Kg ± DP)				
		Cu	Cd	Pb	Ni	Zn
Kayseri, Turquia ¹	Alface	59,93±0,4	0,34±0,01	9,7 ± 0,9	6,3 ± 0,07	39,5 ± 1,15
	Tomate	32,6±2,4	0,41±0,007	9,7 ± 0,001	3,1 ± 0,5	3,56 ± 0,99
	Cebola	53,83±1,7	0,97±0,008	8,7 ± 0,009	4,6 ± 1,02	21,34 ± 3,7
	Pepino	37,1±3,4	0,64±0,004	6,9 ± 0,008	13,45 ± 1,5	20,08 ± 1,7
Nottingham Inglaterra ²	Couve cv. Drumhead	5,38±0,29	0,382±0,073	-	1,79 ± 0,23	-
	Espinafre	9,38±0,48	2,52±0,21	2,28 ± 0,05	2,26 ± 0,44	-
	Alface cv. Evola	-	1,22±0,08	0,442 ± 0,064	-	35,0 ± 2,31
	Alface cv. Little Gem	-	1,13 ± 0,04	0,443 ± 0,052	-	26,4 ± 0,80
Varanasi, Índia ³	Alface cv. Lakeland	6,67 ± 1,16	1,31 ± 0,039	0,414 ± 0,109	-	27,7 ± 0,97
	Quiabo	13,80 ± 0,30	3,23 ± 0,15	1,71 ± 0,06	-	59,05 ± 2,89
	Couve-flor	41,13 ± 1,33	3,31 ± 0,17	1,75 ± 0,05	-	76,89 ± 1,39

DP: desvio padrão; Cu: cobre, Cd: cádmio; Pb: chumbo; Ni: níquel; Zn: zinco; cv.: cultivar. ⁽¹⁾Demirezen & Aksoy (2006); ⁽²⁾Nabulo et al. (2011); ⁽³⁾Sharma et al. (2008).

Para as hortas situadas nas proximidades de rodovias, região de intenso tráfego de veículos ou atividade industrial, a poluição atmosférica representa uma importante via de contaminação na forma de aerossóis contendo metais. Esses aerossóis podem ser depositados no solo e serem absorvidos pelas plantas ou, alternativamente, depositados nas folhas e frutos das mesmas (SHARMA et al., 2008). As características físico-químicas do aerossol, como tamanho da partícula, pressão de vapor e solubilidade em água determinarão o processo pelo qual os metais traço serão removidos. Importante observar que o chumbo e o cádmio se apresentam predominantemente na fração fina ($d < 2,5 \mu\text{m}$), que corresponde ao material particulado que atinge as regiões mais profundas do trato respiratório. O cobre

encontra-se, geralmente, presente no material particulado com diâmetro aerodinâmico entre 1 e 5 µm (FONTENELE & PEDROTTI, 2009).

Muitos estudos demonstraram que hortaliças cultivadas nas proximidades de áreas urbanas com intensa atividade industrial e em solos contaminados podem acumular metais traço potencialmente tóxicos à saúde humana (PERIS et al., 2007; SHARMA et al., 2008; WEI & YANG, 2010; NABULO et al., 2011; SURUCHI & KHANNA, 2011). As terras utilizadas no cultivo urbano de hortaliças podem estar contaminadas com elementos orgânicos e inorgânicos tóxicos provenientes da irrigação com água residual de estações de tratamento de esgoto, escape veicular, resíduos sólidos, líquidos ou gasosos provenientes de atividades de mineração ou pela atividade industrial nas proximidades. Dessa forma, a AU, amplamente praticada em países em desenvolvimento pode representar um risco pela proximidade a essas fontes de contaminação (CAO et al., 2010; NABULO et al., 2011).

Vários fatores são responsáveis pela captação e bioacumulação de metais e metaloides em vegetais, dentre eles, o clima, a deposição atmosférica, a concentração desses elementos no solo de cultivo, a utilização de água contaminada para a irrigação, o emprego de insumos químicos, o grau de maturidade das plantas no momento da colheita, assim como as características genéticas de cada vegetal e a variedade dos mesmos (SHARMA et al., 2008; MILLER, 2010; NABULO et al., 2011). Está bem estabelecido pela literatura que os metais traço presentes no solo podem estar associados a várias formas químicas com diferentes solubilidades. Estas distintas solubilidades estão diretamente relacionadas com sua mobilidade e disponibilidade biológica. As formas solúveis dos metais traço são as mais absorvidas pelas plantas (SURUCHI & KHANNA, 2011).

Sharma et al. (2006) demonstraram que o maior acúmulo de metais traço estão nas porções comestíveis de culturas de folhosos e raízes ao invés dos órgãos de armazenamento. Singh et al. (2010) relatam que a capacidade de absorção de metais traço depende da natureza dos vegetais, sendo que alguns deles possuem potencial para acumular maiores concentrações de metais traço que outros. Intawongse e Dean (2006) afirmaram que a alface e o rabanete são as hortaliças que contribuem em maior escala para a acumulação de metais traço nos seres humanos a partir da ingestão de suas partes comestíveis.

Assim, existe uma imensa variedade de culturas vegetais com capacidades distintas de absorção de metais traço a partir de suas raízes e transporte dos mesmos para suas partes comestíveis. Tal fato não depende somente do tipo de metal ou metaloide e de sua forma química, mas também da espécie vegetal, das variedades de cultivares, das características do solo e outras condições de crescimento. O chumbo, por exemplo, não é facilmente absorvido pelas raízes de muitas plantas e mesmo que seja, raramente é transportado para as partes comestíveis da mesma. No entanto, alguns vegetais de folhas verdes tais como o espinafre e a mostarda indiana apresentam a capacidade de transportar elementos metálicos como o chumbo (MARSHAL et al., 2003)

O estudo realizado por Nabulo et al. (2011) reforçou a ideia de que diferentes cultivares de um mesmo vegetal podem apresentar diferente capacidade absorptiva de elementos metálicos. Os resultados das análises de contaminantes em três variedades de alfaces cultivadas em condições padronizadas demonstraram diferentes níveis de contaminação por zinco e níquel entre as três variedades de alfaces (*Latuca sativa* Lakeland, *L. sativa* Evola, *L. sativa* Little Gem), enquanto o mesmo não ocorreu para chumbo e cádmio. Os níveis de contaminação por zinco só não foram significativamente diferentes entre *L. sativa* Lakeland e *L. sativa* Little Gem.

Singh et al. (2010) realizaram uma pesquisa na cidade de Varanasi na Índia onde foram quantificados os níveis de elementos metálicos, a saber, cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco no solo, em vegetais e na água residual de uma estação de tratamento utilizada na rega de hortas. Os pesquisadores evidenciaram que o uso prolongado da água residual por mais de 20 anos proporcionou um acúmulo de metais traço no solo e consequente superação dos limites de segurança para o consumo humano em todas as amostras de vegetais para cádmio, chumbo e níquel. Os pesquisadores concluíram que são necessárias medidas de tratamento mais eficientes em águas residuais utilizadas para irrigação, assim como o monitoramento regular de tais contaminantes em vegetais produzidos sob essas condições.

Além dos riscos associados ao cultivo urbano e uso de águas residuais para a irrigação, a cadeia de transporte para o mercado consumidor também pode contribuir com o aumento da contaminação por metais, quer seja pela deposição atmosférica durante o armazenamento ou pelo transporte e venda em feiras de mercados urbanos.

Tal fato foi evidenciado por Sharma et al. (2009) em estudo realizado com hortaliças adquiridas em feiras abertas e diretamente no local de plantio, ambos na cidade de Varanasi na Índia.

Outros estudos desenvolvidos por Sharma et al. (2008) e Yusuf e Oluwole (2009) nas cidades de Varanasi na Índia e Lagos na Nigéria, respectivamente, concluíram que a higienização das hortaliças antes do consumo foi eficiente para reduzir significativamente os níveis de contaminação de metais. Sharma et al. (2008) realizaram a limpeza das hortaliças conforme técnica doméstica e encontraram faixas de reduções percentuais, com valores mínimos para cobre, zinco, cádmio e chumbo de 23%, 30%, 43% e 30% e máximos de 51%, 52%, 68% e 48%, respectivamente. Marshall et al. (2003) simularam a técnica de higienização feita nos domicílios de Delhi na Índia em amostras de espinafres e observaram a redução de aproximadamente 20% da contaminação por metais, após uma segunda higienização a contaminação reduziu em cerca de 50%. A terceira lavagem não demonstrou redução significativa da contaminação superficial do espinafre.

É importante apontar e propor soluções aos riscos para a saúde que estão associados às práticas de AU não só para proteger os cidadãos, consumidores e trabalhadores agrícolas, mas também para assegurar o apoio das autoridades municipais e nacionais à produção urbana sustentável de alimentos.

2.3 Metais e metaloides tóxicos

A expressão “metais pesados”, mesmo sendo muito utilizada, não é bem definida, podendo-se empregar como sinônimos, “metais traço”, “elementos traço”, “microelementos”, dentre outros. Define-se por metais pesados, o grupo de elementos com densidade superior a 5 mg/mL. Embora o termo faça menção aos metais, alguns autores também se referem ao metaloide arsênio como um metal pesado. Alguns exemplos de elementos tóxicos bem conhecidos e que possuem densidade superior a 5 mg/mL são: arsênio: 5,7 mg/mL; cádmio: 8,65 mg/mL; chumbo: 11,34 mg/mL; e mercúrio: 13,546 mg/mL (SURUCHI & KHANNA, 2011).

A associação de sintomas ou indicativos de intoxicação aguda por metais traço não é difícil de ser identificada, isso porque, geralmente a manifestação dos sintomas é rápida, grave, e em muitas vezes, podem ser associada a uma exposição ou ingestão conhecida. Pode ser caracterizada por cólicas, náuseas, vômitos, sudorese excessiva, dores de cabeça, dificuldade para respirar, deficiência cognitiva e motora, além de convulsões. Os sintomas da intoxicação decorrente da exposição crônica são caracterizados pelo comprometimento cognitivo e motor, dificuldades de aprendizado, instabilidade emocional, insônia, náuseas, letargia e mal-estar. Esses sintomas também são facilmente identificados, no entanto, são muito mais difíceis de serem associados à sua causa. Devido à semelhança desses sintomas a outros tantos relacionados com quadros de enfermidade e muitas vezes desenvolvem-se lentamente ao longo de meses ou anos. Podem, inclusive, diminuir com o passar do tempo, levando a pessoa a adiar a busca por tratamento (MAIHARA & FÁVARO, 2009).

A contaminação por metais traço em hortaliças não deve ser menosprezada, uma vez que esses alimentos são importantes componentes da dieta humana. Contudo, o consumo desses alimentos contaminados por metais podem representar sérios riscos à saúde do ser humano (SHARMA et al., 2009). Alguns metais e metaloides, como o chumbo, cádmio, arsênio e mercúrio, são aqueles com maior potencial tóxico entre os presentes nos alimentos. Assim, os pesquisadores e órgãos de vigilância internacionais têm buscado respostas sob a forma de restrições legais à sua presença em alimentos. Entretanto, outros metais como cobre, ferro, estanho, magnésio, manganês, molibdênio e cromo, os quais estão presentes em quantidades traço na dieta humana, também podem se tornar tóxicos para os seres humanos em condições especiais ou quando ingeridos em excesso (BAKKALI et al., 2009).

É altamente aconselhável que os dados de estudos referentes à ingestão dietética de metais traço sejam comparados com a Ingestão Diária Aceitável (IDA) ou Ingestão Diária Tolerável (IDT) recomendada pelo “*Join Expert Committee on Food Additives*” (JECFA). A IDA refere-se às substâncias que podem ser ingeridas diariamente sem riscos para a saúde, enquanto a IDT é usada para enfatizar a importância de limitar a ingestão diária de contaminação dos alimentos por um período sem que acarrete consideráveis riscos à saúde. Entretanto, para os metais que são capazes de se acumular no organismo, a ingestão tolerável é expressa como Ingestão Semanal Provisória Tolerável (PTWI). A PTWI do JECFA representa a exposição semanal de

contaminantes que podem causar efeitos adversos à saúde dos seres humanos (ZUKOWSKA & BIZIUK, 2008).

2.3.1 Chumbo

Historicamente, a emissão atmosférica de chumbo nos anos 40 deve ser levada em consideração, uma vez que este metal era utilizado como aditivo na gasolina. Entretanto, no início dos anos 70 houve um esforço contínuo para a redução do mesmo na gasolina, impulsionado pela crescente preocupação dos efeitos adversos à saúde humana. No Brasil, o uso do etanol anidro na gasolina permitiu o banimento definitivo do chumbo, a partir de 1993 (FONTENELE & PEDROTTI, 2009). O chumbo é encontrado difundido no meio ambiente e também em alimentos e bebidas, como chumbo metálico, íon, sais inorgânicos e compostos organometálicos. A presença do chumbo em plantas ocorre com frequência por causa da poluição ambiental, levando a contaminação da superfície da planta (FAO/WHO, 1996). A exposição ao chumbo está associada a uma ampla gama de efeitos adversos, incluindo alterações no desenvolvimento neurológico, aumento da mortalidade (principalmente por doenças cardiovasculares), insuficiência renal, hipertensão arterial e infertilidade (FAO/WHO, 2010b). O chumbo é classificado como um carcinógeno de categoria 2B pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC) apresentando evidência de carcinogenicidade em animais, porém não conclusiva em humanos. A toxicidade grave de chumbo causa esterilidade, aborto, mortalidade e morbidade neonatal (MAIHARA & FÁVARO, 2009).

As análises da dose-resposta da PTWI estimada previamente pelo JECFA equivalente a 25,0 µg/Kg de peso corpóreo foram associadas com a diminuição de pelo menos três pontos do Quociente de Inteligência (QI) em crianças e com o aumento na pressão arterial sistólica de aproximadamente 3 mmHg em adultos. Embora tais efeitos possam ser insignificantes em nível individual, tais alterações causariam um grande impacto em uma população. Assim, o JECFA concluiu que a antiga PTWI não poderia mais ser considerada protetora da saúde e a retirou (FAO/WHO, 2010b). No ano de 2001 o

JECFA adotou limites máximos de contaminantes e toxinas em vegetais folhosos para o chumbo equivalente a 0,3 mg/Kg do alimento *in natura* (FAO/WHO, 2011).

2.3.2 Cádmio

O cádmio é um elemento muito utilizado industrialmente para revestimento de metais a fim de torná-los resistentes à corrosão, em plásticos desempenhando função de estabilizadores, em tintas como pigmentos, em baterias e também se apresentando como contaminantes em fertilizantes (MAIHARA & FÁVARO, 2009). A ingestão de alimentos altamente contaminados por cádmio pode ocasionar efeitos agudos de repercussão gastrintestinal, como diarreia e vômito. A consequência mais evidente do envenenamento crônico pela via alimentar é o comprometimento do funcionamento renal, com surgimento de nefropatia irreversível, que pode se converter em insuficiência renal, caracterizando-se por perda anormal de proteínas pela urina (MAIHARA & FÁVARO, 2009). O cádmio é um metal com meia-vida excepcionalmente longa, dessa forma o JECFA considerou como forma mais apropriada para expressar o valor de orientação existente, o período de um mês. Assim, o PTWI antigo, equivalente a 7 µg/Kg de peso corpóreo foi retirado e foi decidido expressar a Ingestão Tolerável Provisória Mensal (PTMI). O PTMI estabelecido é de 25,0 µg/Kg de peso corpóreo (FAO/WHO, 2010b). Para o cádmio, o JECFA adotou em 2005 o limite máximo de contaminantes e toxinas em vegetais folhosos equivalente a 0,2 mg/Kg do alimento *in natura* (FAO/WHO, 2011).

2.3.3 Cobre

O cobre tem funções orgânicas específicas por ser constituinte de diversas enzimas com atividades de oxidação e redução. O envolvimento considerável do cobre no metabolismo do esqueleto, no sistema imunológico e na redução do risco de doenças cardiovasculares constitui a tríade de maior importância nas discussões atuais relativas a este mineral e à nutrição humana. Sob condições de sobrecarga crônica de cobre,

haverá aumento de cobre livre e conseqüente aumento do dano lipídico provocado pelos radicais de oxigênio formados (PEDROSA et al., 2009). A ingestão de alimentos ácidos que permanecem por muito tempo em contato com recipientes de cobre metálico pode gerar intoxicação aguda pelo metal. Os sintomas do envenenamento agudo incluem gosto metálico na boca, salivação excessiva, vômitos, queimação epigástrica, sangramento gastrintestinal e diarreia. Pode também ocorrer hemólise, necrose hepática, taquicardia, convulsões e coma (ARAYA et al., 2003). Para o cobre, o JECFA estabeleceu a Ingestão Provisória Diária Máxima Tolerável (PMTDI) como 500 µg/Kg de peso corpóreo e recomendou que fossem considerados quaisquer levantamentos epidemiológicos referentes a grupos com alta ingestão de cobre, a fim de determinar se há ou não qualquer evidência de comprometimento da saúde (FAO/WHO, 1982). Para este elemento, não há informações válidas para vegetais folhosos referentes ao nível máximo de contaminantes e toxinas estabelecido pelo JECFA, apenas para óleos e gorduras (FAO/WHO, 2011).

2.3.4 Resoluções vigentes no Brasil sobre os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos

No âmbito nacional, o Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965, define os Limites Máximos de Tolerância (LMT) de contaminantes inorgânicos em bebidas e alimentos (BRASIL, 1965). Em 1994 ficam estabelecidos pela resolução MERCOSUL/GMC/RES. nº 102/94 outros LMT para contaminantes inorgânicas em alguns alimentos e bebidas a fim de uma harmonização das regulamentações entre os países membros (MERCOSUL, 1994). Quatro anos mais tarde, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu a Portaria nº 6854, de 27 de agosto de 1998 contendo o Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". Definiu ainda no parágrafo único, que para os alimentos não contemplados no presente regulamento, permanecem vigentes os LMT para contaminantes inorgânicos já previstos na legislação nacional. Na Tabela 2 são apresentados os LMT de alguns contaminantes inorgânicos estabelecidos pela legislação brasileira para hortaliças e outros produtos alimentícios, quando as hortaliças não foram contempladas pela mesma.

Em 19 de novembro de 2011 foi publicada, no Diário Oficial da União, uma consulta pública referente à proposta de Resolução que estabelece os LMT de cromo e cobre em alguns alimentos e bebidas. Para essa consulta pública, foi sugerido o LMT de cobre para as culturas agrícolas em que agrotóxicos à base de cobre tenham sido autorizados, no valor de até 10,0 mg/Kg do alimento (ANVISA, 2011).

Tabela 2. Limites máximos de metais traço em hortaliças e outros alimentos

Contaminante inorgânico	Alimentos	LMT (mg/Kg)
Arsênio*	Outros alimentos	1,00
Cádmio*	Outros alimentos	1,00
Cobre**	Frutas, hortaliças e sementes oleaginosas in natura e industrializadas	10,00
Chumbo*	Hortaliças	0,50
Mercúrio*	Outros alimentos	0,01

LMT: Limite Máximo Tolerado, dado em mg do contaminante por Kg do alimento analisado.
 Fonte: *(BRASIL, 1965); **(ANVISA, 1998).

