



Cádmio em hortaliças: comparando agricultura orgânica e convencional

Guisleyne Aparecida D'arc de Carvalho, Pedro Lucas Barros Palma, Emanuelle D. S. da Silva,

Karine Yasmin Conti Perez Melhado, Simone Lorena Quiterio de Souza, Renata Santana

Lorenzo Raices

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

RESUMO

Diante de uma crescente conscientização no que diz respeito a segurança alimentar, a sociedade tem sido cada vez mais criteriosa em relação à escolha dos alimentos a consumir. Por conta de tal demanda, os órgãos internacionais e nacionais vinculados a Organização Mundial de Saúde e ao Ministério da Saúde vêm estabelecendo critérios de análises e limites máximos permitidos de contaminantes em alimentos. Neste contexto, destaca-se o consumo de alimentos contaminados por metais traço, especificamente, hortaliças. Metais traço, como o cádmio são classificados com potencial carcinogênico e ocorrem como contaminantes em diferentes tipos de alimentos. Pretendendo enfatizar a importância da segurança alimentar e saúde pública, este trabalho teve como objetivo determinar e comparar a concentração de cádmio (Cd) em hortaliças cultivadas de forma convencional e orgânica, visto que a grande maioria dos consumidores acredita que os produtos orgânicos são mais saudáveis e seguros. O cádmio foi determinado através do uso da técnica de absorção atômica em forno de grafite. Verificou-se que as hortaliças orgânicas apresentaram concentrações menores de Cd quando comparadas com as hortaliças cultivadas por método convencional. Destaca-se que ambas apresentaram concentrações de Cd inferiores aos limites estabelecidos pela RDC nº 42/2013.

Palavras-chave: cádmio; hortaliças; agricultura convencional; agricultura orgânica.



1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento da população mundial, as atividades antrópicas têm aumentado a fim suprir meios para sobrevivência. Em função disso, as áreas industriais e agrícolas crescem proporcionalmente ao número de habitantes de uma região, objetivando o suprimento das necessidades geradas, como o fornecimento de alimentos. Entretanto, tal abastecimento deve estar relacionado a segurança alimentar, sendo esta uma preocupação pública mundial.

Nos Estados Unidos da América, o consumo de vegetais frescos aumentou 19% entre os anos de 1970 a 2005, e segundo os estudos, tal consumo aumentará ainda mais até 2020 (Hadayat et al., 2018). Em 2009, o Ministério da Saúde destacou que a população brasileira tem consumindo mais frutas, legumes e verduras. Segundo essa pesquisa, 18,6 % da população estão consumindo cinco ou mais porções diárias de hortaliças e frutas, equivalendo a 400g dia⁻¹, que é a quantidade recomendada pela Organização Mundial de Saúde (UNIFESP, 2019).

Esse aumento de consumo está associado a conscientização sobre o valor nutritivo dos vegetais, segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do *Brasil* (CNA), até o final do ano de 2019, haverá um aumento de 17,8% do número de adultos que consomem hortaliças (CNA, 2017). Logo, é a busca por uma dieta saudável, pois os vegetais são uma importante fonte de carboidratos, vitaminas, minerais, proteínas e fibras. Legumes e frutas têm em sua composição fitoquímicos e moléculas bioativas (Pervenn et al., 2015). Tal consumo é uma rota importante para a ingestão de nutrientes essenciais.



As hortaliças podem ser assim classificadas: folhosas (alface, chicória, agrião, rúcula); flor (brócolis, couve-flor); fruto (pepino, quiabo, tomate); legume (ervilha, vagem) e raízes, tubérculos e rizomas (batata-doce, beterraba, cenoura) (Vieira, 2019). Portanto, além do valor nutricional destes gêneros alimentícios é importante que seja rastreada a segurança no consumo dos mesmos.

Entretanto, apesar de todos os benefícios nutricionais já conhecidos, o consumo de frutas e vegetais representa uma importante via de exposição humana a metais traço (Corguinha et al., 2015; Dala-Paula et al., 2018; Sawut et al., 2018; Hadayat et al., 2018).

Entre os anos de 2013 – 2015, foi realizado um monitoramento do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA (Brasil, 2016). Neste foram avaliados 25 alimentos de origem vegetal que retratam a dieta da população brasileira, dentre estes estão a alface e a cenoura, demonstrando um relevante número de alimentos que apresentaram quantidades de agrotóxicos acima do permitido pela legislação (BRASIL, 2016).

Diante disso, há riscos em se consumir alimentos contaminados. Dentre esses contaminantes, pode-se destacar os metais traço, estes podem ser altamente indesejáveis, como chumbo (Pb) e cádmio (Cd), e outros, como por exemplo, selênio (Se), cobre (Cu) e zinco (Zn), indispensáveis para o bom funcionamento do corpo humano. Entretanto, quando ingeridos em doses elevadas, podem provocar danos à saúde, como alguns tipos de câncer, devido ao potencial cancerígeno.

A absorção dos metais traço aumenta a ocorrência de alterações e doenças como o câncer (Peralta-Videa et al., 2009). Segundo Dala-Pala et. al. (2018), o



consumo de metais traços pode acarretar atraso no crescimento físico e até o desenvolvimento de doenças causadas devido a mutações genéticas.

A exposição a metais traço tem um efeito crônico, podendo ocasionar doenças, pois tem facilidade de bioacumulação, meia vida longa (de aproximadamente 10 a 30 anos), podendo ou não variar com sexo, idade e grau de exposição, e de acordo com seu potencial tóxico mesmo quando consumidos em quantidades mínimas (Sarah *et al.*, 2019; Aoshima, 2016), promovendo o desenvolvimento de doenças neurológicas, cardiovasculares, lesões renais e interferir positivamente no processo de carcinogênese (Lucchini *et al.*, 2019; Sandersa *et al.*, 2019; Varol *et al.*, 2017).

De acordo com Xu *et al.* (2016), o cádmio pode causar diversos danos à saúde dos seres humanos devido a sua capacidade de acumular nos tecidos durante longos anos, por conta de sua afinidade (células cerebrais, renais e musculares). Esse metal pode provocar insuficiência renal, esquelética e problemas respiratórios, assim como danos hepáticos (Sharafi *et al.*, 2019; Mahmoud-Hamed *et al.*, 2019). Segundo a USEPA, As, Cr, Cd e Pb, são classificados como carcinogênicos humanos, sendo crianças e mulheres a população mais suscetível (Gomiero, 2018; Hadayat *et al.*, 2018).

Metais traço têm meias-vidas biológicas longas, não são biodegradáveis, são persistentes e se bioacumulam (Nabulo *et al.*, 2011; Zhu *et al.*, 2011; Bothe, 2011). Estudos têm sido realizados a fim de averiguar e aferir contaminação das hortaliças por metais traço e os riscos associados a saúde (Gawęda *et al.*, 2012; Hurtado-Barroso *et al.*, 2017; Hadayat *et al.*, 2018; González *et al.*, 2019).



Muitas pesquisas têm sido realizadas na Ásia (Hu et al., 2017; Sawut et al., 2018; Hou et al., 2018), Américas do Norte e Sul (Corguinha et al., 2015; França et al., 2017; Dala-Paula et al., 2018; Hadayat et al., 2018) e na Europa (Hurtado-Barroso et al., 2017; Antoniadis et al., 2017; Defarge et al., 2018), pois os metais traço estão entre os maiores contaminantes das hortaliças.