2.4 Métodos analíticos para a determinação de metais traço em hortaliças

As inúmeras evidências de intoxicação grave causadas por metais traço, assim como o comprovado potencial carcinogênico de alguns deles, têm fomentado o desenvolvimento de metodologias analíticas simples, rápidas, com exatidão e precisão adequadas, visto a grande demanda por amostras a serem analisadas. Além disso, algumas espécies vegetais têm sido comumente utilizadas como bioindicadores de poluição por elementos metálicos para fins de monitoramento ambiental (BAKKALI et al., 2009).

Para a determinação de metais em alimentos é requerido um limite de detecção muito baixo, uma vez que geralmente os contaminantes estão presentes nos alimentos em quantidades traço. Sendo assim, uma técnica analítica com sensibilidade suficiente é

necessária para se determinar de forma precisa a quantidade desses elementos. As principais técnicas empregadas para análise de metais são: espectrometria de absorção atômica em chama (FAAS), espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS), espectrometria de absorção atômica por vapor frio (CVAAS), espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) e espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Além destas técnicas, têm-se também análises por ativação neutrônica (NAA) que é uma técnica menos utilizada pela necessidade de se trabalhar com um reator nuclear (ZUKOWSKA & BIZIUK, 2008).

Para a escolha da metodologia a ser utilizada para as análises de metais traço devem ser levados em consideração alguns fatores, tais como, a capacidade de detecção, velocidade desejada, precisão e sensibilidade do ensaio, assim como a simplicidade e custo das análises. Para a determinação de apenas um elemento, o método geralmente mais barato e mais adequado é a FAAS (ZUKOWSKA & BIZIUK, 2008). No entanto, o avanço tecnológico tem possibilitado e, ao mesmo tempo, exigido a determinação de elementos químicos em teores cada vez menores assim como o aumento da velocidade das análises, neste caso, o ICP-MS ganha destaque dentre outros equipamentos (ABREU JUNIOR et al., 2009). No presente trabalho o ICP-MS foi o equipamento eleito para a realização das análises de metais traço nas amostras de alface.

As análises para a determinação de metais possuem uma série de dificuldades. Muitas vezes resultados conflitantes são encontrados numa mesma amostra analisada em laboratórios diferentes. Alguns fatores podem influenciar os resultados encontrados, tais como, a metodologia utilizada, a etapa de digestão, a sensibilidade do equipamento de detecção dos analitos de interesse, o potencial de contaminação das amostras, assim como a interferência de outros compostos químicos durante a quantificação dos analitos. Dessa forma, é de grande importância a utilização de material padrão de referência certificado (MPRC) com certificação internacional, cuja matriz se assemelhe àquela investigada. O MPRC possui teores conhecidos dos analitos investigados, podendo, portanto, ser utilizado para atestar a confiabilidade dos resultados (MARSHALL et al., 2003).

2.4.1 Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS)

A espectrometria de massas é uma técnica analítica instrumental que permite separar espécies iônicas pela razão entre a massa e a carga. É possível utilizá-la tanto em análise qualitativa, por proporcionar uma identificação no espectro de massas que gera, como em análise quantitativa por ser um processo que ocorre proporcionalmente à concentração das espécies. Considera-se que é uma técnica universal porque serve para analisar misturas de substâncias sólidas, líquidas e gasosas e, também consegue detectar e separar as espécies na presença de matrizes complexas. Os espectros gerados durante as análises são obtidos de forma rápida, facilitando a sua aplicação no controle de processos em tempo real (GINÉ-ROSIAS, 1999).

Desde a introdução comercial do ICP-MS, em 1983, a técnica vem ganhando importância como via de detecção elementar, além de ser uma poderosa ferramenta para a determinação de metais traço ($< 10^{-4}$ g/g) e ultra traço ($< 10^{-8}$ g/g). A técnica também oferece a possibilidade de obter informações rápidas sobre a composição isotópica dos elementos, ganhando assim grande importância na análise da razão isotópica (MUYNCK, 2008). A determinação da composição isotópica constitui-se em ferramenta de pesquisa nas áreas clínica, geoquímica, geocronológica, paleoambiental, hidrológica, agrônômica, ambiental e de alimentos (GINÉ-ROSIAS, 1999). Quando associada às técnicas de cromatografia, se torna uma excelente técnica de identificação de elementos em moléculas simples ou muito complexas, como os biopolímeros de alto peso molecular, às vezes de massas superiores a 1.000.000 amu (unidade de massa atômica), ou, quando associada à ablação por laser, de análise elementar em amostras sólidas (ABREU JÚNIOR et al., 2009).

A técnica do ICP-MS pode ser aplicada na determinação de mais de 60 elementos em matrizes diversas. O acoplamento da fonte de plasma apresenta a capacidade de quantificar individualmente cada isótopo abrangendo elementos desde o lítio (Li) até o urânio (U) com sensibilidade caracterizada por taxas de contagens de mais de 1 MHz para um elemento monoisotópico completamente ionizado na concentração de 1 µg/mL (GINÉ-ROSIAS, 1999). Para a análise de elementos dissolvidos em amostras de água, é necessária que a amostra seja filtrada logo após a coleta e preservada em ácido antes da análise. Nenhuma digestão é requerida para a análise de elementos

dissolvidos em amostras de água. Para a análise de teores totais ou lixiviados em ácidos, exige-se a digestão ácida antes da filtração das amostras de água, efluentes, soluções aquosas de resíduos industriais urbanos ou agrícolas sólidos e líquidos, solos, lodos, sedimentos, fertilizantes, bem como amostras de alimentos (ABREU JÚNIOR, 2009).

2.5 Digestão de amostras de hortaliças para análise de metais traço em ICP-MS

A determinação de metais em matrizes alimentícias, muitas vezes exige extenso trabalho de preparo de amostras e tratamentos de extração ou digestão antes de sua quantificação por técnicas instrumentais, por se tratar de matrizes complexas (BOARETTO et al., 2009). Muitas alternativas para garantir a qualidade dos métodos analíticos de determinação de metais em amostras de alimentos foram e continuam sendo relatados na literatura internacional. Dentre as existentes, a maioria requer uma etapa de digestão da amostra (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009).

Existiam duas vias principais e distintas de digestão, a via úmida em sistema aberto e a digestão seca. A digestão seca é uma das técnicas mais antigas e simples de análise de alimentos. A matéria orgânica do tecido vegetal é incinerada em mufla elétrica sob temperatura de 450 °C a 550 °C, e o resíduo inorgânico (cinza) é dissolvido em solução de ácido diluído. A digestão seca apresenta como vantagens a simplicidade de execução, a possibilidade da determinação de vários elementos no material digerido, além de não poluir o ambiente do laboratório com gases ou vapores tóxicos. No entanto, como desvantagens o método mostra-se lento, trabalhoso, dificultoso por automação, e principalmente, apresenta a possibilidade de perdas de elementos por volatilização e possibilidade de contaminação externa. A digestão por via úmida em sistema aberto consiste na oxidação da matéria orgânica do tecido vegetal com ácidos minerais concentrados e a quente. Os ácidos clorídrico, nítrico, perclórico e sulfúrico são utilizados individualmente ou misturados. Essa via de digestão pode apresentar alto consumo de reagentes, além de oferecer riscos químicos e de explosão, associado ao ácido perclórico (MIYAZAWA et al., 2009).

Dessa forma, nos últimos anos, fornos de micro-ondas (Figura 2) têm sido utilizados para realizar a digestão úmida por via fechada em uma variedade de amostras de alimentos como uma alternativa eficaz aos processos clássicos de digestão. Os fornos de micro-ondas proporcionam menor risco de contaminação das amostras, minimizam perdas de analitos voláteis, usam pequena quantidade de ácidos e diminuem consideravelmente o tempo de digestão quando comparado aos métodos convencionais (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009).



Figura 2. Forno de micro-ondas Multiwave 3000 - Anton Paar do Laboratório de Espectrometria de Massas (CDTN).

2.5.1 Digestão ácida de tecidos vegetais por via úmida em sistema fechado utilizando forno de micro-ondas

O tecido vegetal é geralmente digerido com ácido nítrico ou outra mistura de ácidos em vaso de teflon fechado sob temperatura entre 150 °C a 180 °C e pressão de 20 bar a 25 bar. A fonte de energia da digestão é a onda de rádio a 2,450 MHz com potência de 600 W a 1.000 W. O vaso de teflon é utilizado na digestão por ser de um material que não absorve a energia das micro-ondas e que resiste aos ácidos oxidantes a quente, até a temperatura de 230 °C e alta pressão (MIYAZAWA et al., 2009).

Em um estudo realizado por Feng et al. (1999) percebeu-se que em tecido de plantas e grãos, o teor de silício geralmente é baixo, sendo assim, a digestão em sistema fechado por forno de micro-ondas utilizando uma mistura ácida de HNO_3 -HF é favorável para a análise multielementar em ICP-MS. O HF irá auxiliar na solubilização do silício, com formação de fluoretos metálicos. No entanto, a quantidade de HF necessária para a digestão é tão pequena (0,1 mL para 0,5 g de amostra) que a precipitação de fluoretos metálicos na solução será desprezível, não oferecendo riscos de obstrução ao cone nebulizador de amostragem do ICP-MS. Caso houvesse grande formação de fluoretos ácidos, os mesmos poderiam ser eliminados pela evaporação da solução ou pela complexação a partir da adição de aminas terciárias solúveis em água ou então com uma solução saturada de ácido bórico, numa nova fase pós-digestão (fase de complexação). Ainda no estudo foi demonstrado que a dissolução da amostra foi mais completa no sistema HNO_3 -HF do que apenas a utilização de HNO_3 (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009).

Nas análises de metais traço em alimentos é de grande importância atentar-se para a escolha de utensílios e recipientes adequados a fim de minimizar os riscos potenciais de contaminação. Os seguintes fatores podem afetar o conteúdo dos analitos na amostra de alimento coletada: contaminação proveniente da manipulação do alimento; adsorção de íons metálicos na parede dos recipientes e equipamentos utilizados para a análise; dessorção de substâncias químicas com potencial de interferência na análise a partir de contaminação nas paredes dos recipientes utilizados, assim como dos equipamentos; e contaminação da amostra com componentes provenientes dos reagentes utilizados durante as diferentes etapas do procedimento analítico (ZUKOWSKA & BIZIUK, 2008).

Para evitar alterações na composição química das amostras, vários princípios básicos devem ser seguidos, dentre eles: realizar o trabalho em um laboratório limpo, juntamente com a escolha cuidadosa do material de laboratório, água ultrapura e reagentes de alto grau de pureza; todas as soluções padrão devem ser acidificadas e armazenadas em geladeira ou freezer; escolher de forma adequada os materiais de laboratório a serem utilizados nas várias etapas do processo analítico; limpeza dos recipientes e materiais de laboratório a partir de banho ácido e, para curto período de tempo, as amostras devem ser armazenadas em um refrigerador e para longos períodos, em freezer (ZUKOWSKA & BIZIUK, 2008).

A eficiência da digestão por forno de micro-ondas depende diretamente de alguns fatores, como a velocidade e o tempo de aquecimento, a pressão de trabalho, a natureza e o volume dos ácidos utilizados para dissolver a matriz das amostras (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009). Na Tabela 3 é apresentada a descrição resumida das metodologias analíticas utilizadas em alguns estudos.

Tabela 3. Estudos de metais e metaloides em alimentos e solo a partir de diferentes metodologias analíticas

Local	Amostra	Digestão	Metodologia analítica	Analitos	Referência
Bahia (Brasil)	Solo, café	Via úmida em sistema aberto HNO ₃ + HCl + HClO ₄	FAAS	Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Mn, Ni	Santos et al. (2009)
Castellón (Espanha)	Folhas de beterraba, alface, alcachofra e solo	Não informado	FAAS e GFAAS	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn	Peris et al. (2007)
Jaén (Espanha)	Tomate, cebola e pimenta	Micro-ondas (HNO ₃ + H ₂ O ₂)	GFAAS	Cd, Cr, Cu, Mn, Pb	Bakkalil et al. (2009)
Jiangsu (China)	Arroz, vegetais e solo	Micro-ondas (HNO ₃ + H ₂ O ₂)	ICP-MS	Pb, Cd, Hg, Cr, Zn e Cu	Cao et al. (2010)
Japão, Coreia, Espanha e França	Algas comestíveis (Porphyra and Laminaria)	Micro-ondas (HNO ₃ + H ₂ O ₂)	ICP-MS	As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Sb, Se e V	Rocha et al. (2009)
Espanha	Óleos de semente de girassol, soja, milho, oliva e semente de oliva	Micro-ondas (HNO ₃)	ICP-MS	Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, Tl e V	Llorent-Martinez et al. (2011)
França	Tecido de peixe, tecido de mexilhão, combinação de ervas	Micro-ondas (HNO ₃ + H ₂ O)	ICP-MS	Li, Al, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Ba, Hg e Pb	Millour et al. (2011)
Bursa (Turquia)	Azeitonas verdes e pretas	Micro-ondas (HNO ₃ + H ₂ O ₂)	ICP-MS	Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd e Pb	Sahan et al. (2007)
Varanasi (Índia)	Beterraba, quiabo e repolho	Via úmida em sistema aberto (HNO ₃ + HClO ₄ + H ₂ SO ₄)	FAAS	Cu, Zn, Cd e Pb	Sharma et al. (2008)
Varanasi (Índia)	Beterraba, quiabo e couve-flor	Via úmida em sistema aberto (HNO ₃ + HClO ₄ + H ₂ SO ₄)	FAAS	Cu, Zn, Cd, Pb	Sharma et al. (2009)

FAAS: espectrometria de absorção atômica de chamas; GFAAS: espectrometria de absorção atômica em forno de grafite; ICP-MS: espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado.

2.6 Poliaminas: definição, síntese, funções e ocorrência

O MS preconiza o consumo de uma alimentação rica em frutas e hortaliças, uma vez que é conhecido o efeito benéfico à saúde desses alimentos. Além dos benefícios nutricionais que geram aos seres humanos, esse grupo de alimentos é rico em inúmeros compostos bioativos, tais como os flavonoides, os carotenoides, os fitoestrogêneos, as poliaminas dentre outros (Brasil, 2006). As poliaminas são bases orgânicas alifáticas de baixo peso molecular, solúveis em água, com valores de pKa em torno de 10, e estão completamente protonadas em pH corporal. Foram identificadas pela primeira vez no líquido seminal e ocorrem em concentrações que variam em todos os tipos de células, sendo os níveis mais elevados encontrados em tecidos com altas taxas de crescimento (MOINARD et al., 2005). As poliaminas são pertencentes ao grupo das aminas bioativas ou biologicamente ativas (Figura 3).

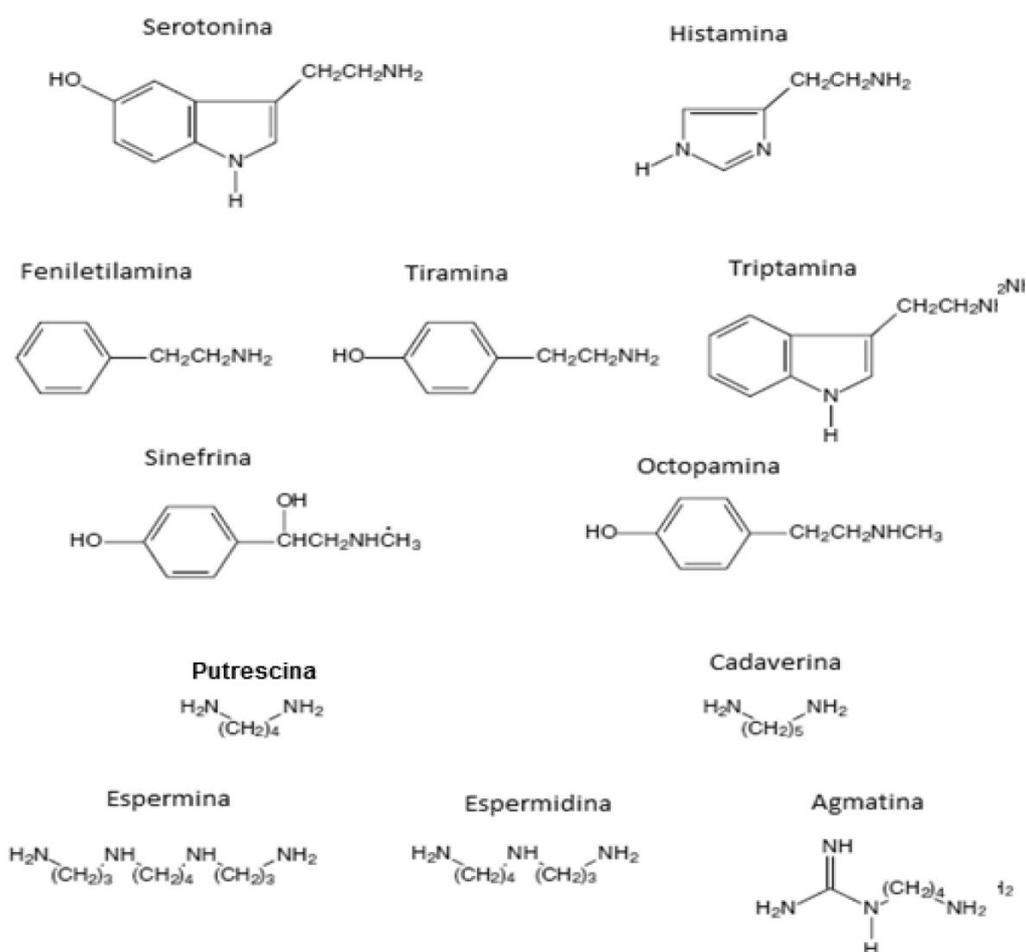


Figura 3. Estrutura química de algumas aminas bioativas Fonte: GLÓRIA (2005).

As amins bioativas podem ser classificadas em função do número de grupamentos amina, da estrutura química, da via biossintética, assim como também, das funções fisiológicas que desempenham. De acordo com o número de grupamentos amina podem ser monoaminas (tiramina, feniletilamina), diaminas (histidina, serotonina, triptamina, putrescina, cadaverina) ou poliaminas (espermina, espermidina e agmatina). De acordo com a estrutura química as amins podem ser alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina, espermidina, agmatina) ou aromáticas (tiramina, feniletilamina, histamina, triptamina, serotonina). A via biossintética, também pode ser utilizada como critério de classificação, em amins naturais (putrescina, espermidina, espermina e histamina) ou biogênicas, quando sua formação provém da descarboxilação de aminoácidos pela ação de micro-organismos. Quanto às funções fisiológicas, podem ser classificadas como amins biogênicas, quando apresentam características psicoativas ou vasoativas, enquanto as poliaminas desempenham papel importante no crescimento celular e função antioxidante (GLÓRIA, 2005; MENDONÇA, 2009).