Os metais traço podem ter diversas fontes, como: deposição de metais traço sobre a superfície das hortaliças oriundas da poluição causada pelas emissões industriais e veiculares (Wroniak & Rekas, 2017; França et al., 2017; Kibblewhite, 2018; Gupta et al., 2019); irrigação com água contaminada (Zheng et al., 2010); solo contaminado, metais como arsênio, cádmio, chumbo e níquel, são considerados os principais metais poluentes do solo urbano (Li et al., 2018); descarte irregular de lixo; corrosão; materiais de construção; usinas geradoras de carvão; operações metalúrgicas, adição de lamas de depuração, emprego intensivo de agrotóxico e/ou fertilizante à base de metais durante o cultivo (Hadayat et al., 2018; Hanebuth et al., 2018; Sawet et al., 2018; El Kadi et al., 2018; Li et al., 2018).

Culturas realizadas próximas a locais contaminados podem absorver estes metais e serem consumidos por seres humanos e animais (Gupta et al., 2019). O uso intensivo de fertilizantes e pesticidas gerou um considerável aumento de contaminação por metais traço em solos agrícolas (Wang et al., 2018). Deste modo, a cadeia alimentar é uma das rotas mais importantes para a exposição humana a metais (El Kadi et al., 2018). Sawet et al. (2018) cita estudos realizados em alface, tomate e morango, onde encontrou metais traço nas partes comestíveis das hortaliças devido ao solo contaminado.



Foram avaliadas as concentrações de metais em vegetais frescos de mercados da Tailândia, sendo constatado que, de 80% dos vegetais avaliados, as concentrações de chumbo (Pb) e cádmio (Cd), excederam a concentração máxima permitida pelo *National Food Institute* (HADAYAT et al., 2018).

Hu et al. (2013), em Hong Kong, mostraram que que 26, 16 e 0,56% das hortaliças avaliadas estavam contaminadas por Pb, Cd e Cr, respectivamente.

Defarge et al. (2018) analisaram diversos agrotóxicos, sendo verificada a presença de diversos metais traço em suas formulações. Entre eles o As, Ni e Pb. Desta forma, os metais traço também podem estar presentes nas formulações devido ao processo de fabricação, resíduos industriais ou ainda podem ter sido adicionados intencionalmente.

Em relatório publicado pela ANVISA (Brasil, 2016), após a avaliação de diferentes amostras de alimentos em várias regiões do Brasil, constatou-se que diversas amostras apresentavam valores de agrotóxicos acima do permitido, como demonstrado na Tabela 1.

TABELA 1 – Alimentos analisados quanto à quantidade de agrotóxicos.

| <i>Alimento</i> | <i>Nº de amostras coletadas</i> | <i>Nº de amostras insatisfatórias</i> |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Alface</i> | 448 | 163 |
| <i>Beterraba</i> | 261 | 68 |



| <i>Alimento</i> | <i>Nº de amostras coletadas</i> | <i>Nº de amostras insatisfatórias</i> |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Cenoura</i> | 518 | 184 |
| <i>Couve</i> | 228 | 78 |
| <i>Morango</i> | 157 | 110 |

Fonte: Adaptado de Brasil, 2016.

Diante de tamanha insegurança com a qualidade dos alimentos convencionais, no Brasil e no mundo, a atenção se voltou para os alimentos orgânicos.

Os alimentos ditos convencionais, são assim denominados devido ao manejo do seu cultivo, com emprego de agentes químicos, como agrotóxicos e fertilizantes. Nos países em desenvolvimento nota-se a extensa aplicação de agrotóxicos no cultivo de hortaliças e frutas para aumentar a produtividade (Kumari e John, 2019). Na agricultura orgânica, em especial a certificada, evita-se o uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas, insumos químicos, empregando princípios de agroecologia, como: policulturas, biofertilizantes, cultivos de cobertura e implementação de sistema agroflorestal. Uma produção efetuada de maneira sustentável (Gomiero, 2018; Hurtado-BARroso et al., 2017).

Segundo a Federação Internacional de Movimentos Orgânicos, a agricultura orgânica está ampliando em 172 países. Os Estados Unidos ocupam a primeira posição e o mercado tende a crescer em função do interesse dos consumidores (Gomiero, 2018; Hadayat et al., 2018).



Na busca por segurança alimentar, os consumidores consideram que os alimentos orgânicos são mais seguros e saudáveis que os convencionais.

Estudos tem sido realizado a fim de comparar os alimentos convencionais e orgânicos (Bressy et al., 2013; Hurtado-Barroso et al., 2017; Gomiero, 2018; Gonzaléz et al., 2019), entretanto dados controversos têm sido obtidos, possibilitando a dúvida se um produto orgânico é melhor que o convencional (Krejčová et al., 2016)

Comparando a concentração de metais traço em alface e tomate, Hattab et al. (2019) percebeu em seus estudos que estes foram encontrados em maior concentração na agricultura orgânica em relação a convencional. Foi observado maior aumento para o Cd e Ni em alface de até 7,57 e 5,08 vezes, respectivamente. Em alface orgânica, o valor encontrado de Cd foi de $0,47 \mu\text{g g}^{-1}$, superior ao limite máximo permitido nas Diretrizes Padrão da FAO/WHO (2016).

Krejčová et al. (2016) avaliaram em amostras de cenoura cultivadas de forma convencional e orgânica os metais (Na, K, Ca, S, P, Mg, Al, B, Fe, Zn, Mn, As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb) e nitrato e verificaram que não houve diferença entre as formas de cultivo.

Mansour et al. (2009) determinou entre outros poluentes, metais traço (Zn, Cu, Mn, Fe, Cd, Pb, Cr, Ni e Co) em batatas cultivadas de forma orgânica e convencional. Foi constatado que a contaminação por metais traço foi duas vezes maior nas batatas cultivadas convencionalmente. Além disso, Pb e Fe ultrapassaram o limite máximo permitido pela FAO/WHO (2016).

Diante do exposto, a ocorrência de metais traço em alimentos, independentemente de sua origem orgânica ou convencional precisa ser monitorada.



Para avaliar as concentrações de metais, estas devem ser preparadas através de extração ácida. A Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency* – EPA) recomenda, neste caso, dois métodos: convencional e por micro-ondas, métodos 3050B e 3051a/3052.

Os métodos analíticos mais utilizados para a determinação de metais em alimentos são, em especial, espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS), espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF AAS), geração de hidretos (HG AAS para arsênio, por exemplo), vapor frio (CV AAS para mercúrio) e as técnicas multielementares como ICP OES (espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente).

Hattab et al. (2019) determinaram a concentração de Fe, Mg, Mn, K, Ca, Na, Zn, Cu, Ni e Cd em hortaliças (tomate, alface e morango) através da espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF AAS). Hou et al. (2018) também utilizaram esta técnica para analisar Cd e Cu em cenoura. França *et al.* (2017) avaliaram através da espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS), as concentrações de Cu, Pb, Cd, Ni e Zn em alface. Hadayat *et al.* (2018) utilizaram a técnica de ICP-MS para mensurar a concentração de As, Cd, Pb, Cr, Ba, Co, Ni, Cu e Zn em variadas espécies de vegetais. Outros autores utilizaram essa técnica para determinar a concentração de metais traço em hortaliças (Dala-Paula et al. 2018; Paltseva *et al.*, 2018). Hu et al. (2017) verificaram a concentração de As, Cd, Pb, Cu e Zn em vegetais: folhosos (espinafre, repolho, couve-flor e aipo), radiculares (rabanete, cenoura, aspargos e alho) e frutas (tomate, pepino e berinjela) por espectrometria de



absorção atômica com geração de hidretos (HG AAS) para As e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente) para os demais metais traço.

Com relação a legislação no Brasil, a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 42 de 29 de agosto de 2013, da ANVISA, dispõe sobre o regulamento técnico Mercado do Comum do Sul (Mercosul, 2011) sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos nos Alimentos e os limites estabelecidos para Cd são: na alface crespa $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ e na cenoura $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ para Cb

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de Cd em amostras de alface crespa e cenoura cultivados por método convencional e orgânico com selo de certificação de produto orgânico comercializados em mercados varejistas da região da Zona Norte do Rio de Janeiro - RJ.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparo do material

Todo material plástico e vidraria utilizados foram ser descontaminados: 24 horas em solução de Extran a 5% ($v v^{-1}$) e 48 horas em solução de ácido nítrico 10% ($v v^{-1}$), rinsados com água deionizada e secos à 40°C (USEPA, 1996).