As poliaminas são policátions flexíveis e exibem três ou mais cargas positivas em condições fisiológicas. Suas cadeias C-C ou C-N conferem a esses compostos grande flexibilidade conformacional. Enquanto os íons metálicos possuem cargas localizadas, as poliaminas apresentam cargas positivas distribuídas ao longo de suas cadeias, podendo interagir assim, a partir da formação de pontes com estruturas de cargas negativas (BARDÓCZ, 1995). As poliaminas com atividade promotora do crescimento e antioxidante são a espermina [N-3(3-aminopropil)-1,4-butano diamina ou aminopropil-tetrametileno-diamina] e a espermidina [N,N'-bis(3-aminopropil)-1,4-butano diamina ou diamini-propil-tetrametilenadiamina]. Já a agmatina, também pertencente ao grupo das poliaminas pela presença de quatro grupamentos amina, possui baixo poder antioxidante e não possui efeito no crescimento celular (KUMAR et al., 1997; MOINARD et al., 2005; MENDONÇA, 2009).

A síntese das poliaminas em mamíferos é altamente regulada pela atividade de duas enzimas-chave, a ornitina descarboxilase (ODC) e a arginina descarboxilase (ADC), sendo as precursoras – ornitina, arginina, citrulina e agmatina (MEDINA et al., 2003). Nas plantas e micro-organismos, a agmatina é formada a partir da descarboxilação da arginina pela ADC e, em seguida, pode ser convertida em N-carbamoilputrescina e posteriormente em putrescina pela enzima agmatina urea-hidrolase ou agmatinase (HILLARY & PEGG, 2003). De acordo com Glória (2005), a putrescina é um

intermediário obrigatório da síntese de poliaminas (Figura 4). A síntese de poliaminas é um processo que inclui, nos primeiros passos, reações de descarboxilação, que podem ocorrer via ornitina, pela ação da ODC, assim como via arginina ou citrulina. Para a formação de espermina e espermidina, a metionina é convertida em S-adenosilmetionina (SAM) e, pela ação da S-adenosilmetionina descarboxilase (SAMDC), forma adenosilmetionina descarboxilada, fornecendo um grupo propilamina à putrescina formando a espermidina, pela espermidina sintase (EpdS) e outro grupo à esta última formando a espermina, pela espermina sintase (EpmS).

A obtenção de poliaminas pode ocorrer de três formas distintas, a partir da biossíntese *in situ* de aminoácidos, pela ingestão direta a partir de uma dieta diversificada e a síntese e liberação pela microbiota intestinal (BARDÓGZ, 1995). Vale destacar que a dieta é uma fonte importante de poliaminas para manter o metabolismo normal e que essas poliaminas exógenas podem ser preferencialmente deslocadas para tecidos cujo crescimento tenha sido estimulado (MOINARD et al., 2005).

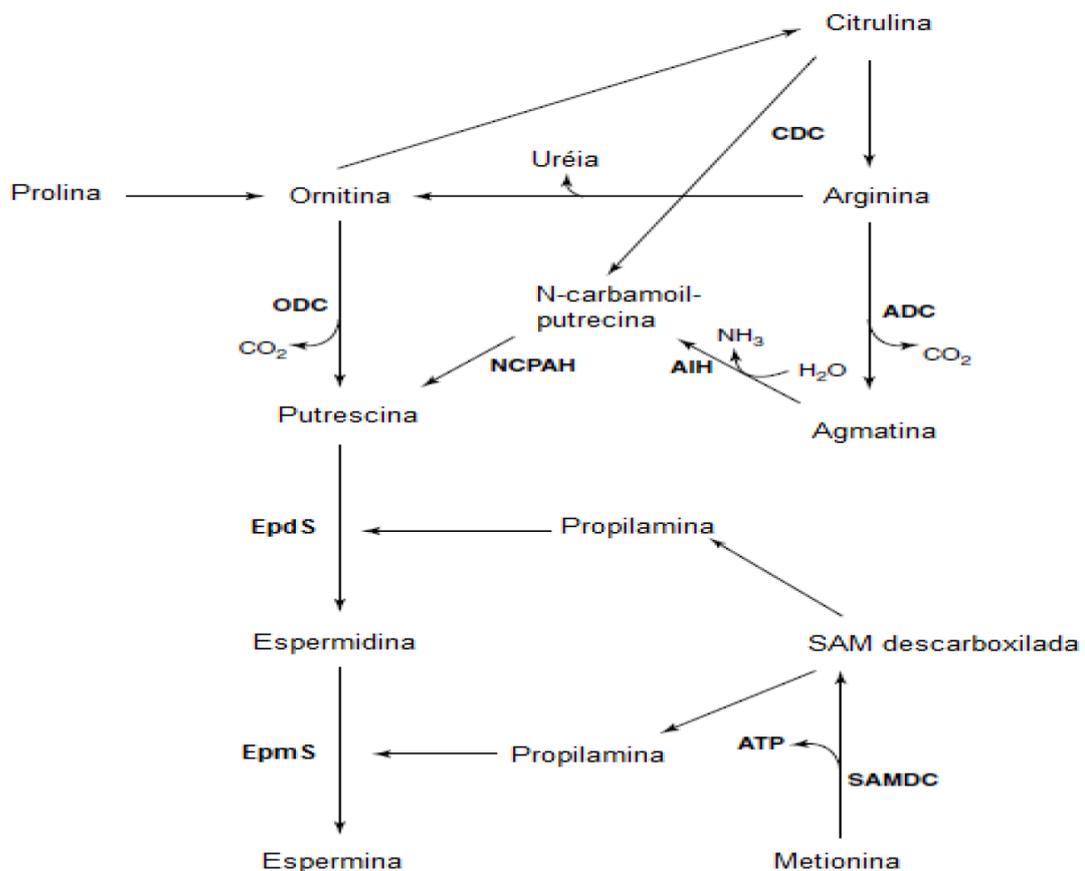


Figura 4. Via para síntese de poliaminas Fonte: Glória (2005).

Segundo Seiler e Raul (2005), as poliaminas exercem suas funções fisiológicas nas células por meio de interações eletrostáticas, estabilizando o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). Isto por possuírem a capacidade de interagir com moléculas que comportam como ânions, tais como DNA, RNA e algumas proteínas (LARQUÉ et al., 2007). São também essenciais para a manutenção da atividade metabólica e o funcionamento normal do intestino, uma vez que a renovação celular no epitélio intestinal é maior que em outras partes do corpo (DELOYER et al., 2001; MOINARD et al., 2005). De acordo com Bardócz (1995), as poliaminas desempenham funções celulares exclusivas, como iniciação e controle da tradução, podendo ainda estimular a associação de subunidades de ribossomos, estabilizar a estrutura do RNA_t e reduzir a taxa de degradação do RNA.

Moinard et al. (2005) também afirmam que as poliaminas agem na proliferação celular interagindo com a fosfoproteína nuclear p53, a qual tem papel essencial na regulação de vários genes envolvidos no crescimento e morte celular. Mendonça (2009) realizou um trabalho em que constatou que as poliaminas (espermina e espermidina), apresentam atividade antioxidante, possuindo ação mais efetiva que o butil hidroxil anisol (BHA), butil hidroxil tolueno (BHT), uma mistura de ambos BHA+BHT, tocoferol, além de extrato de alecrim e chá verde em concentrações entre 0,01 e 0,06 g/100 g, o mesmo não foi constatado para a agmatina. Dessa forma, a autora concluiu que a espermina e a espermidina possuem grande potencial de uso como antioxidante em alimentos.

As poliaminas, assim como as aminas bioativas são inerentes aos organismos vivos, portanto, estão naturalmente presentes nas frutas e hortaliças, principalmente agmatina, espermidina e espermina, com predominância da espermidina. Os perfis e os teores de aminas em hortaliças variam dependendo do vegetal, tipo de tecido analisado e espécie (STARLING, 1998; 2005; GLORIA, 2005; BOMTEMPO, 2011).

Coelho (2001) verificou a presença da poliamina espermina e da diamina putrescina em amostras de alface americana minimamente processada no dia zero de armazenamento, com predomínio para a espermidina. O teor médio total dessas aminas foi de 0,42 mg/100 g de amostra. Percebeu-se alteração no perfil de aminas a partir do terceiro dia de armazenamento, quando também foi possível detectar a presença de cadaverina e no décimo dia de armazenamento, quando não mais se

detectou a presença de espermina. Resultados semelhantes foram obtidos por Simon-Sarkadi et al. (1994) que verificaram a predominância destas aminas em vegetais, inclusive em alface americana processada.

Para outra hortaliça folhosa, a couve, Vieira (2003) encontrou putrescina, agmatina, espermidina e espermina em amostras minimamente processadas no dia zero de armazenamento, com predomínio de espermidina. O teor total dessas aminas foi de 3,57 mg/100 g de amostra, (desvio padrão de $\pm 0,08$). O teor de aminas bioativas diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento da couve minimamente processada, enquanto a população de micro-organismos psicotróficos aumentou. Na Tabela 4 são apresentados o perfil e os teores de aminas bioativas encontradas em algumas hortaliças.

Tabela 4. Teores de aminas bioativas presentes em algumas hortaliças

Hortaliças	Níveis médios em mg/100 g (valor mínimo encontrado – valor máximo encontrado)				
	EPM	EPD	PUT	AGM	TIM
Cebolinha ¹	0,04 (nd-0,09)	0,74 (0,26-1,23)	0,07 (nd-0,14)	0,13 (nd-0,48)	0,51 (0,23-0,63)
Espinafre ¹	0,14 (0,06-0,19)	1,31 (0,75-1,61)	0,49 (0,11-0,80)	0,63 (0,35-1,22)	0,51 (0,33-0,77)
Salsa ¹	0,35 (nd-0,71)	2,2 (0,79-3,77)	0,54 (0,30-0,87)	nd	0,16 (nd-0,35)
Mandioca ¹	nd	0,21 (0,16-0,27)	0,26 (0,08-0,61)	nd	nd
Palmito ¹	0,31 (0,17-0,55)	0,76 (0,52-0,94)	0,11 (0,07-0,18)	nd	0,23 (nd-0,76)
Alface americana ^{2*}	0,02	0,32	0,08	nd	nd
Couve ^{3*}	0,38	2,28	0,67	0,24	nd

EPM: espermina; EPD: espermidina; PUT: putrescina; AGM: agmatina; TIM: tiramina, nd: não detectado (AGM < 0,16; TIM < 0,14); *minimamente processada no tempo de zero dias.

Fonte: ¹Starling (1998); ²Coelho (2001); ³Vieira (2003).

São escassos os estudos sobre os teores de poliaminas nos alimentos. Além disso, geralmente não são levadas em consideração diferentes cultivares do alimento, condições de produção e armazenamento. Dessa forma, ainda há carência de informações detalhadas sobre o assunto (KALAC & KRAUSOVÁ, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Amostras de alface

Três diferentes cultivares de alface, *Lactuca sativa* (Baba de Verão, Regina de Verão e Romana Branca de Paris), foram selecionadas para a realização do presente trabalho (Figuras 5, 6 e 7).



Figura 5. Uma amostra de alface da cultivar Baba de Verão proveniente do Jardim Produtivo.



Figura 6. Uma amostra de alface da cultivar Regina de Verão proveniente do Jardim Produtivo.



Figura 7. Uma amostra de alface da cultivar Romana Branca de Paris proveniente do Jardim Produtivo.

3.1.2 Locais de Produção

As amostras de alface foram cultivadas e coletadas em três hortas urbanas situadas na RMBH entre julho e outubro de 2011, a saber: Horta Comunitária do Cafezal, localizada na rua Bela Vista, nº 56, Vila Santana do Cafezal, Belo Horizonte; Jardim Produtivo, situado na rua Robertson Pinto Coelho, nº 350, Solar do Barreiro, Belo Horizonte; e Centro Municipal de Agricultura Urbana e Familiar (CMAUF) localizado na Avenida das Américas, nº 150, São Sebastião, Contagem.



Figura 8. Vista parcial da Horta do Cafezal com algumas culturas de hortaliças, outubro, 2011.



Figura 9. Vista parcial do Jardim Produtivo com algumas culturas de frutas e hortaliças setembro, 2011.



Figura 10. Vista parcial do Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar de Contagem com algumas culturas de frutas e hortaliças, outubro, 2011.

Para cada local de produção foi realizada uma entrevista semiestruturada com um dos/as responsáveis pelas atividades de horticultura. Foram feitas perguntas referentes às características da região onde a horta está situada, ao tráfego de veículos nas proximidades, ao tempo de existência da horta, sobre qual atividade era realizada no terreno antes do início da prática da agricultura urbana, ao que se produz, ao destino da produção e às técnicas de cultivo utilizadas.

3.1.3 Condições de cultivo

As sementes da marca Isla[®] das três cultivares de alface foram semeadas em dois viveiros distintos. No dia 29 de junho de 2011 as amostras foram semeadas no Jardim Produtivo e no dia 04 de julho de 2011, no Centro de Convivência Sócio Ambiental da Prefeitura Municipal de Nova Lima localizado na Avenida Professor Aldo Zanini, nº 3050, Chácara dos Cristais, Nova Lima. As amostras foram semeadas em uma sementeira de isopor contendo substrato vegetal (bioplant[®]). A rega das sementes foi realizada com água tratada da COPASA e ocorreu na frequência média de duas vezes ao dia sob a forma de aspersão, a primeira pela manhã e a segunda ao final da tarde.

As sementeiras permaneceram em viveiros até o momento ideal para o transplante. Ao final de aproximadamente 49 dias as mudas foram transportadas e transplantadas para as respectivas hortas urbanas em canteiros próprios para as mesmas. As mudas provenientes do Jardim Produtivo foram transplantadas para um canteiro do próprio local, assim como para um canteiro da Horta do Cafezal no dia 17 de agosto. As mudas provenientes do Centro de Convivência Socioambiental da Prefeitura de Nova Lima foram transplantadas para um canteiro do CMAUF no dia 22 de agosto. Respeitou-se um distanciamento mínimo de 30 cm para não interferir no adequado crescimento das mesmas. As alfaces foram irrigadas com frequência mínima de uma vez ao dia, sendo realizada nova rega no mesmo dia quando os agricultores urbanos envolvidos diretamente com as atividades de horticultura de cada local julgaram necessário. Durante os meses de setembro a outubro de 2011 as amostras de alface foram coletadas nas três hortas urbanas, assim que fossem adquirindo as características comerciais. Para cada cultivar foram selecionadas cinco unidades de alface, quatro coletadas em cada vértice do canteiro e uma na região central.

3.1.4 Reagentes

Para a digestão das amostras a fim de se analisar os metais traço foram utilizados ácido nítrico 65% puríssimo, p.a. (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA); peróxido de hidrogênio 30% p.a. (Merck, Darmstadt, Alemanha); ácido fluorídrico 40% puríssimo, p.a. (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) e ácido bórico suprapur[®] (Merck, Darmstadt, Alemanha). As soluções padrão e diluições foram preparadas com água ultrapura (18,2 MΩ.cm) obtida de um sistema Milli Q (Millipore, Belford, MA, EUA.). Ácido nítrico 69.5% (p/p) ultrapuro (Fluka, Buchs, Suíça) foi usado para o preparo de todas as soluções padrão e na preservação e diluição das amostras.

Para a determinação quantitativa de cádmio, chumbo e cobre por ICP-MS, foi utilizado o padrão multielementar de calibração Standard 3, solução N9301720 pure plus (sem mercúrio) a 1% (v/v) de ácido nítrico (Perkin Elmer, Massachusetts, EUA), com concentrações de 10 mg/L para cada metal. Gás de argônio 99,999% pureza, fornecido pela *White Martins*[®] foi utilizado para o plasma, nebulização da amostra e como gás auxiliar. Uma solução padrão multielementar (Smart Tune solução-N8125040-Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) foi utilizada para avaliação de desempenho diário, calibração de voltagem da lente e otimização de fluxo de gás no nebulizador. O percentual de recuperação dos metais traço a partir da digestão das amostras foi estabelecido pela digestão e análise em ICP-MS sob os mesmos parâmetros, do MPRC, folhas de *poplar*, NCS DC73350, (Iron & Steel) Centro Nacional de Análises da China.

Para as análises de amins bioativas, os reagentes e solventes utilizados foram de grau analítico, exceto aqueles empregados nas análises cromatográficas, que eram de grau cromatográfico. Os padrões das amins bioativas histamina (HIM, dicloridrato), putrescina (PUT, dicloridrato), cadaverina (CAD, dicloridrato), tiramina (TIM, cloridrato), serotonina (SRT, cloridrato), agmatina (AGM, sal sulfato), espermidina (EPD, tricloridrato), espermina (EPM, tetracloridrato), 2-feniletilamina (FEM, cloridrato) e triptamina (TRM, cloridrato) foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA). Para o preparo da solução padrão de cada amina considerou-se a massa da base livre (sem utilização da massa de cloreto ou sulfato) para resultar numa concentração de 1 mg/mL em ácido clorídrico 0,1 mol/L. A partir de alíquotas de 1 mL de cada uma das soluções individuais, obteve-se 10 mL de solução padrão contendo

dez aminas. O reagente de derivação *orto*-ftalaldialdeído (OPA) também foi adquirido da Sigma. Toda a água utilizada era ultrapura obtida do Sistema Mili-Q Plus (18,2 MΩ.cm) (Milipore Corp., Miliford, MA, EUA).

3.2 Métodos

3.2.1 Análise de metais traço

3.2.1.1 Preparo da amostra

As cinco unidades de amostras de cada cultivar de alface foram coletadas das hortas urbanas e imediatamente transportadas em sacos de polipropileno limpos e identificados até o Laboratório de Preparo de Amostras situado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) onde tiveram suas folhas individualmente lavadas com água deionizada corrente. Em seguida, as amostras foram transportadas para a capela com a exaustão ligada, onde permaneceram por aproximadamente três horas para secagem do excesso de água. As folhas de cada cultivar foram picadas em pedaços pequenos com o auxílio de uma faca descartável de cristal de poliestireno e homogeneizada. As amostras de uma mesma cultivar coletadas em um mesmo local de produção foram agrupadas em um grande lote, e deste, foram retirados dois sublotes. Uma porção de 25,0 g de cada sublote foi pesada e transferida individualmente para um béquer de teflon identificado e vedado com *parafilm*[®], onde foram feitas pequenas aberturas para a saída da água durante o processo de liofilização. O peso do béquer com a amostra foi anotado a fim de se possibilitar a verificação da perda de água após o processo de liofilização.

O béquer pesado e identificado contendo a amostra foi transferido para um freezer a -18 °C durante um período mínimo de 12 h a fim de se garantir o adequado congelamento da água presente na amostra. A amostra foi imediatamente transferida ao liofilizador Liobras L101 (São Carlos, SP, Brasil) onde permaneceu por 48 h para completa liofilização (LIOBRAS, 2005). Após o processo de liofilização, o béquer foi

novamente pesado e anotado. A amostra desidratada foi transferida com o auxílio de uma faca descartável de cristal de poliestireno para o moinho de aço inoxidável, Retsh Grindomix modelo GM200 (Haan, Alemanha), onde foi completamente pulverizada. A amostra pulverizada foi transferida para um recipiente limpo, de polietileno com tampa, previamente identificado e armazenado vedado em dessecadores para minimizar a absorção de umidade.