Todos os reagentes utilizados no preparo das soluções e nas análises químicas apresentam grau analítico (PA), a saber: Extran Merck (Elmsford, NY USA); ácido nítrico (HNO_3) MERCK 65% PA e peróxido de hidrogênio 30% MERCK (H_2O_2). A solução padrão de cádmio foi preparada a partir de uma solução estoque



de 1000 mg L⁻¹ (MERCK) em ácido nítrico 0,2% (v v⁻¹), usando-se água Tipo II para as diluições.

2.2 Amostras

Os tipos de vegetais foram selecionados com base nos dados do PARA (Brasil, 2016), que considera os alimentos mais contaminados por agrotóxicos no Brasil. Optou-se por selecionar uma hortaliça folhosa (alface crespa) e um tubérculo (cenoura). Foram coletadas três amostras de cada alimento convencional e orgânico, no mês de março de 2019, em mercados da Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro – RJ. Totalizando 12 amostras, que foram preparadas em triplicata.

2.3 Preparo das amostras

As amostras foram lavadas em água corrente e posteriormente enxaguadas com água Tipo II, previamente purificada em sistema Milli-Q (Millipore), de acordo com o estudo de Hu et. Al. (2017). As amostras foram trituradas e homogeneizadas (*Mixer Philips Walita 400 W – Mod. RI1364/0*). Feito, as amostras foram acondicionadas em vidro-relógio e submetidas à estufa em 65°C por 72h (Hadayat, 2018).

2.4 Extração ácida

O procedimento de extração foi baseado no método 3050B com modificações. Após preparo das amostras, estas foram pesadas com auxílio de balança analítica



(*Adventurer* OHAUS) em tubos falcon *Sarstedt*®. Pesou-se 0,5 g de amostra seca, em triplicata. Feito, foram adicionados 5 mL de HNO₃ 1:1. Em seguida, os tubos foram levados ao banho maria ultratermostático (FANEN modelo 116) a 100°C/5h. Após esse período e resfriamento até a temperatura ambiente, foi adicionado 1 mL de H₂O₂. Após 24h, as amostras foram filtradas com em papel filtro quantitativo C41 e avolumadas para 20 mL com água deionizada. As amostras foram centrifugadas a 3.000 rpm por 10 minutos, para verificar presença de sobrenadantes.

2.5 Determinação de cádmio

Para determinação dos níveis de Cd foi empregado o Espectrômetro de Absorção Atômica em Forno Grafite (ET AAS) da AA Perkin Elmer (Mod. PINAAcle 900T). O *Software* usado para processar os dados foi o WinLab32.

2.6 Consumo e ingestão diária de metais

Para avaliação do consumo de metais através dos alimentos investigados, foi aplicado um Questionário de Frequência Alimentar (QFA). A ferramenta permitiu avaliar o consumo de alimentos usual ao longo de um período. É um método de caráter retrospectivo, o que assegura que sua aplicação não influenciou os resultados (Araújo et al., 2010).

A fim de definir um perfil do consumo desses alimentos na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro – RJ, o QFA (Figura 1) foi enviado para indivíduos adultos, através de um aplicativo de mensagens instantâneas para *smartphones*, de forma aleatória.

FIGURA 1 – Questionário de Frequência Alimentar Semi-Quantitativo.

Quantas vezes você consumiu esse item alimentar nos últimos 3 (três) meses?

Esse questionário, de caráter retrospectivo, nos ajudará a avaliar o consumo usual desses alimentos, ao longo de um período.

*Obrigatório

ALFACE CRESPA *

≥ 2 vezes/dia

1 vez/dia

2-4 vezes/semana

1 vez/semana

2-3 vezes/mês

1 vez/mês

Nunca

Quando você consome alface crespa, qual a quantidade? *

2 colheres sopa/vez

3 colheres sopa/vez

5 colheres sopa/vez

CENOURA *

≥ 2 vezes/dia

1 vez/dia

2-4 vezes/semana

1 vez/semana



| |
|--|
| 2-3 vezes/mês |
| 1 vez/mês |
| Nunca |
| Quando você consome cenoura, qual a quantidade? * |
| 2 colheres sopa/vez |
| 3 colheres sopa/vez |
| 5 colheres sopa/vez |
| TOMATE * |
| ≥ 2 vezes/dia |
| 1 vez/dia |
| 2-4 vezes/semana |
| 1 vez/semana |
| 2-3 vezes/mês |
| 1 vez/mês |
| Nunca |
| Quando você consome tomate, qual a quantidade? * |
| 2 colheres sopa/vez |
| 3 colheres sopa/vez |
| 5 colheres sopa/vez |

Segundo a tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras, cada colher de sopa representa quando utilizada para alface crespa, 8 g e para cenoura, 12 g (Brasil, 2003). Nesse contexto, as respostas 2 colheres sopa/vez, 3

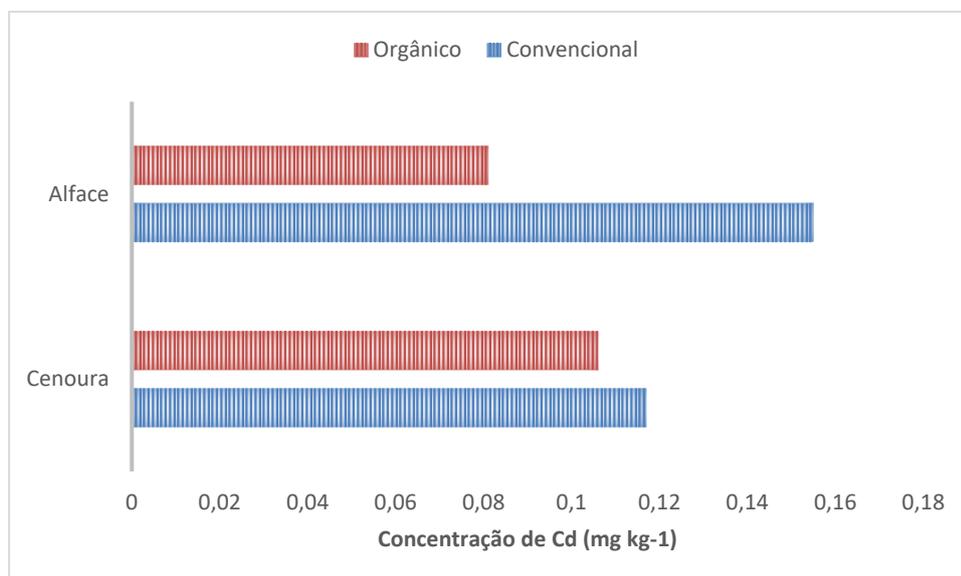
colheres sopa/vez, 5 colheres sopa/vez, representam 16, 24 e 40 g de alface crespa e 24, 36, 60 g de cenoura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Concentração de Cd em alface crespa e cenoura

Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos na determinação de cádmio nas hortaliças avaliadas nesse estudo.

FIGURA 2 – Concentração de Cd nas amostras de hortaliças orgânicas e convencionais.





A concentração média encontrada para a alface crespa convencional e orgânica foi de $0,155 \pm 0,070 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,081 \pm 0,049 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, o que representa uma diferença de aproximadamente 47% entre as concentrações obtidas.

A cenoura convencional apresentou concentração média de $0,117 \pm 0,104 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,106 \pm 0,064 \text{ mg kg}^{-1}$ para as cenouras orgânicas, apresentando uma concentração de Cd cerca de 9% menor na cultura orgânica.