3.2.1.2 Digestão do material padrão de referência certificado e das amostras de alface

Em uma balança analítica Mettler Toledo, modelo AG 245 (Suíça), uma porção de 0,14 g da amostra foi pesada em um vaso de teflon próprio para uso em digestor micro-ondas. Foram adicionados 4,0 mL de ácido nítrico (HNO₃) à amostra, seguida de homogeneização e pré-digestão *overnight* em temperatura ambiente. No dia seguinte, foi adicionado à amostra pré-digerida 1,0 mL de água Milli-Q ultra pura (18,2 MΩ.cm), 2,0 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e 0,1 mL de ácido fluorídrico (HF) e homogeneizou-se. O vaso de teflon foi então transferido ao forno de micro-ondas *Multiwave 3000 - Anton Paar* (Graz Österreich, Áustria), onde foi submetido ao parâmetro de digestão conforme especificado na Tabela 5 (WU et al., 1997; FENG et al., 1999; PÖYKIÖ et al., 2000).

Tabela 5. Parâmetros de digestão em forno micro-ondas para amostras de hortaliças

Potência (W)	Rampa ¹ (min)	Tempo de permanência ² (min)	Tempo de ventilação (min)
250	3	5	1
600	3	5	1
900	3	5	2
0	-	25	3

⁽¹⁾Rampa: tempo necessário para o forno de micro-ondas alcançar a potência pré estabelecida; ⁽²⁾tempo de permanência: tempo em que o forno de micro-ondas permanece ligado com a potência estabelecida.

Finalizada a digestão, iniciou-se a etapa de complexação dos possíveis precipitados de fluoretos metálicos. Adicionou-se 0,6 mL de solução saturada de ácido bórico (H₃BO₃)

à amostra, homogeneizou e realizou novo aquecimento em forno de micro-ondas sob os seguintes parâmetros de digestão (Tabela 6) (FENG et al., 1999).

Tabela 6. Parâmetros de digestão em forno de micro-ondas para a etapa de complexação de fluoretos metálicos

Potência (W)	Rampa ¹ (min)	Tempo de permanência ² (min)	Tempo de ventilação (min)
1000	5	12	1
0	-	15	3

⁽¹⁾Rampa: tempo necessário para o forno de micro-ondas alcançar a potência pré estabelecida; ⁽²⁾tempo de permanência: tempo em que o forno de micro-ondas permanece ligado com a potência estabelecida.

Ao final da etapa de complexação, a amostra digerida foi quantitativamente transferida para um tubo de polipropileno graduado com capacidade de armazenamento de 50 mL. O volume foi acertado com água Milli-Q ultra pura (18,2 MΩ cm) para 25,0 mL e a solução homogeneizada. Uma alíquota da amostra foi retirada, diluída cinco vezes e filtrada em membrana filtrante 0,45 μm tipo HAWP Millipore (São Paulo, SP). Dessa forma, as amostras filtradas foram encaminhadas para análise de metais traço no ICP-MS. Os mesmos procedimentos analíticos foram executados com o MPRC para se verificar a taxa de recuperação do método utilizado e assim atestar a confiabilidade dos resultados.

3.2.1.3 Determinação de metais traço

Para minimizar a interferência nos resultados a partir da existência de poeira dentro do laboratório foram tomadas como precauções a manutenção da área de trabalho sempre limpa e o uso constante e obrigatório de sapatilhas descartáveis antiderrapantes (ABREU JUNIOR et al., 2009).

Na análise, o ICP-MS foi calibrado pela medida de padrões de todos os metais de interesse. Para cada metal traço investigado foram feitas três curvas de calibração. Para construção da curva de calibração foi utilizada a solução padrão multielementar standard 3 (Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) nas concentrações de 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0 e 50,0 μg/L. Germânio (100 μg/L) e hólmio (20 μg/L) foram utilizados como padrões internos. A Tabela 7 contém os valores médios do coeficiente de

correlação (r^2) das curvas padrão obtidas para o cobre, cádmio e chumbo. Foram analisados padrões de diferentes concentrações que cobriram um intervalo de concentração esperado nas amostras. Automaticamente o *software* criou uma curva de calibração para cada metal da solução padrão, assim, após a corrida das amostras as concentrações dos analitos de interesse foram determinadas pelas curvas de calibração obtida para cada um (SANTOS, 2010).

Tabela 7. Valores de coeficiente de correlação (r^2) da curva de calibração para o cobre, cádmio e chumbo

Metal traço	Valor de r^2
^{63}Cu	0,9998
^{114}Cd	0,9999
^{208}Pb	0,9999

Os padrões da curva de calibração foram preparados em ácido nítrico 1% e a curva obtida como calibração externa. Uma solução de ácido nítrico 1% foi usada como branco da curva de calibração e a subtração desse branco realizada. As condições instrumentais estabelecidas para as determinações quantitativas dos metais traço estão listadas na Tabela 8.

Tabela 8. Parâmetros e condições instrumentais do ICP-MS ELAN DR- e para análise de cobre, cádmio e chumbo em alface

Condições instrumentais	
Potência do plasma	1400 W
Fluxo de ar no plasma	16 L/min
Fluxo de ar como gás auxiliar	1,10 L/min
Fluxo de ar no nebulizador	0,78 L/min
Voltagem das lentes	6,5 V
Voltagem da fase analógica	-1650 V
Voltagem da fase do pulso	1200 V
Discriminador limiar (threshold)	19
Parâmetros de aquisição	
Tempo de integração (dwell time)	50 ms
Varreduras por leitura	20
Leituras por replicata	1
Replicatas	3

O espectrômetro de massa ICP-MS ELAN DRC-e (Figura 11) instalado no Laboratório de Espectrometria de Massa do Serviço de Reator e Técnicas Analíticas (SERTA) do CDTN foi utilizado para a determinação quantitativa dos metais traço (cobre, cádmio e chumbo) nas amostras de alfaces.

O ICP-MS utilizado apresenta um sistema de vácuo com uma única bomba turbomolecular de entrada dupla, apoiada por uma bomba de vácuo convencional. Uma segunda bomba foi usada para manter o vácuo na interface. A introdução das amostras foi realizada por um nebulizador concêntrico Seaspray (Perkin Elmer, Massachussetts, EUA) acoplado a uma bomba peristáltica e câmara ciclônica em quartzo. O quadrupolo (separador de íons) consiste de quatro hastes cilíndricas de 20 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro. O sistema de detecção utiliza um multiplicador de elétrons dinodo-discreto de duplo estágio. Em conjunção com um circuito específico, ambos o sinal analógico (alto nível) e pulso (baixo nível) são automaticamente medidos e contados simultaneamente por meio de contadores duplos independentes do analisador ELAN multicanal, toda vez que um escaneamento é feito. O software ELAN Version 3.4 (Perkin Elmer SCIEX), um sistema que controla os componentes primários do hardware do espectrômetro e os acessórios de amostragem, gerencia o processo de aquisição de dados e executa os cálculos necessários para a produção final dos resultados analíticos (SANTOS, 2010).

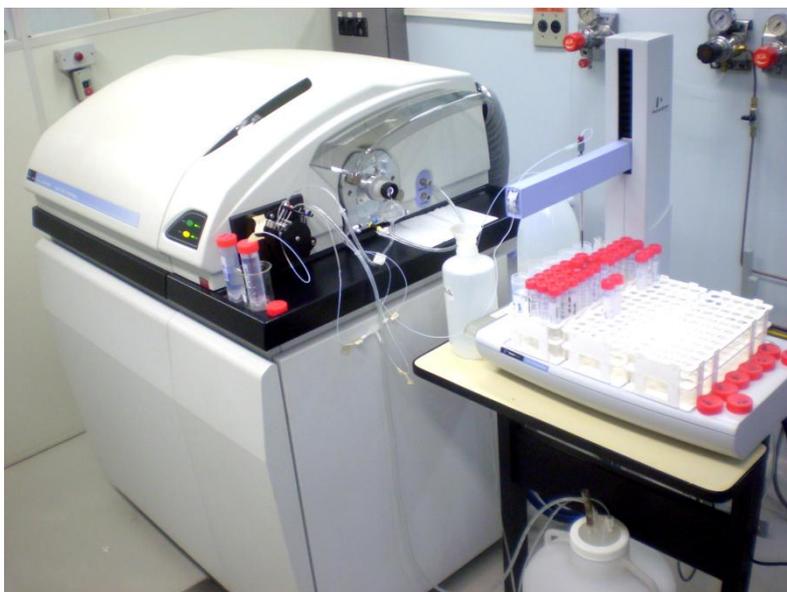


Figura 11. Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado com o sistema ELAN DRC-e e o amostrador automático AS 10 – Perkin Elmer SCIEX do Laboratório de Espectrometria de Massa.

As amostras foram transferidas para frascos de polipropileno de 15 mL e colocadas no amostrador automático seguindo a ordem especificada no arquivo de amostras (*Sample Information*) do *software* ELAN Version 3.4. A primeira leitura feita foi a do branco, seguida dos padrões externos e por fim das amostras. Entre as leituras das amostras de alface o desempenho do ICP-MS foi chegado a partir da análise do MPRC. Esse procedimento foi repetido em todos os dias de análise. As leituras foram realizadas em triplicatas pelo equipamento, sendo o resultado gerado, equivalente à média dessas três leituras, dado em $\mu\text{g/L}$ do peso seco da alface. O teor de água encontrado em cada amostra de alface a partir da etapa de liofilização foi considerado para se converter o resultado final em peso fresco da amostra e em mg/Kg .

3.2.2 Análise de aminas bioativas

3.2.2.1 Preparo da amostra

As amostras de alface de cada cultivar e local de produção previamente lavadas com água deionizada corrente e picadas no Laboratório de Preparo de Amostras do CDTN foram transportadas para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos (LBqA) situado na Faculdade de Farmácia da UFMG. Os caules de cada lote de amostras, com exceção daqueles provenientes do Jardim Produtivo, aos quais foram descartados, foram lavados em água corrente durante três minutos. Todos os lotes de folhas e caules de alfaces foram triturados separadamente em multiprocessador doméstico da marca Arno[®]. Para cada lote de amostra triturada, foram retirados três sublotes de amostras e transferidos para recipientes de polietileno com tampa, previamente identificados.

3.2.2.2 Extração

Uma porção de 5,0 g de cada sublote de amostra das folhas e dos caules de alface triturados e homogeneizados foi pesada em uma balança analítica Sartorius Basic (Sartorius AG, Goettingen, Alemanha) diretamente em um tubo de centrifuga de

polipropileno. A essa, foi adicionado 7 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 5% (p/v) e levada a agitação em mesa agitadora (TECNAL, modelo TE-140, Piracicaba, Brasil) durante 10 minutos. Em seguida as amostras foram centrifugadas a $10.000 \times g$ a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ por 20 min na centrífuga refrigerada (Jouan Therm MR23i, Chateau-Gontier, França). O sobrenadante foi transferido para um sistema de filtração formado por um suporte universal, funil de polipropileno e papel de filtro qualitativo, sendo coletado em uma proveta de polipropileno. Essa etapa de extração foi repetida por mais duas vezes com volumes de 7 e 6 mL de TCA a 5% (p/v), respectivamente. Os sobrenadantes foram combinados, homogeneizados e o extrato final filtrado em membrana de $0,45 \text{ }\mu\text{m}$ tipo HAWP Millipore (São Paulo, SP) e armazenados em freezer numa faixa de temperatura de -16 a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ (STARLING, 1998).

3.2.2.3 Determinação das aminas bioativas

As aminas bioativas foram separadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) por pareamento de íons em coluna de fase reversa e quantificadas em detector de fluorescência após derivação pós-coluna das aminas primárias com *o*-ftalaldeído (SANTIAGO-SILVA et al., 2011). O cromatógrafo utilizado foi o Shimadzu modelo LC-10AD com câmara de mistura a alta pressão; conjunto de lavagem automática de pistão; injetor automático modelo SIL-10ADvp Shimadzu (Kyoto, Japão); detector espectrofluorimétrico modelo RF-10AXL Shimadzu (Kyoto Japão) a 340 e 450 nm de excitação e emissão, respectivamente; e uma unidade de controle CBM-20A conectada a um computador.

Para a execução das análises foram utilizadas duas fases móveis, sendo a fase móvel A, composta por solução tampão contendo acetato de sódio 0,2 M e octassulfonato de sódio 15 mM, com pH ajustado para 4,9, quando necessário, com ácido acético glacial. A fase móvel B era composta de acetonitrila, com injeção de 0,8 mL/min. Ambas as fases móveis possuíam grau cromatografia líquida e foram filtradas em membranas de $0,45 \text{ }\mu\text{m}$ tipo HAWP para a solução aquosa e HVWP para solvente orgânico (Millipore Corp., Milford, MA, EUA). A identificação e quantificação das aminas foi feita após derivação pós-coluna realizada por meio de uma câmara de mistura (volume morto igual a zero), instalada entre a saída da coluna e o detector. Um tubo de teflon (sob

abrigo da luz) de 2,0 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro foi conectado entre a câmara de mistura e o detector. Uma bomba LC-10AD (Shimadzu, Kyoto, Japão) bombeou a solução derivante à câmara de mistura a um fluxo de 0,3 mL/min (SANTIAGO-SILVA et al., 2011).

A solução derivante foi preparada diariamente e armazenada em frasco âmbar sob abrigo da luz por possuir componentes fotossensíveis. O preparo da solução derivante contou com a dissolução de 25 g de ácido bórico e 22 g de hidróxido de potássio em 500 mL de água ultrapura, sendo o pH ajustado para a faixa de 10,5-11,0 com o auxílio do hidróxido de potássio. Também foram adicionados 1,5 mL de éter laurílico polioxietileno (Brij-35[®]) (Sigma, Saint Louis, MO, EUA), 1,5 mL de mercaptoetanol (Merck Darmstadt, Alemanha) e 0,2 g de o-ftaldialdeído (Sigma, Saint Louis, MO, EUA) dissolvidos em 3 mL de metanol (SANTIAGO-SILVA et al., 2011).

A solução padrão contendo as dez aminas, histamina, putrescina, cadaverina, tiramina, serotonina, agmatina, espermidina, espermina, 2-feniletilamina e triptamina foi analisada intercalada com as amostras, a cada quatro injeções de amostras no equipamento. A comparação entre o tempo de retenção dos picos encontrados nas amostras com aqueles obtidos pela solução padrão de aminas foi utilizada para a identificação das aminas. Para confirmação dos picos duvidosos de aminas foi realizada a adição de quantidade conhecida da solução padrão da amina suspeita à amostra e o extrato novamente analisado no CLAE. A concentração das aminas nas amostras foi determinada por interpolação em curvas de calibração obtidas para cada amina, sendo os resultados expressos em mg/100 g da amostra fresca. As curvas de calibração foram construídas a partir de nove pontos com as concentrações de 0,1; 0,2; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0 µg/mL. A Tabela 9 contém os valores de r^2 para cada curva padrão obtida para as dez aminas investigadas.

Tabela 9. Valores de coeficiente de correlação (r^2) da curva de calibração para as dez aminas bioativas pesquisadas

Amina	Valor de r^2	Amina	Valor de r^2
Putrescina	0,9985	Agmatina	0,9983
Cadaverina	0,9983	Espermidina	0,9988
Histamina	0,9979	Feniletilamina	0,9988
Tiramina	0,9983	Espermina	0,9955
Serotonina	0,9983	Triptamina	0,9984

3.2.3 Análise estatística

Para cada cultivar de alface produzida em cada uma das três hortas urbanas foram retiradas três subamostras para as análises de aminos bioativas, enquanto para as de metais traço, foram retiradas duas subamostras. Para o tratamento estatístico dos resultados (efeito das interações das variáveis nas médias) foi utilizado o teste de Análise de Variância, acompanhado pelo método de Bonferroni a fim de se preservar a confiança em 95%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização das alfaces produzidas e das hortas urbanas

A partir das entrevistas semiestruturadas realizadas com um dos/as responsáveis pelas atividades de horticultura em cada local de produção, obteve-se as seguintes informações sobre os locais estudados. A Horta do Cafezal está situada em um terreno pedregoso, com elevado declive, ao lado de uma creche e atrás da Associação Comunitária da Vila Santana do Cafezal. A área onde a horta está localizada possui alta incidência dos raios solares durante todo o dia, característica residencial, tráfego baixo a moderado de carros, motos e micro-ônibus, sendo inexistentes as atividades industriais nas proximidades. A formação da Horta do Cafezal ocorreu no ano de 2005 e antes da sua implantação o terreno era considerado baldio e utilizado como depósito clandestino de entulhos. Eram comuns as reclamações feitas pelos vizinhos e funcionários da creche referentes à existência de animais peçonhentos, como cobra e escorpião. Além disso, o terreno era considerado foco de vetores da dengue. A produção da Horta do Cafezal é composta por frutas, hortaliças convencionais e não convencionais, ervas medicinais, raízes e tubérculos. Os alimentos produzidos são destinados à subsistência das famílias dos agricultores urbanos envolvidos nas atividades da horta, comercialização para a comunidade local a preços inferiores aos de mercado e também doação. Segundo o responsável pela horta, a irrigação das hortaliças foi realizada com água tratada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) na frequência de duas vezes ao dia. Para o cultivo da alface foi utilizado insumos naturais, provenientes do esterco de vaca e terra de minhocário, assim como a utilização de calcário para diminuir a acidez do solo.

O Jardim Produtivo possui uma área verde, plana, de 3.500 m², cedida pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PMBH), propícia às práticas de AU e considerada, na tipologia dos planejadores urbanos, como vazio urbano. A região onde esta unidade produtiva está situada possui característica residencial, com ausência de atividade industrial nas proximidades. Essa região recebe alta incidência dos raios solares durante todo o dia, possui tráfego moderado de veículos e conta com o atendimento de

três linhas de ônibus municipais. Atualmente as atividades de horticultura são realizadas por seis moradores locais, sendo que cinco estão envolvidos desde o início das atividades do CCF e um, se integrou a equipe no decorrer das atividades. O Jardim Produtivo foi criado em 2008 e antes de sua implantação o terreno era considerado baldio e propriedade da PMBH. A sua produção é composta por hortaliças convencionais e não convencionais, frutas, ervas medicinais, raízes e tubérculos. A produção é comercializada com a comunidade local no próprio Jardim Produtivo e também, regularmente, com duas escolas da região, Escola Municipal Antônio Mourão Guimarães e Escola Municipal Dulce Maria Homem. A irrigação das culturas é feita com água tratada da COPASA na frequência média de duas vezes ao dia e o cultivo é realizado com utilização de composto natural (elaborado com esterco de vaca, cama de galinha e capim seco) e mineral, a partir do uso de calcário e fosfato.