Segundo Douay et al. (2013), os vegetais folhosos, como a alface, e tubérculos, como a cenoura, tendem a acumular metais com maior facilidade. Hu et al. (2017) concluíram que vegetais folhosos acumulam níveis mais elevados de metais, oferecendo maior risco à saúde quando comparados aos tubérculos e frutos.

3.2. Consumo de alface crespa e cenoura pela população

Para avaliação do consumo alimentar de determinada população, utiliza-se, entre outros métodos, o QFA. O questionário permite estimar o consumo habitual de alimentos e categorizar os indivíduos de acordo com diferentes níveis de consumo, proporcionando uma estimativa das medidas de associação entre os fatores da dieta e surgimento de doenças (Willett, 1998).

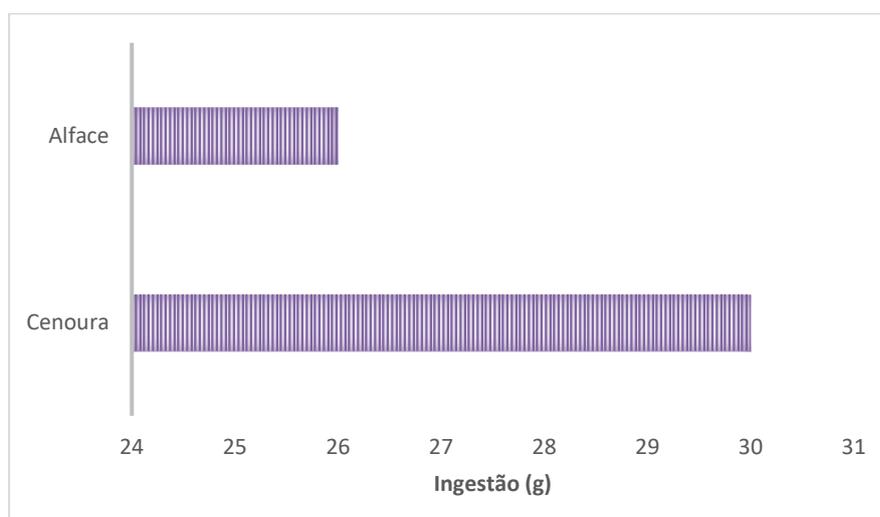
No presente estudo, 300 pessoas responderam ao formulário enviado eletronicamente, das quais todas elas responderam às perguntas relativas ao consumo das hortaliças.

Os resultados mostraram que, em média, a população entrevistada consome alface crespa 10 vezes ao mês. O maior número de entrevistados consome a hortaliça de 2 a 4 vezes por semana, totalizando 30% dos entrevistados. Apenas 27 indivíduos relataram nunca consumir alface crespa. Quando perguntados sobre a quantidade do consumo, os entrevistados consomem entre 16 a 24 g por vez, ao analisar a média, a população consome 26 g por vez.

Somente 2% relataram nunca consumir cenoura. A maioria dos entrevistados consome cenoura de 2 a 4 vezes por semana, totalizando 104 indivíduos, 35% dos entrevistados. Do total da população estudada, 60% consomem 24 g de cenoura por vez, sendo a quantidade média de 30 g por vez.

Dentre as hortaliças estudadas, tem-se maior ingestão de cenoura. O consumo médio é de 14 vezes por mês com porções médias de 51 g. Apesar do maior consumo, 2% dos entrevistados relataram nunca consumir a hortaliça (Figura 3).

FIGURA 3 – Ingestão de hortaliças (g)





4 CONCLUSÃO

De forma geral, os resultados demonstraram que as hortaliças orgânicas analisadas apresentaram concentrações menores de Cd quando comparadas com as hortaliças cultivadas por método convencional. A concentração de cádmio na cenoura orgânica é 9% menos que na convencional e na alface crespa essa diferença aumenta para 47%, confirmando que as hortaliças folhosas acumulam maiores concentrações de metais traço que os tubérculos, gerando maiores problemas a saúde quando contaminados. Destaca-se que todas as hortaliças, convencional e orgânica, apresentaram concentrações de Cd inferiores aos limites estabelecidos pela RDC nº 42 (ANVISA) para Cd.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antoniadis, V. et al. (2017). Bioavailability and risk assessment of potentially toxic elements in garden edible vegetables and soils around a highly contaminated former mining area in Germany. *Journal of Environmental Management*, 186:192-200. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27117508.
2. Aoshima, K. (2016). Itai-itai disease: renal tubular osteomalacia induced by environmental exposure to cadmium-historical review and perspectives. *Soil*