O CMAUF é um centro de referência em AU, sendo desenvolvido em 2010 pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social da Prefeitura de Contagem a partir da Coordenadoria de Segurança Alimentar Nutricional e Abastecimento por meio de convênio com a Associação Betel de Assistência Social. O Centro abriga também o primeiro banco de hortaliças não convencionais da área urbana da RMBH, que conta com mudas e/ou sementes de espécies como, ora-pro-nobis, azedinha, feijão de metro, bedroega, bertalha, vinagreira dentre outras. Um dos objetivos do CMAUF é difundir o cultivo e o consumo das hortaliças tradicionais e melhorar a dieta familiar, além de oportunizar o aumento de renda familiar. Antes da existência do CMAUF, o terreno era utilizado como depósito de entulho, sendo uma propriedade privada. Está situado na região industrial do Município de Contagem, em região que possui um intenso tráfego de veículos, principalmente aqueles de grande porte, caminhões, carretas e ônibus e muita poeira particulada. O CMAUF encontra-se próximo de um dos pontos de distribuição de mercadorias da Central de Abastecimento de Minas Gerais (CEASA-MG). A área verde do local possui uma ampla biodiversidade e incidência moderada de raios solares nos canteiros, amenizada pela existência de muros ao redor do local e árvores frutíferas que geram sombras no início da tarde. A produção do CMAUF também é composta por frutas, hortaliças convencionais e não convencionais, ervas medicinais, raízes e tubérculos. A produção é destinada ao consumo próprio dos funcionários, doação para o abrigo de crianças localizado na região, além de fim pedagógico e cultural. Assim como as outras duas iniciativas de AU, a irrigação é

realizada com água tratada pela COPASA. O cultivo é feito com biocompostagem (elaborada a partir de restos de alimentos, vegetais secos e esterco de boi), não se utiliza fertilizantes e defensivos agrícolas artificiais.

Após 43 dias do transplante, as alfaces cultivadas no Jardim Produtivo já tinham alcançado desenvolvimento adequado para o comércio e consumo, assim, foi realizada a coleta das três cultivares no dia 29 de setembro de 2011 (Figura 12). Ao contrário do Jardim Produtivo, as alfaces das demais hortas ainda não haviam alcançado o estágio adequado à comercialização e consumo, dessa forma, visando a padronização do estágio final de crescimento das mesmas, as amostras tiveram que ser coletadas em diferentes tempos após o transplante para os respectivos canteiros. As alfaces produzidas no CMAUF não apresentaram crescimento semelhante ao observado naquelas do Jardim Produtivo, e tiveram que ser coletadas em tamanho inferior, após 63 dias da realização do transplante ao canteiro, no dia 24 de outubro de 2011, uma vez que algumas iniciaram o processo de pendoamento (Figura 13).



Figura 12. Cultivo de alface do Jardim Produtivo. À frente tem-se a cultivar Baba de Verão e ao fundo a cultivar Romana Branca de Paris.

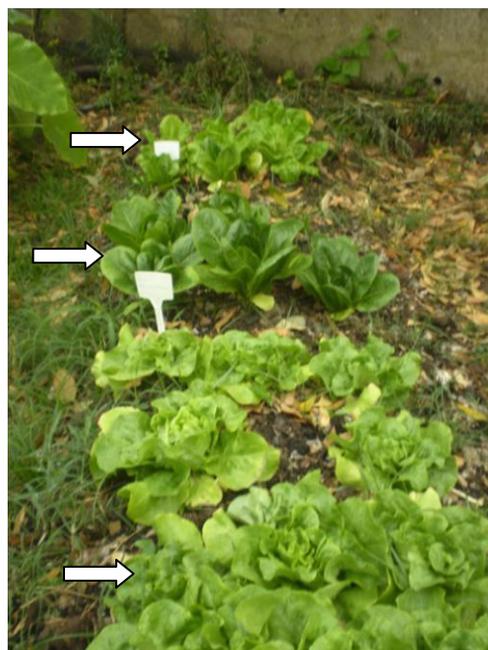


Figura 13. Cultivo de alface do Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar em início de pendoamento. À frente tem-se a cultivar Regina, no meio, Romana Branca de Paris e ao fundo, Baba de Verão.

Inicialmente as alfaces produzidas na Horta do Cafezal apresentaram crescimento irregular entre as cultivares, percebeu crescimento mais acelerado da Romana Branca de Paris, seguida pela Regina de Verão e Baba de Verão. Foi levantada a hipótese das alfaces terem sido transplantadas próximas a uma cerca viva de ora-pro-nobis que impedia a incidência regular dos raios do Sol em todas as amostras. No entanto, as culturas Regina e Baba de Verão apresentaram aceleração do seu desenvolvimento, sendo que após 70 dias do transplante para o respectivo canteiro, na data 26 de outubro de 2011, as três cultivares apresentaram características de desenvolvimento adequado à comercialização e consumo.

4.2 Teores de metais traço (cobre, cádmio e chumbo) em diferentes cultivares de alface obtidas em três hortas urbanas situadas na RMBH

4.2.1 Percentual de recuperação dos analitos de interesse a partir da digestão ácida em micro-ondas e quantificação em ICP-MS do material padrão de referência certificado

O MPRC é importante na avaliação da acurácia da técnica e na avaliação de potenciais vieses metodológicos, uma vez que estão disponíveis sob a forma de materiais homogêneos e as concentrações dos metais são certificadas utilizando mais de uma técnica analítica (PÖYKIÖ et al., 2000). A escolha do material de referência baseou na semelhança de sua matriz com as amostras estudadas, ambas são tecidos vegetais provenientes de folhas, por apresentar os metais traço de interesse e pela sua disponibilidade no Laboratório de Espectrometria de Massas do CDTN durante a realização das análises.

Para determinar a eficiência do método de digestão das amostras de alface foram realizadas as determinações dos analitos cobre, cádmio e chumbo, sob as mesmas condições no MPRC de folhas de poplar. Na Tabela 10 estão representados os percentuais de recuperação para cada metal. Para o cobre, o cádmio e o chumbo

foram obtidas taxas médias de recuperação entre 95,1% e 127,8%. Resultados semelhantes foram encontrados por Millour et al. (2011) em MPRC de tecidos de molusco (BCR 278R), de peixe (IAEA 407) e de mistura de ervas de origem polonesa (INCT MPH 2). Os autores estabeleceram como critério de qualidade para a análise simultânea de 21 elementos inorgânicos por ICP-MS com digestão em forno de micro-ondas, a faixa de recuperação de 70 a 130%. Conforme preconizadas pela FAO/WHO (2008), as taxas gerais de recuperação para análises em alimentos podem variar de 80 até 110% para aqueles analitos que apresentem concentrações na faixa de 100 µg/Kg a 10 mg/Kg. A recuperação média de cobre e chumbo atenderam à faixa preconizada pelas instruções de trabalho do *Codex Alimentarius*, no entanto, a taxa de recuperação do cádmio permaneceu fora da faixa recomendada.

Tabela 10. Porcentagem de recuperação de cobre, cádmio e chumbo no material padrão de referência certificado DC73350 após digestão em forno de micro-ondas

Analito	Valor certificado* (ppm)	Rec. 1 (%)	Rec. 2 (%)	Rec. 3 (%)	Rec. Média** (%)
Cu	9,30	101,8	101,7	103,4	102,3 ± 0,98
Cd	0,32	133,3	128,4	121,6	127,8 ± 5,87
Pb	1,50	87,9	90,2	107,1	95,1 ± 10,48

* material de referência, folhas de poplar, NCS DC73350; ** média das recuperações 1, 2 e 3. Rec.: recuperação; Cu: cobre; Cd: cádmio; Pb: chumbo.

Utilizando a digestão por HNO₃ e HF nos respectivos volumes de 5,0 mL e 0,1 mL e etapa de complexação com 1,2 mL de H₃BO₃, Feng et al. (2000) obtiveram taxas de recuperação para cobre, cádmio e chumbo no MPRC NIST 1547 de folhas de pêssigo, equivalentes a 89 ± 5%; 98,1 ± 3% e 96,9 ± 0,8%, respectivamente. As taxas de recuperação para o cádmio e chumbo obtidas por estes autores foram mais exatas do que aquelas encontradas no presente estudo, que por sua vez, apresentou mais exatidão na recuperação para o cobre. Os diferentes resultados obtidos entre os estudos podem ser justificados pela metodologia de digestão, condições empregadas dos equipamentos durante os experimentos, grau de pureza dos reagentes, assim como a escolha do MPRC que foi distinto para os casos citados.

4.2.2 Teores de cobre, cádmio e chumbo nas amostras de folhas de alface de diferentes cultivares, obtidas em hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011

Os teores médios (em base úmida) de cobre encontrados nas folhas de três cultivares de alfaces produzidas em três hortas urbanas situadas na RMBH estão representados na Tabela 11. Os teores desse metal variaram de 0,39 a 0,88 mg/Kg para as amostras pesquisadas. Pôde-se verificar que o local de produção interferiu de forma significativa no conteúdo de cobre para a cultivar Baba de Verão, assim as amostras desta cultivar produzida no CMAUF apresentaram teor médio de cobre significativamente maior que os encontrados na mesma cultivar produzida nas outras duas hortas urbanas. Comportamento diferente foi percebido para a Regina de Verão e Romana Branca de Paris que não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes locais de produção.

Tabela 11. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de cobre em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de Cu ^{1,2} (mg/Kg)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	0,49 ^b ± 0,07	0,67 ^{a,b} ± 0,01	0,47 ^b ± 0,07
Horta do Cafezal	0,48 ^b ± 0,02	0,685 ^{a,b} ± 0,006	0,40 ^b ± 0,01
CMAUF	0,82 ^a ± 0,03	0,80 ^a ± 0,10	0,70 ^{a,b} ± 0,10

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 2; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Os resultados também demonstraram que as diferentes cultivares estudadas parecem não exercer interferência no teor médio de cobre quando produzidas na mesma horta urbana sob as mesmas condições. Assim, pode-se supor que o local de produção proporcionou maior interferência no teor médio de cobre, quando comparado com as diferentes cultivares pesquisadas. Dentre as possíveis explicações para a diferença dos teores de metais em hortaliças provenientes de locais de produção distintos,

merece destaque a variável mobilidade de alguns metais traço, a exemplo do cobre, conforme característica do solo, quanto mais alta a sua salinidade mais fácil será a absorção desse metal pela hortaliça (PERIS et al., 2007). Yusuf e Oluwole (2009) relataram que elevadas concentrações de metais no solo podem aumentar a sua absorção pelas culturas vegetais, assim como as hortas que estão localizadas nas proximidades de rodovias com intenso tráfego de veículos podem estar sujeitas à poluição atmosférica sob a forma de aerossóis contendo metais, como é o caso do CMAUF, localizado na região industrial do município de Contagem, MG e que apresentou os maiores teores dos metais analisados em alguma de suas amostras.

Os teores médios (em base úmida) de cádmio encontrados nas folhas das alfaces estão representados na Tabela 12. A faixa detectada para esse metal variou de 0,0016 a 0,0237 mg/Kg. Comparando apenas as hortas urbanas, todas as amostras coletadas no CMAUF apresentaram teores médios superiores aos demais locais de produção. Os resultados obtidos demonstraram que a cultivar e o local de produção, possivelmente, são variáveis determinantes para os teores médios de cádmio em alface. Com exceção da Horta do Cafezal, as demais apresentaram diferença significativa no teor desse elemento para as distintas cultivares.

Tabela 12. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de cádmio em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de Cd ^{1,2} (mg/Kg)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	0,0096 ^c ± 0,0009	0,003 ^d ± 0,001	0,0078 ^c ± 0,0001
Horta do Cafezal	0,0068 ^c ± 0,0001	0,0060 ^{c,d} ± 0,0002	0,007 ^c ± 0,001
CMAUF	0,015 ^b ± 0,002	0,0202 ^a ± 0,0007	0,0234 ^a ± 0,0005

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 2; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG.

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Resultado divergente ao observado para o Jardim Produtivo e CMAUF foi obtido por Nabulo et al. (2011) que não perceberam diferenças significativas nos teores médios de cádmio em três diferentes cultivares de alface produzidas sob as mesmas condições em solos contaminados por efluentes de esgoto urbano. Ainda sobre o trabalho de Nabulo

et al. (2011), os teores médios de cádmio, em base seca, encontrados nas três cultivares estudadas (Lakeland, Evola e Little Gem), correspondente a, $1,31 \pm 0,039$ mg/Kg, $1,22 \pm 0,082$ mg/Kg e $1,13 \pm 0,044$ mg/Kg, respectivamente, são superiores aos maiores teores médios encontrados no presente estudo, referentes às cultivares Regina de Verão e Romana Branca de Paris, ambas produzidas no CMAUF.

Os teores médios (em base úmida) de chumbo encontrados nas folhas das alfaces estão representados na Tabela 13. A faixa detectada para este elemento variou de não detectado a $0,153$ mg/Kg. A cultivar Baba de Verão produzida no Jardim Produtivo e na Horta do Cafezal e Regina de Verão produzida no Jardim Produtivo não apresentaram níveis detectáveis para esse elemento (teor $< 0,001$ mg/Kg).

Tabela 13. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de chumbo em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de Pb ^{1,2} (mg/Kg)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	nd ^b	nd ^b	$0,025^{a,b} \pm 0,004$
Horta do Cafezal	nd ^b	$0,054^{a,b} \pm 0,002$	$0,032^{a,b} \pm 0,016$
CMAUF	$0,109^a \pm 0,062$	$0,040^{a,b} \pm 0,010$	$0,070^{a,b} \pm 0,01$

⁽¹⁾ teores médios \pm desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 2; nd: não detectado, (teor $< 0,001$ mg/Kg); CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar - Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

A partir da análise dos resultados pode-se supor que as cultivares estudadas não interferiram nos teores médios de chumbo, ao contrário da variável local de produção. A cultivar Baba de Verão produzida no CMAUF apresentou o maior teor de chumbo. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Nabulo et al. (2011), no qual não foi possível observar diferença significativa dos seus teores médios nas cultivares de alface, Lakeland, Evola e Little Gem. Para as cultivares de alface os autores encontraram os teores médios, em base seca, correspondentes a $0,414 \pm 0,109$; $0,442 \pm 0,064$; e $0,443 \pm 0,052$ mg/Kg, respectivamente. Os teores médios de chumbo observados são inferiores aos encontrados nas três cultivares (Baba de Verão, Regina de Verão e Romana Branca de Paris) produzidas no CMAUF e na cultivar Regina de

Verão produzida na Horta do Cafezal, com teores médios de chumbo, em base seca, equivalentes a $1,2 \pm 0,7$; $0,7 \pm 0,2$; $0,9 \pm 0,2$; e $0,84 \pm 0,04$ mg/Kg, respectivamente.

Analisando apenas a cultivar Romana, Cao et al. (2010) encontraram teores médios, em base úmida, de cobre e chumbo em alfaces produzidas em área próxima à zona industrial de Jiangsu, China, equivalentes a 0,55 mg/Kg e 0,064 mg/Kg, respectivamente. Tais resultados são superiores aos encontrados no presente trabalho para a mesma cultivar, com exceção daquela produzida no CMAUF. Os autores observaram teor médio de cádmio equivalente a 0,026 mg/Kg, sendo este, superior a todos os resultados encontrados no presente estudo.

Fernandes et al. (2007) encontraram teores de cobre, cádmio e chumbo em amostras de alface coletadas em áreas olerícolas rurais de Minas Gerais com ampla faixa de variação e valores máximos muito acima dos observados neste estudo. Nas amostras de alfaces das áreas olerícolas de MG os teores mínimos e máximos em mg/kg em base seca para cobre foram de 0,44 a 37,40; para o cádmio de 0,00 a 0,48 e para o chumbo de 0,00 a 331,60. Enquanto as faixas de mínimo e máximo em mg/Kg em base seca encontradas neste trabalho foram de 5,39 a 14,42 para o cobre, de 0,086 a 0,340 para o cádmio e 0,020 a 0,056 para o chumbo. A comparação da faixa de metais de ambos estudos sugere que as hortaliças provenientes das áreas olerícolas rurais podem apresentar níveis de contaminação superior àquelas produzidas nas cidades, apesar dos fatores de risco associados ao ambiente urbano. No entanto, os autores não informam as condições detalhadas de cultivo das hortaliças investigadas e quais são as possíveis variáveis que estiveram envolvidas no processo e que permitiram a obtenção de níveis máximos tão elevados de chumbo em algumas das amostras.

Ao se comparar os níveis médios dos metais traço analisados com os LMT preconizados pelas legislações nacionais vigentes (BRASIL, 1965; ANVISA, 1998) para hortaliças ou outros alimentos, quando as hortaliças não foram contempladas, foi possível perceber que todas as amostras de alface coletadas nas três hortas urbanas estudadas apresentaram resultados bem abaixo dos mesmos (Figuras 15, 16 e 17). Essa constatação pode sugerir uma produção de hortaliças segura nas três iniciativas de agricultura urbana investigadas, quanto aos teores de contaminantes de cobre, cádmio e chumbo.

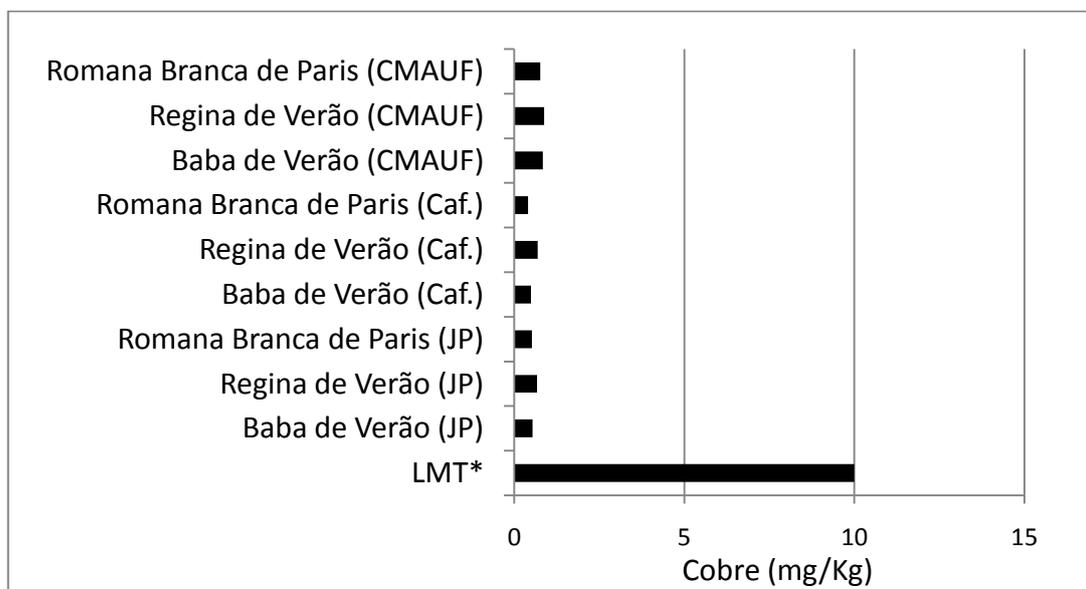


Figura 14. Comparação do limite máximo tolerado de cobre preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas. CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana – Contagem, MG; Caf.: Horta do Cafezal; JP: Jardim Produtivo (*) Fonte: (ANVISA, 1998).

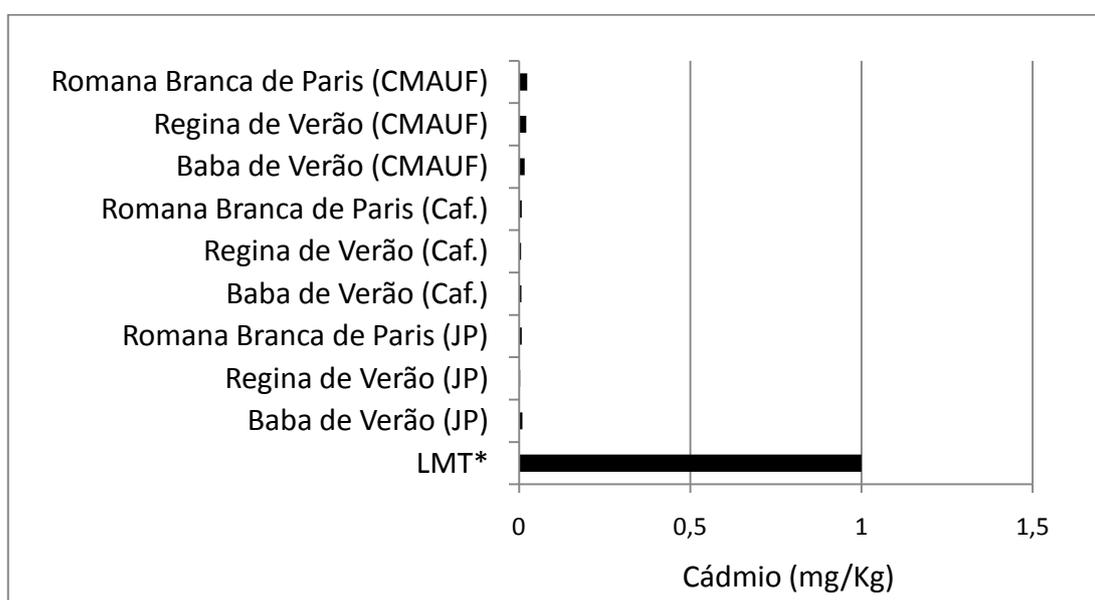


Figura 15. Comparação do Limite Máximo Tolerado de cádmio preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas. CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana – Contagem, MG; Caf.: Horta do Cafezal; JP: Jardim Produtivo (*) Fonte: (BRASIL, 1965).

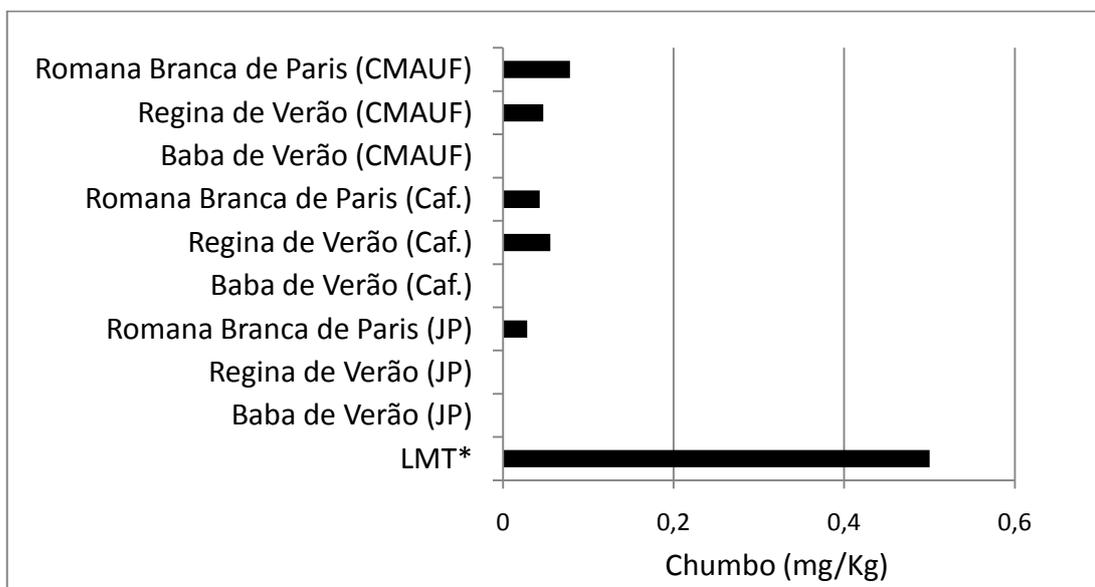


Figura 16. Comparação do Limite Máximo Tolerado de chumbo preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de alface analisadas. CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana – Contagem, MG; Caf.: Horta do Cafezal; JP: Jardim Produtivo (*) Fonte: (BRASIL, 1965).

Levando-se em conta a PMTDI para o cobre, estabelecida pelo JECFA a um indivíduo de 60,0 Kg, a ingestão diária máxima tolerada desse elemento seria equivalente a 30,0 mg (FAO/WHO, 1982). Considerando apenas as alfaces estudadas como única fonte dietética de cobre, seria necessário o consumo aproximado de 34,5 Kg da amostra com o maior teor observado de cobre em um dia para ultrapassar a PMTDI. Para o mesmo indivíduo de 60,0 Kg a PTMI estabelecida pelo JECFA para o cádmio seria equivalente a 1,5 mg/mês (FAO/WHO, 2010b). Considerando novamente apenas as alfaces estudadas como única fonte dietética de cádmio, seria necessário o consumo aproximado de 71,5 Kg da amostra com o maior teor observado para esse elemento em um mês para superar a PTMI estabelecida. Para o chumbo não foi possível realizar a comparação com a PTWI, uma vez que no ano de 2010 o JECFA concluiu que a antiga PTWI não poderia mais ser considerada protetora da saúde e a retirou (FAO/WHO, 2010b).

Para os limites máximos de contaminantes e toxinas estabelecidos pelo JECFA para o cádmio e chumbo (0,2 e 0,3 mg/Kg), todas as amostras analisadas encontraram-se abaixo dos níveis tolerados, atestando mais uma vez, a inocuidade das alfaces produzidas pelas iniciativas de AU estudadas. Resultados diferentes foram encontrados por Machado et al. (2008) em amostras de alface da cultivar Mariane,

cultivada em diferentes compostos orgânicos (cama de frango e torta de mamona), onde os teores médios de chumbo ($1,38 \pm 3,20$ e $0,83 \pm 1,94$ mg/Kg, respectivamente) foram superiores ao limite máximo permitido pelo *Codex Alimentarius*. Alface cultivada sem adubação apresentou teor médio de chumbo ($0,15 \pm 0,18$ mg/Kg) abaixo do limite estabelecido pelo *Codex Alimentarius*. Não foi possível realizar a comparação dos níveis máximos de contaminantes e toxinas estabelecidos pelo JECFA para o cobre uma vez que não há especificação dos seus níveis máximos tolerados em vegetais.

4.3 Perfil e teores de aminos bioativas em três cultivares de alface obtidas em três hortas urbanas situadas na RMBH

4.3.1 Ocorrência de aminos bioativas em folhas e caules de diferentes cultivares de alface

Foram encontradas quatro dentre as dez aminos pesquisadas. Detectou-se a presença de putrescina, espermidina, espermina e agmatina nas amostras de folhas de alface obtidas nas hortas urbanas da RMBH durante o período de setembro a outubro de 2011 conforme percentuais de ocorrência indicados na Figura 18. Ocorrência distinta de aminos bioativas foi percebida por Coelho et al. (2005) que pesquisaram as mesmas aminos investigadas neste trabalho com exceção da serotonina. Os autores encontraram espermidina, putrescina, agmatina e cadaverina em 100% das amostras de alface americana da cultivar Lucy Brown. Resultados distintos também foram observados por Bardócz et al. (1993) que pesquisaram as poliaminas espermidina e espermina e a diamina putrescina e apenas encontraram níveis detectáveis de putrescina e espermidina. Moret et al. (2005) investigaram oito aminos das dez pesquisadas neste trabalho com exceção da agmatina e da serotonina. Ocorrência distinta de aminos foi observada pelos autores que além de detectar a putrescina, a espermina e a espermidina, detectaram a tiramina.

No caule foram detectadas somente putrescina, espermidina e espermina (Figura 19). Histamina, cadaverina, tiramina, serotonina, 2-feniletilamina e triptamina não foram

encontradas em nenhuma das partes das amostras de alface analisadas neste trabalho.

Dentre as aminos encontradas nas cultivares de alface, merecem destaque as aminos espermina, espermidina e putrescina com 100% de ocorrência nas amostras. Já a agmatina foi detectada em concentrações traço apenas nas amostras de folhas de alfaces pertencentes às cultivares Baba de Verão e Regina de Verão coletadas na horta urbana do CMAUF em Contagem, o que representou 33% das amostras analisadas.

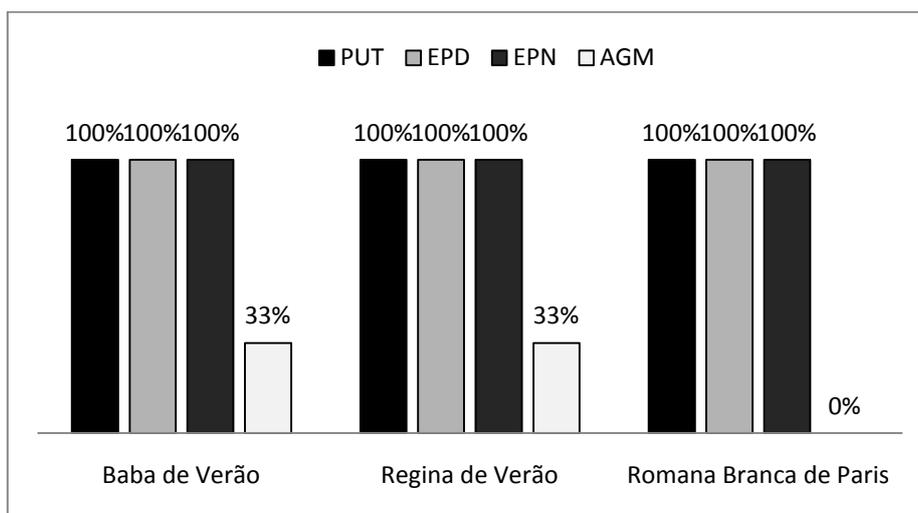


Figura 17. Percentual de ocorrência de aminos bioativas em folhas de alface provenientes de três cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH (PUT: putrescina; EPD: espermidina; EDN: espermina; AGM: agmatina).

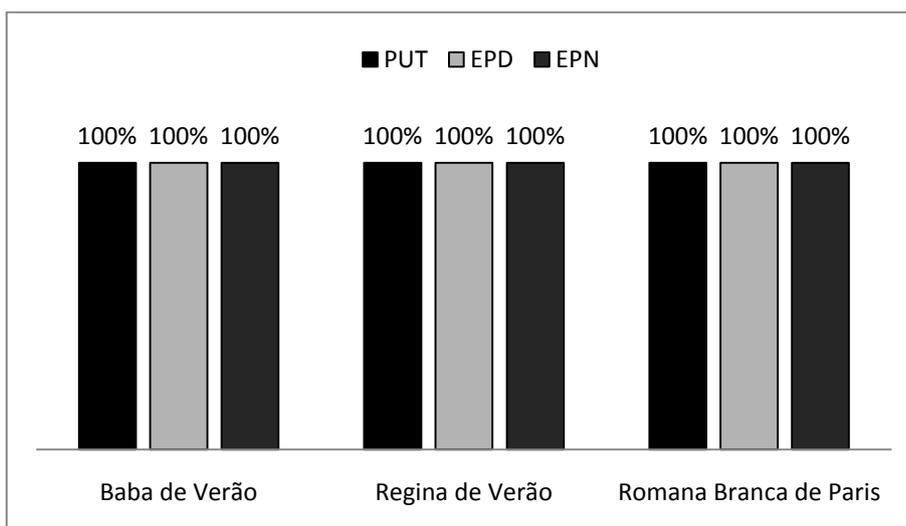


Figura 18. Percentual de ocorrência de aminos bioativas em caule de alface provenientes de três cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH (PUT: putrescina; EPD: espermidina; EDN: espermina; AGM: agmatina).

Em trabalho realizado por Coelho (2001) com folhas de alface americana minimamente processada armazenada com e sem adição de metabissulfito de sódio ao longo de dez dias, também se confirmou a presença de espermina, espermidina e putrescina no tempo zero para ambas as formas de tratamento (com e sem metabissulfito de sódio). Conforme avanço dos dias de armazenamento, encontrou-se a amina cadaverina, no entanto, a autora justifica a presença desta amina a partir de uma possível contaminação microbiana das folhas de alface. Hálasz et al. (1994) afirmaram que os vegetais com superfícies danificadas ou cortadas, assim como os minimamente processados, são mais suscetíveis a contaminação microbiana por enterobactérias, que por sua vez, estão associadas com a descarboxilação da lisina com formação da cadaverina.

Segundo Glória (2005), a presença de espermidina, espermina e putrescina em vegetais é esperada, pois as poliaminas espermidina e espermina estão presentes em todos os tecidos vegetais e animais, sendo a putrescina um intermediário obrigatório na síntese das poliaminas. Como nas plantas a agmatina pode ser convertida em N-carbamoylputrescina e, posteriormente, em putrescina pela enzima agmatina urea-hidrolase ou agmatinase, a sua presença em algumas amostras de folhas de alface pode ser um indício da ocorrência dessa via biossintética (HILLARY & PEGG, 2003). Glória (2005) e Bomtempo (2011) complementam que a presença da agmatina em vegetais possa também sugerir que a produção de poliaminas tenha ocorrido via agmatina, mesmo sendo a via biossintética pela ornitina a mais comum. A predominância de espermidina em todas as amostras de folhas e caule de alface estão de acordo com Bardócz (1995) e Santiago-Silva et al. (2011) os quais relatam que a espermidina é dominante em vegetais e está envolvida na divisão e diferenciação celular, estabilidade da membrana e retardo da senescência.

4.3.2 Teores totais de aminos bioativas em folhas e caules de diferentes cultivares de alface

Na Tabela 14 estão representados os teores totais de aminos bioativas em folhas de alface proveniente das três cultivares de alface estudadas. A partir da análise dos

resultados foi possível perceber que não houve diferença significativa dos teores totais médios de aminos entre as cultivares estudadas. Os resultados de aminos bioativas estão expressos em base úmida, uma vez que as folhas de alface não apresentaram diferença significativa no teor de água, conforme demonstrado na Tabela 15.

Tabela 14. Teores totais de aminos bioativas nas folhas de alfices de diferentes cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011

Cultivar	Teores totais de aminos bioativas^{1,2} (mg/100 g)
Baba de Verão	0,83 ± 0,21
Regina de Verão	0,86 ± 0,24
Romana Branca de Paris	0,73 ± 0,03

⁽¹⁾ Valores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ As médias não apresentam diferença significativa entre si (teste de comparação múltipla de médias – Bonferroni, 95% de confiança).

Tabela 15. Teores médios de água¹ nas diferentes cultivares de alfices obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011

Cultivar	Teor médio de água^{2,3} (g/100 g)
Baba de Verão	92,8 ± 1,67
Regina de Verão	93,5 ± 0,38
Romana Branca de Paris	92,7 ± 0,36

⁽¹⁾ teor de água obtido pela diferença gravimétrica antes e após o processo de liofilização das folhas de alface. ⁽²⁾ Teor médio de água ± desvio padrão. ⁽³⁾ As médias não apresentam diferença significativa entre si (teste de comparação múltipla de médias – Bonferroni, 95% de confiança).

Segundo Starling (1998), a diferença no teor total de aminos em uma hortaliça pode ser justificada pelo tipo de cultivo, variedade e grau de maturidade da hortaliça estudada, assim como pela metodologia empregada, no entanto neste caso não se aplica, uma vez que as condições metodológicas de ambos os trabalhos foram as mesmas. Coelho et al. (2005) encontraram teor total médio de aminos equivalente a 0,76 mg/100 g, em folhas de alface americana da cultivar Lucy Brown in natura. Esse resultado é inferior ao observado neste estudo para as folhas de alface das cultivares Baba e Regina de Verão e superior ao observado na cultivar Romana Branca de Paris. O teor total médio

de aminos em folhas de alface das três cultivares estudadas foram menores que os encontrados por Starling (1998) para outras hortaliças folhosas, tais como para o espinafre (3,16 mg/100 g), para a salsa (3,25 mg/100 g) e para a cebolinha (1,49 mg/100 g).

Na Tabela 16 estão representados os teores totais de aminos bioativos em caule de alface proveniente das três cultivares de alface estudadas. A partir da análise dos resultados foi possível perceber que não houve diferença significativa dos teores totais de aminos entre as cultivares.

Tabela 16. Teores totais de aminos bioativos no caule de alfaces de diferentes cultivares obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011

Cultivar	Teores totais de aminos bioativos^{1,2} (mg/100 g)
Baba de Verão	0,71 ± 0,21
Regina de Verão	1,00 ± 0,26
Romana Branca de Paris	0,75 ± 0,19

⁽¹⁾ Valores médios ± desvio padrão em base úmida ⁽²⁾ As médias não apresentam diferença significativa entre si (teste de comparação múltipla de médias – Bonferroni, 95% de confiança).

4.3.3 Perfil de aminos bioativos nas folhas e caule de diferentes cultivares de alface

Nas três cultivares de alfaces estudadas as amostras de folhas apresentaram perfil e contribuição de cada amina ao teor total semelhantes entre si, sendo a espermidina a amina predominante (61,7% - 64,4%), seguida da putrescina (19,0% - 24,1%) e da espermina (14,2% - 16,5%) como pode ser observado na Figura 19. A predominância de espermidina seguida por putrescina também foi observada em folhas de alface americana da cultivar Lucy Brown por Coelho et al. (2005), em hortaliças folhosas como a couve chinesa, endívia, alface e rabanete por Simon-Sarkadi et al. (1994), e em salsa e alcaparra por Starling (1998).

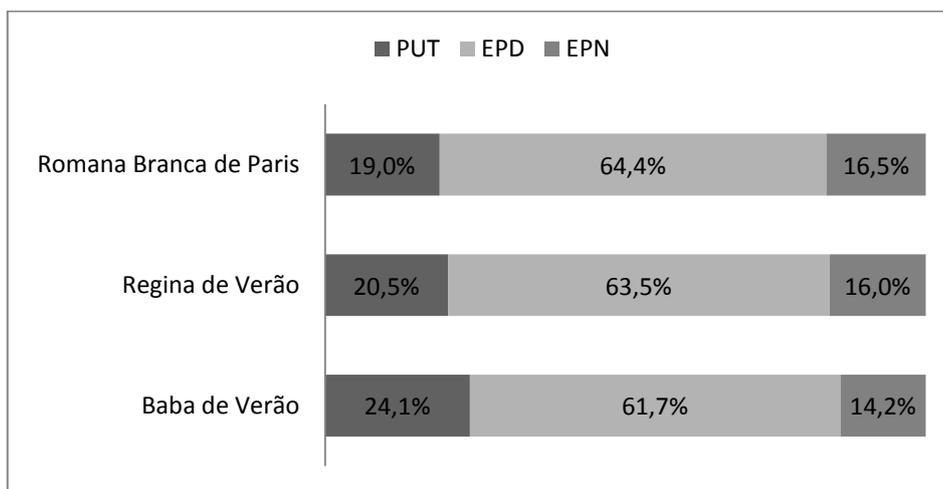


Figura 19. Contribuição de cada amina bioativa ao teor total em folhas de alface de diferentes cultivares obtidas das hortas urbanas da RMBH (PUT: putrescina; EPD: espermidina; EDN: espermina).

Para o caule de alface, as amostras das três cultivares estudadas apresentaram perfil e contribuição de cada amina ao teor total semelhante entre si, porém, distinto do observado nas folhas da alface. A espermidina também foi a amina predominante (69,0% - 70,2%), seguida da espermina (16,3% - 20,8%), diferindo assim do perfil apresentado pelas folhas, que apresentaram a putrescina como a segunda amina predominante. E por fim, no caule, a putrescina foi a terceira amina predominante (10,3% - 13,5%), como pode ser observado na Figura 20.

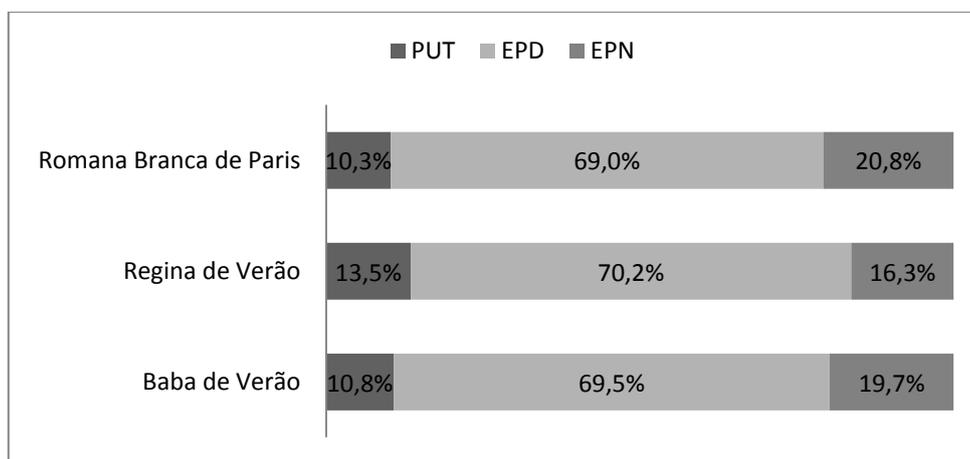


Figura 20. Contribuição de cada amina bioativa ao teor total em caule de alface de diferentes cultivares obtidas das hortas urbanas da RMBH (PUT: putrescina; EPD: espermidina; EPN: espermina).

A presença de meristema apical, caracterizado por células vegetais não diferenciadas e de intenso crescimento celular no ápice do caule dos vegetais garante a formação e

renovação de novas folhas (TAIZ & ZEIGER, 2004). Moinard et al. (2005) afirmaram que as poliaminas agem na proliferação celular, assim sendo, seria de se esperar maiores teores de poliaminas, nessa parte da alface. Comparando os resultados obtidos para os teores médios de espermidina e espermina entre folha e caule de alface, não foram observadas diferenças significativas. Por outro lado, os teores de putrescina, foram significativamente maiores na folha comparado ao caule (Tabela 17).

Tabela 17. Teores médios de aminos bioativas em folhas e caule de alfaces obtidas de hortas urbanas da RMBH no período de setembro a outubro de 2011

Parte da alface	Teores de aminos bioativas ¹ (mg/100 g)		
	PUT	EPD	EPN
Folha ²	0,17 ^a ± 0,05	0,51 ^a ± 0,16	0,13 ^a ± 0,03
Caule ³	0,10 ^b ± 0,04	0,57 ^a ± 0,19	0,15 ^a ± 0,03

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 9; ⁽³⁾ n = 6.

PUT: putrescina; EPD: espermidina; EPN: espermina;

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias – Bonferroni, 95% de confiança).

4.2.4 Influência das cultivares e locais de produção nos teores totais de aminos bioativas

Apenas nas cultivares Baba de Verão e Regina de Verão produzidas no CMAUF foi possível encontrar concentrações traço de agmatina, o que não ocorreu com as outras amostras. O teor de putrescina encontrado nas folhas de alface variou de 0,09 a 0,28 mg/100 g de alface. As variáveis cultivar e local de produção interferiram de forma significativa no teor médio dessa amina em folhas de alface. No CMAUF, a cultivar Baba de Verão apresentou teor médio de putrescina significativamente diferente das outras duas cultivares. As diferentes hortas urbanas também interferiram no teor médio dessa amina para as cultivares Baba de Verão e Romana Branca de Paris, sendo a Horta do Cafezal o local com teor médio inferior de putrescina (Tabela 18). Segundo Flores et al. (1989), Serrano et al. (1998) e Coelho et al. (2005), a putrescina pode acumular-se nas plantas que tenham sido submetidas a algum tipo de estresse durante o cultivo, por exemplo, estresse por deficiência mineral durante o crescimento, especialmente de potássio e magnésio, alta salinidade ou amônia, estresse osmótico, hídrico e variações de temperatura. Dessa forma, os menores teores de putrescina nas

alfaces provenientes da Horta do Cafezal pode ser um indício de que as condições de cultivo nesta horta foram mais adequadas.

Tabela 18. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de putrescina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores médios de putrescina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	0,20 ^{a,b} ± 0,03	0,18 ^{b,c,d} ± 0,01	0,19 ^{a,b,c} ± 0,01
Horta do Cafezal	0,14 ^{b,c,d} ± 0,05	0,18 ^{b,c,d} ± 0,02	0,11 ^d ± 0,00
CMAUF	0,25 ^a ± 0,03	0,18 ^{b,c,d} ± 0,01	0,12 ^{c,d} ± 0,01

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna ou linha não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Os teores encontrados nas folhas de alface para a espermidina variaram de 0,31 a 0,90 mg/100 g de amostra. As variáveis cultivar e local de produção interferiram de forma significativa no teor médio dessa amina, sendo a diferença no teor médio de espermidina entre as cultivares observada naquelas produzidas na Horta do Cafezal. Para os locais de produção, a diferença ocorreu na cultivar Regina de Verão (Tabela 19).

Tabela 19. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermidina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores médios de espermidina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	0,39 ^b ± 0,08	0,39 ^b ± 0,04	0,44 ^b ± 0,03
Horta do Cafezal	0,56 ^{a,b} ± 0,27	0,83 ^a ± 0,13	0,50 ^b ± 0,01
CMAUF	0,59 ^{a,b} ± 0,03	0,43 ^b ± 0,01	0,47 ^b ± 0,01

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna ou linha não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Os teores da poliamina espermina encontrado nas folhas de alface variaram de 0,08 a 0,22 mg/100 g de amostra. As variáveis cultivar e local de produção não proporcionaram efeitos significativos no teor médio total dessa poliamina nas amostras. Os teores médios de espermina em folhas de alface de diferentes cultivares produzidas em três hortas urbanas distintas podem ser conferidos na Tabela 20.

Tabela 20. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores médios de espermina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Jardim Produtivo	0,11 ± 0,03	0,11 ± 0,03	0,08 ± 0,00
Horta do Cafezal	0,10 ± 0,03	0,17 ± 0,05	0,13 ± 0,04
CMAUF	0,14 ± 0,00	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,03

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. As médias não diferiram significativamente entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Para os caules de alface analisados os teores de putrescina variaram de 0,05 a 0,21 mg/100 g de amostra. Apenas a variável cultivar interferiu significativamente nos teores médios dessa diamina, sendo os teores da cultivar Regina de Verão significativamente superior ao observado na Baba de Verão, ambas produzidas na Horta do Cafezal. Na Tabela 21 estão apresentados os teores médios de putrescina para o caule de três cultivares de alface produzidas em diferentes hortas urbanas.

Tabela 21. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de putrescina em caules de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de putrescina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Horta do Cafezal	0,06 ^b ± 0,01	0,14 ^a ± 0,06	0,07 ^{a,b} ± 0,01
CMAUF	0,09 ^{a,b} ± 0,01	0,13 ^{a,b} ± 0,00	0,08 ^{a,b} ± 0,01

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna ou linha não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Para a espermidina, os teores encontrados no caule de alface variaram de 0,28 a 1,00 mg/100 g de amostra. As variáveis cultivar e local de produção não interferiram significativamente nos teores médios encontrados para essa poliamina. Os teores médios desta poliamina em caule de três cultivares de alfaces produzidas em diferentes hortas urbanas podem ser conferidos na Tabela 22.

Tabela 22. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermidina em folhas de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de espermidina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Horta do Cafezal	0,34 ^b ± 0,06	0,66 ^{a,b} ± 0,30	0,38 ^{a,b} ± 0,05
CMAUF	0,65 ^{a,b} ± 0,05	0,75 ^a ± 0,02	0,66 ^{a,b} ± 0,01

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna ou linha não diferem entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Os teores de espermina encontrados no caule de alface variaram de 0,12 a 0,20 mg/100 g de amostra. Para essa poliamina as variáveis investigadas também não interferiram significativamente nos teores médios observados em caule de alface, tal evidência se assemelha à observada para a mesma poliamina nas folhas de alface, onde não se percebeu diferença entre as cultivares e locais de produção. A Tabela 23 contém os teores médios de espermina em caule de três cultivares produzidos em diferentes hortas urbanas.

Tabela 23. Efeitos das interações entre cultivar e local de produção nos teores médios de espermina em caules de alfaces coletadas no período de setembro a outubro de 2011

Local de produção	Teores de espermina ^{1,2} (mg/100 g)		
	Baba de Verão	Regina de Verão	Romana Branca de Paris
Horta do Cafezal	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,04	0,14 ± 0,04
CMAUF	0,15 ± 0,01	0,19 ± 0,00	0,17 ± 0,02

⁽¹⁾ teores médios ± desvio padrão em base úmida; ⁽²⁾ n = 3; CMAUF: Centro Metropolitano de Agricultura Urbana e Familiar – Contagem, MG. As médias não diferiram significativamente entre si (teste de comparação múltiplas de médias - Bonferroni, 95% de confiança).

Assim como se observou diferentes teores de aminos bioativas entre as cultivares de alface estudadas neste trabalho, Bomtempo (2011) encontrou diferentes perfis e teores de aminos bioativas em distintas cultivares de maracujá. Tal evidência reforça a necessidade de desenvolver pesquisas que avaliem as variáveis com potencial de interferência para o perfil e teores de aminos bioativas, tais como, cultivares, técnicas de plantio, características das estações de plantio, do solo, do modo de irrigação, dentre outras.

5 CONCLUSÕES

A partir das práticas de agricultura urbana estudadas foi possível obter as três cultivares de alface (Baba de Verão, Regina de Verão e Romana Branca de Paris) conforme as condições de aparência e diâmetro especificadas pela empresa produtora das sementes.

O método de digestão ácida em forno de micro-ondas e a análise de metais traço por ICP-MS possibilitou a obtenção de percentuais de recuperação dentro da faixa de qualidade adotada por Millour et al. (2011) (70 a 130%) para os três metais traço investigados.

Todas as amostras de folhas de alface provenientes da agricultura urbana apresentaram níveis de cobre, cádmio e chumbo cerca de 12,5; 42,7 e 7,1 vezes, respectivamente, abaixo do limite máximo de tolerância estabelecido pelas legislações nacionais vigentes. O tipo de cultivar não interferiu no teor médio de cobre e chumbo encontrado nas folhas de alface obtidas em um mesmo local de produção. No entanto, foi capaz de interferir no teor médio de cádmio. Os diferentes locais de produção foram capazes de interferir nos teores médios de cobre, cádmio e chumbo em alface da cultivar Baba de Verão e nos teores médios de cádmio em alface das cultivares Regina de Verão e Romana Branca de Paris.

Todas as amostras de caule e folha das três cultivares produzidas nas três hortas urbanas apresentaram níveis detectáveis das poliaminas espermidina e espermina e da diamina putrescina. Além dessas, todas as amostras de folhas de alface da cultivar Baba de Verão e Regina de Verão produzidas no CMAUF, apresentaram traços de agmatina. Para as folhas de alface a espermidina foi a amina predominante, seguida da putrescina e espermina. Para o caule de alface a espermina também foi a amina predominante, seguida da espermina e da putrescina.

Diferentes cultivares não apresentaram diferenças nos teores totais das aminas bioativas detectadas tanto em folhas, como em caule de alface. As diferentes partes de alface, folha e caule, apresentaram diferentes teores médios de putrescina, mas semelhantes teores de poliaminas.

Diferentes cultivares e locais de produção interferiram nos teores médios de putrescina e espermidina em folhas de alface. Diferentes cultivares interferiram no teor médio de putrescina em caule de alface. As variáveis tipo de cultivar e local de produção não afetaram os teores médios de espermina em folhas de alface e os teores médios de espermina e espermidina em caule de alface.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JÚNIOR, C.H.; SILVA, C.R.; ROSIAS, M.F.G.G.; GOMES, T.F.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; FERNANDES, H.M.G. Análise química de metais pesados por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente. p. 487-536. In: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes 2ª ed. Brasília, DF, 629 p, 2009.
- ABRÚCIO, F. CPFL Cultura. Programa Invenção do Contemporâneo. André URANI (curador). 31 de agosto de 2009. Disponível em: <<http://cpflcultura.com.br/video/integracentralizacao-e-urbanizacao-fernando-abrucio>>. Acesso em 10 de ago. 2010.
- ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.H.; SCHAEFERM C.E.G.R. Tópicos em ciência do solo, Viçosa: SBCS, v. 1, p. 299-352, 2000.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos e seu Anexo: Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 02 set. 2010.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Consulta pública nº 55, de 18 de novembro de 2011. Diário Oficial da União 19/11/2011. 3p. Disponível em: <<http://www.brasilsus.com.br/legislacoes/anvisa/110602-55.html>>. Acesso em: 15 de jan. 2011.
- AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 10, n. 1, p. 137-150, 2007.
- ARAYA, M.; OLIVARES, M.; PIZARRO, F.; GONZÁLES, M.; SPEISKY, H.; UAUY, R. Gastrointestinal symptoms and blood indicators of copper load in apparently healthy adults undergoing controlled copper exposure. American Journal of Clinical Nutrition, v. 77, p. 646-650, 2003.

- BAKKALI, K.; MARTOS, N.R.; SOUHAIL, B.; BALLESTEROS, E. Characterization of trace metals in vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry after closed vessel microwave digestion. *Food Chemistry*, v. 116, p. 590-594, 2009.
- BARDÓCZ, S.; GRANT, G.; BROWN, D. S.; RALPH, A.; PUSZTAI, A. Polyamines in food – implications for growth and health. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 4, p. 66-71, 1993.
- BARDÓCZ, S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. *Trends in Food Science and Technology*, v. 6, p. 341-346, 1995.
- BELO HORIZONTE. Lei municipal nº 9.959, de 20 de julho de 2010. Altera as leis nº 7.165/96 - que institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte - e nº 7.166/96 – que estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/lei9959-atual.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2012.
- BELO HORIZONTE. Lei municipal nº 10.255, de 13 de setembro de 2011. Institui a Política Municipal de Apoio à Agricultura Urbana e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.neusinha.com.br/leis/61a84ed4ed6d0105507b8c65234f1df1.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2012.
- BOARETTO, A.E.; RAIJ, B.V.; SILVA, F.C.; CHITOLINA, J.C.; TEDESCO, M.J.; CARMO, C.A.F.S. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. p. 59-85. In: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes 2ª ed. Brasília, DF, 629 p., 2009.
- BOMTEMPO, L.L. Aminas bioativas em maracujá: influência da espécie, das condições climáticas e do amadurecimento. Belo Horizonte, Faculdade de Farmácia da UFMG, 74 p., 2011 (Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos).
- BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, e alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. Disponível em: <http://www.fooddesign.com.br/arquivos/legislacao/decreto_558711965_aditivos_para_alimentos.pdf>. Acesso em: 02 set. 2010.
- BRASIL. Lei federal 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 15 ago. 2010.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Coordenação Geral de Alimentação e Nutrição. Política Nacional de Alimentação e Nutrição – PNAN 2ª edição revisada. Brasília, DF, 48 p., 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília, DF, 210 p., 2006. (Série A. Normas e manuais técnicos). Disponível em: <http://189.28.128.100/nutricao/docs/geral/guia_alimentar_conteudo.pdf>. Acesso em: 12 set. 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral de Alimentação e Nutrição. Política Nacional de Alimentação e Nutrição – PNAN. Brasília, DF. 45 p., 2011.
- BRITO, F. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. Estudos avançados, São Paulo, v. 20, n. 57, 2006. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n57/a17v2057.pdf>>. Acesso em: 4 Jan. 2012.
- CAO, H.; CHEN, J.; ZHANG, J.; ZHANG, H.; QIAO, L.; MEN, Y. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. Journal of Environmental Sciences, v. 22, n. 11, p. 1792-1799, 2010.
- CHANEY, R.L.; STERRET, S.B.; MIELKE, H.W. The potential for heavy metal exposure from urban gardens and soils. In: Preer, J.R. (Ed.), Proceedings of the Symposium on Heavy Metal in Urban Gardens. University of the District of Columbia Extension Service, Washington, DC, USA, p. 37-84, 1984.
- COELHO, A.F.S. Qualidade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. 104 p., 2001 (Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos).
- COELHO, A.F.S.; GOMES, E.P.; SOUSA, A.P.; GLÓRIA, M.B.A. Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 85, p. 1026-1032, 2005.
- CONSEA (Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional). Lei de Segurança Alimentar e Nutricional, Conceitos. Lei federal 11.346 de 15 de setembro de 2006. Brasília, DF, p. 20, 2006.
- COUTINHO, M.N. Agricultura urbana: análise e reflexão sobre os marcos legais e normativos do município de Belo Horizonte. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG. 113 p., 2007 (Monografia de Graduação em Geografia).

- COUTINHO, M.N. Agricultura urbana: práticas populares e sua inserção em políticas públicas. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG. 205 p., 2010. (Dissertação de mestrado em Geografia).
- CRUZ, M.C.; MEDINA, R.S. Agriculture in the city – a key to sustainability in Havana, Cuba. Ian Randle Publishers Kingston. 210 p. 2001.
- CUI, Y.J.; ZHU, Y.G.; ZHAI, R.H.; CHEN, D.Y.; HUANG, Y.Z.; QUI, Y.; LIANG, J.Z. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*, v. 30, p. 785-791, 2004.
- DALA PAULA, B.M.; LOVO, I.C.; FILHO, J.D.L. The productive garden: An experience in the city of Belo Horizonte, Brazil. *Urban Agriculture Magazine*, v. 23, p. 22-24, 2010.
- DE KIMPE, C.R.; MOREL, J.L. Urban soil management: a growing concern. *Soil Science*, v. 165, n. 1, p. 31-40, 2000.
- DELOYER, P.; PEULEN, O.; DANDRIFOSSE, G. Dietary polyamines and no neoplastic growth and disease. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, v., 13, p. 1027-1032, 2001.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Tipos de alface cultivados no Brasil. Comunicado Técnico 75, 7 p., 2009.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Select issues: urban agriculture: an oxymoron? In: *The state of food and agriculture*. Rome: FAO; 29 p., 1996. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/w1358e/w1358e00.htm>>. Acesso em 04 set. 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Cuestiones de la agricultura urbana, 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/esp/revista/9901sp2.htm>>. Acesso em: 01 set. 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Foreword. p. VI-VII. In: *The state of food and agriculture*. Rome, 180 p. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization). World food and agriculture in review. In: *The state of food and agriculture – women in agriculture*. Rome, p. 65-82. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2011.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Evaluation of certain food additives and contaminants. Twenty-sixth report. Geneva, 52 p., 1982.

- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Codex Alimentarius Commission. Proyecto de norma para el plomo presente en los alimentos: 28ª Reunido do Comité del Codex sobre Aditivos Alimentares. Manila, Filipinas, Rome, 1996.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Rome, Italy, World Health Organization, 2007 (Who Technical Report Series, 940).
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Alimentarius Commission. Thirty-first session. Geneva, Switzerland, 30 Jun-4 Jul. 70 p., 2008.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-second meeting. Rome, 16-25 fev. 16 p., 2010a.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-third meeting. Geneva, 8-17 jun, 17 p., 2010b.
- FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-fourth meeting. Rome, 14-23 jun., 16 p., 2011.
- FENG, X.; WU, S.; WHARMBY, A.; WITTMEIER, A. Microwave digestion of plant and grain standard reference materials in nitric and hydrofluoric acids for multi-elemental determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, v. 14, p. 939-946, 1999.
- FERNANDES, R.B.A.; LUZ, W.V.; FONTES, M.P.F.; FONTES, L.E.F. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 81-93, 2007.
- FLORES, H.E.; PROTACIO, C.M.; SIGNS, M. Primary and secondary metabolism of polyamines in plants. *Recent Advances in Phytochemistry*, v. 23, p. 329-393, 1989.
- FIDA (Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola). Habilitando os pobres rurais a superar a pobreza no Brasil. Roma, Itália. 8 p., 2011. Disponível em: <http://www.ifad.org/operations/projects/regions/PL/factsheet/brazil_p.pdf>. Acesso em 06 mar. 2012.

- FINSTER, M.E.; GRAY, A.K.; BINNS, H.J. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. *Science of the Total Environment*, v. 320, p. 245-257, 2004.
- FONTELELE, A.P.G.; PEDROTTI, J.J. Avaliação de metais traços e íons majoritários em águas de chuva na cidade de São Paulo. *Química Nova*, v. 32, n. 4, p. 839-844, 2009.
- GINÉ-ROSIAS, M.F. Espectrometria de massas com fonte de plasma (ICP-MS). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP. Ed. Piracicaba, 188 p., 1999. (Série Didática, v. 4).
- GLÓRIA, M.B.A. Bioactive amines. In: HUI, H.; NOLLET, L.L. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Marcel Dekker, v. 4, p. 1-38, 2005.
- HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends in Food Science and Technology*, v. 5, p. 42-49, 1994.
- HILLARY, R.A.; PEGG, A.E. Decarboxylases involved in polyamine biosynthesis and their inactivation by nitric oxide. *Biochemical and Biophysical Acta*, v. 1647, p. 161-166, 2003.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios 2004. Rio de Janeiro, 140 p., 2006.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Estimativas das Populações Residentes, em 1º de Julho de 2009, segundo os municípios. Rio de Janeiro, p. 112, 2009.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009. Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil, Rio de Janeiro, 150 p., 2011a.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009. Despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro, 222 p., 2011b.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo 2010: 11,4 milhões de brasileiros (6,0%) vivem em aglomerados subnormais. Rio de Janeiro, 2011c. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2057&id_pagina=1>. Acesso em 10 mai. 2012.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 261 p., 2011d. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acesso em 01 set. 2011.
- INTAWONGSE, M.; DEAN, J.R. Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract. *Food Additives and Contaminants*, v. 23, p. 36-48, 2006.
- IPES (Instituto de Promoção do Desenvolvimento Sustentável) & REDE (Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas). Panorama da agricultura urbana e periurbana no Brasil e diretrizes políticas para sua promoção. Identificação e caracterização de iniciativas de agricultura urbana e periurbana em regiões metropolitanas brasileiras. A. Santandreu; I. C. Lovo (Orgs). 37 p; Belo Horizonte, jun. 2007.
- IRETSKAYA, S.N.; CHIEN, S.H. Comparison of cadmium uptake by five different food grain crops grown on three soils of varying pH. *Communications in Soil Science in Plant Analysis*, v. 30, p. 441-448, 1999.
- ISLA, Sementes LTDA. Site da empresa, disponível em: <www.isla.com.br> Acesso em 04 jan. 2011.
- KUMAR, A.; ALTABELLA, T.; TAYLOR, M.A.; TIBURCIO, A.F. Recent advances in polyamine research. *Trends in Plant Science*, v. 2, p. 124-130, 1997.
- JAIME, P.C.; MONTEIRO, C.A. Fruit and vegetable intake by Brazilian adults, 2003. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 21, p. S19-S24, 2005.
- KALAC, P.; KRAUSOVÁ, P.A. A review of dietary polyamines: formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*, v. 90, p. 219-230, 2005.
- LARQUÉ, E.; SABATER-MOLINA, M.; ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyaminas. *Nutrition*, v. 23, n. 1, p. 87-95, 2007.
- LLORENT-MARTÍNEZ, E.J.; ORTEGA-BARRALES, P.; FERNÁNDEZ-DE CÓRDOVA, M.L.; DOMÍNGUEZ-VIDAL, A.; RUIZ-MEDINA, A. Investigation by ICP-MS of trace element levels in vegetable edible oils produced in Spain. *Food Chemistry*, v. 127, p. 1257-1262, 2011.
- LOCK, K.; VEENHUIZEN, R.V. Balancing the positive and negative health impacts. *Urban Agriculture Magazine*, v. 1, n. 3, p. 1-5, 2001.
- LOCK, K.; ZEEUW, H. Mitigation of the health risks associated with urban and periurban agriculture. *Urban Agriculture Magazine*, v. 1, n. 3, p. 6-8, 2001.

- MACHADO, S.S.; BUENO, P.R.M.; OLIVEIRA, M.B.; MOURA, C.J. Concentração de chumbo em alface cultivada com diferentes adubos orgânicos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 10, n. 1, p. 63-70, 2008.
- MADRID, L.; DÍAZ-BARRIENTOS, E.; MADRID, F. Distribution of heavy metals contents of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere*, v. 49, p. 1301-1308, 2000.
- MAIA, P.O.; MALUF, R.S.J.; SILVA, L.C. Agricultura urbana e a promoção da segurança alimentar e nutricional numa comunidade em Campo Grande – RJ. *Revista Universidade Rural Série Ciências Humanas*, v. 27, n. 1-2, p. 35-40, 2005.
- MAIHARA, V.A.; FÁVARO, D.I.T. Elementos tóxicos. In: COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de nutrientes. Barueri, SP: Manole, p. 741-771, 2009.
- MALUF, R.S.J. A questão alimentar no plano internacional. In: MALUF, R.S.J. Segurança alimentar e nutricional. Petrópolis, RJ: Vozes. p. 24-27, 2007.
- MARSHALL, F.; AGARWAL, R.; LINTELO, D.; BHUPAL, D.S.; SINGH, R.P.B.; MUKHERJEE, N.; SEN, C.; POOLE, N.; AGRAWAL, M. Heavy metal contamination of vegetables in Delhi. Executive Summary of Technical Report, p. 1-10, 2003.
- MDS (Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome). O perfil da extrema pobreza no Brasil com base nos dados preliminares do universo do Censo 2010. Brasília, 7 p., 2011.
- MEDINA, M.A.; URDIALES, C.R.; RORÍGUEZ-CASO, C.; RAMIREZ, F.J.; SANCHÉZ JIMÉNEZ, F. Biogenic amines and polyamines: similar biochemistry for different physiological missions and biochemical applications. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, v. 38, p. 23-59, 2003.
- MELO, W.J.M.; MARQUES, M.O.; MELO, V.P.; CINTRA, A.A.D. Uso de resíduos em hortaliças e impacto ambiental. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 67-82, 2000.
- MENDONÇA, A.C. Atividade antioxidante de poliaminas e comparação com produtos naturais e sintéticos. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. 86 p., 2009. (Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos).
- MERCOSUL, GMC, Resolução N° 102/94. Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. p. 3, 1994. Disponível em: <http://www.mercosur.int/msweb/Normas/normas_web/Resoluciones/PT/94102.pdf>. Acesso em: 02 set. 2010.
- MILLER, D.D. Minerais. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. *Química de Alimentos*. 4ª Ed., Porto Alegre, Artmed, p. 409-444, 2010.

- MILLOUR, S.; NOËL, L.; KADAR, A.; CHEKRI, R.; VASTEL, C.; GUÉRIN, T. Simultaneous analysis of 21 elements in foodstuffs by ICP-MS after closed-vessel microwave digestion: method validation. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 111-120, 2011.
- MINAS GERAIS. Lei Estadual 15.973 de 12 de janeiro de 2006. Cria a Política Estadual de Apoio à Agricultura Urbana (PEAU). 2006. Acesso em: 27/08/2011. Disponível em: <www.rede-mg.org.br/article_get.php?id=20>. Acesso em: 07 set. 2011.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELO, W.J. Análise química de tecido vegetal. In: EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes 2ª Ed. Brasília, DF, p. 193-233, 2009.
- MOINARD, C.; CYNOBER, L.; BANDT, J.P. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. *Clinical Nutrition*, v. 24, p. 184-197, 2005.
- MORET, S.; SMELA, D.; POPULIN, T.; CONTE, L.S. A survey on free biogenic amine content of fresh and preserved vegetables. *Food chemistry*, v. 89, p. 355-361, 2005.
- MUYNCK, D. Development of separation methods and measurement protocols for Sr and Pb isotopic analysis of archeological artefacts by means of single-collector and mult-collector ICP-mass spectrometry. 2008. Department of analytical chemistry, Universiteit Ghent, Ghent, 271 p., 2008. (Tese Pós-Doutorado).
- NABULO, G.; BLACK, C.R.; YOUNG, S.D. Trace metal uptake by tropical vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge. *Environmental Pollution*, v. 159, p. 368-376, 2011.
- PEDRON, F.A.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; KAMINSKI, J. Solos urbanos. *Ciência Rural*, v. 34, n. 5, p. 1647-1653, 2004.
- PEDROSA, L.F.C.; COMINETTI, C.; COZZOLINO, S.M.F. Cobre. In: COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de Nutrientes. 3ª Ed., Manole, Barueri, SP. p. 597-615, 2009.
- PERIS, M.; MICÓ, C.; RECATALÁ, L.; SÁNCHEZ, R.; SÁNCHEZ, J. Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European Mediterranean region. *Science of the Total Environment*, v. 378, p. 42-48, 2007.
- PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Uma leitura das Nações Unidas sobre os desafios e potenciais do Brasil. Avaliação conjunta do país UNCT no Brasil. Agosto, 2005. p. 59. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/pnud/arquivos/FinalCCABrazil\(port\).pdf](http://www.pnud.org.br/pnud/arquivos/FinalCCABrazil(port).pdf)>. Acesso em: 01 set. 2011.

- PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Relatório de Desenvolvimento Humano 2011. Sustentabilidade e equilíbrio: Um futuro melhor para todos. New York, USA. 183 p., 2011. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_PT_Complete.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2012.
- PNUMA (Programa das nações unidas para o meio ambiente); IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); UMA (Universidade Livre da Mata Atlântica). Relatório Perspectivas do Meio Ambiente Mundial 2002: GEO-3. PNUMA. IBAMA. UMA. 2002. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/~geobr/geo3-port/geo3-port.htm>>. Acesso em: 06 ago. 2010.
- PÖYKIÖ, R.; TORELA, H.; PERÄMÄKI, P.; KUOKKANEM, T.; RÖNKKÖMÄKI, H. Comparison of dissolution methods for multi-element analysis of some plant materials used as bioindicator of sulphur and heavy metal deposition determined by ICP-AES and ICP-MS. *EDP Sciences*, v. 28, p. 850-854, 2000.
- ROCHA, S.R.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J.; GÓMEZ-JUARISTI, M.; MARÍN, M.T.L. Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 22, p. 330-336, 2009.
- ROSSI, W. O Brasil e a crise mundial de alimentos. In: CONAB. Abastecimento e segurança alimentar – o crescimento da agricultura e a produção de alimentos no Brasil. Brasília: CONAB, p. 17-22, 2008.
- SAHAN, Y.; BASOGLU, F.; GÜCER, S. ICP-MS analysis of a series of metals (namely: Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd and Pb) in black and green olive samples from Bursa, Turkey. *Food Chemistry*, v. 105, p. 395-399, 2007.
- SANTANDREU, A.; LOVO, I. Panorama da agricultura urbana e periurbana no Brasil e diretrizes políticas para sua promoção: identificação e caracterização de iniciativas de agricultura urbana e periurbana em regiões metropolitanas brasileiras. 2007. Disponível em: <<http://www.rede-mg.org.br/?iid=56>>. Acesso em: 08 ago. 2010.
- SANTIAGO-SILVA, P.; LABANCA, R.A.; GLÓRIA, M.B.A. Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. *Food Research International*, v. 44, p. 1264-1268, 2011.
- SANTOS, J.S.; SANTOS, M.L.P.; CONTI, M.M.; SANTOS, S.N.; OLIVEIRA, E. Evaluation of some metals in Brazilian coffees cultivated during the process of

- conversion from conventional to organic agriculture. *Food Chemistry*, v. 155, p. 1405-1410, 2009.
- SANTOS, M.E. Desenvolvimento de metodologia para a determinação da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ por ICP-MS – um traçador natural para águas de produção em reservatórios de petróleo e águas subterrâneas. Belo Horizonte; CDTN/CNEN, 2010. (Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais).
- SEILER, N.; RAUL, F. Polyamines and apoptosis. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, v. 9, p. 623-642, 2005.
- SERRANO, M.; PRETEL, M.T.; MARTÍNEZ-MADRID, M.C.; ROMOJARO, F.; RIQUELME, F. CO₂ treatment of zucchini squash reduces chilling-induced physiological changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 2465-2468, 1998.
- SHARMA, R.K.; AGRAWAL, M. Effects of single and combined treatment of Cd and Zn on carrots: uptake and bioaccumulation. *Journal of Plant Nutrition*, v. 29, n. 10, 1791-1804, 2006.
- SHARMA, R.K.; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F.M. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. *Environmental Pollution*, v. 154, p. 254-263, 2008.
- SHARMA, R.K.; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F.M. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. *Food and Chemical Toxicology*, v. 47, p. 583-591, 2009.
- SILVA, E.A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; OLIVEIRA, A.C.; REIS, L.L.; BARDIVIESSO, D.M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.
- SIMEONI, L.A.; BRABARICK, K.A.; SABEY, B.R. Effect of a small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. *Journal of Environmental Quality*, v. 13, n. 2, p. 264-268, 1984.
- SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W.H.; HALASZ, A. Biogenic amine content and microbial contamination of leafy vegetables during storage at 5 °C. *Journal of Food Biochemistry*, v. 17, p. 407-418, 1994.

- SINGH, A.; SHARMA, R.K.; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F.M. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*, v. 51, p. 375-387, 2010.
- SIPTER, E.; RÓZSA, E.; GRUIZ, K.; TÁTRAI, E.; MORVAI, V. Site-specific risk assessment in contaminated vegetable gardens. *Chemosphere*, v. 71, p. 1301-1307, 2008.
- SIPTER, E.; RÓZCA, E.; GRUIZ, K.; TÁTRAI, E.; MORVAI, V. Site-specific risk assessment in contaminated vegetables gardens. *Chemosphere*, v. 71, p. 1301-1307, 2008.
- STARLING, M.F.V. Perfil e teores de aminos biogênicas em algumas hortaliças. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 72 p., 1998. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SURUCHI; KHANNA, P. Assessment of heavy metal contamination in different vegetables grown in and around urban areas. *Research Journal of Environmental Toxicology*, v. 5, n. 3, p. 162-179, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 722, 2004.
- TOSTA, P.A.F.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M.S.; MACHADO, J.R.; TOSTA, J.S.; MENDEIROS, L.F. Utilização de coberturas de solo no cultivo de alface 'Baba de Verão' em Cassilândia (MS). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 1, p. 85-89, 2010.
- VANZ, A.; MIRLEAN, N.; BAISCH, P. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 25-29, 2003.
- VIEIRA, V.S. Aminos bioativas, atividade enzimática e influência de 1-metilciclopropeno e benziladenina em couve minimamente processada. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. p. 94., 2003. (Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos).
- WANG, X.; SATO, T.; XING, B.; TAO, S. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment*, v. 350, p. 28-37, 2004.
- WEI, B.; YANG, L. A review of heavy metal contamination in urban soils, urban road dusts and agriculture soils from China. *Microchemical Journal*, v. 94, p. 99-107, 2010.
- WHO (World Health Organization). *Elementos traço na nutrição e saúde humana*. São Paulo, Roca, p. 191-193, 1998.

- WU, S.; FENG, X.; WITTMEIER, A. Microwave digestion of plant and grain reference materials in nitric acid or a mixture of nitric acid and hydrogen peroxide for the determination of multi-elements by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, v. 12, p. 797-806, 1997.
- YUSUF, K.A.; OLUWOLE, S.O. Heavy metal (Cu, Zn, Pb) contamination of vegetables in urban city: A case study in Lagos. *Research Journal of Environmental Sciences*, v. 30, p. 292-298, 2009.
- YUYAMA, L.K.O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.P.L.; RODRIGUES, M.L.C.F.; COZZOLINO, S.M.F. Zinco. In: COZZOLINO, S.M.F. *Biodisponibilidade de nutrientes*. Barueri, SP: Manole, p. 616-643, 2009.
- ZUKOWSKA, J.; BIZIUK, M. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of Food Science*, v. 73, n. 2, p. R21-R29, 2008.