- Science and Plant Nutrition, 62: 319–326. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23095355.
3. Araujo, M. C. et al. (2010). Elaboração de questionário de frequência alimentar semi quantitativo para adolescentes da região metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. Revista de Nutrição, 23(2):179-189. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732010000200001.
 4. Bothe, H. (2011). Plants in heavy metal soils. Detoxification of heavy metals, p. 35–57. Disponível em: link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-21408-0_2.
 5. Brasil. (2003). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. Resolução RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/download/category/192-rotulagem?download=918:resolucao-rdc-n-359-2003-porcao-e-medida-caseira.
 6. Brasil. (2016). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (Relatório PARA). Disponível em: portal.anvisa.gov.br/documents/219201/2782895/Relat%C3%B3rio+PARA/a6975824-74d6-4b8e-acc3-bf6fdf03cad0?version=1.0.
 7. Bressy, F.C., Brito, G.B., Barbosa, I.S., Teixeira, L.S.G., Korn, M.G.A. (2013). Determination of trace element concentrations in tomato samples at different



- stages of maturation by ICP OES and ICP-MS following microwave-assisted digestion. *Microchemical Journal* 109:145–149.
8. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA Brasil). Disponível em: www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/hortalicas_balanco_2017.pdf.
 9. Corguinha, A. P. B. et al. (2015). Assessing arsenic, cadmium, and lead contents in major crops in Brazil for food safety purposes. *Journal Food Composition*, 37: 143–150. Disponível em: core.ac.uk/download/pdf/82456001.pdf.
 10. Dala-Paula, B. M. *et al.* (2018). Cadmium, copper and lead levels in different cultivars of lettuce and soil from urban agriculture. *Environmental Pollution*, 242: 383–389. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29990946.
 11. Defarge, N., Vendômois, J. S., Séralin, G. E. (2018). Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicology Reports*, 5: 156–163. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475001730149X.
 12. Douay, F. et al. (2013). Assessment of potential health risk for inhabitants living near a former lead smelter. Part 1: metal concentrations in soils, agricultural crops, and homegrown vegetables. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 3665–3680. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22886627.
 13. El-Kady, A. A., Abdel-Wahh, M. A. (2018). Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in Food Science & Technology*, 75: 36–45. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418300177.
 14. FAO/WHO. 2016. Disponível em: fao.org/faostat/en/?#data/QC.



15. França, F. C. et al. (2017). Heavy metals deposited in the culture of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by the influence of vehicular traffic in Pernambuco, Brazil. *Food and Chemical Toxicology*, 215: 171-176. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616312018.
16. Gaweda, M., Niziol-Lukaszewska, Z., Szopinska, A. (2012). The contents of selected metals in carrot cultivated using conventional, integrated and organic method. *Acta Horticulturae*, 936: 257–263. Disponível em: www.actahort.org/books/936/936_31.htm.
17. Gomiero, T. (2018). Food quality assessment in organic vs. conventional agricultural produce: findings and issues. *Applied Soil Ecology*, 123: 714-728. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139317302573.
18. González, N. et al. (2019). Occurrence of environmental pollutants in foodstuffs: A review of organic vs. conventional food. *Food and Chemical Toxicology*, 125: 370–375. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30682385.
19. Gupta, N. et al. (2019). Trace elements in soil-vegetables interface: Translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration - A review. *Science of the Total Environment*, 651: 2927–2942. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718339202.
20. Hadayat, N. et al. (2018). Assessment of trace metals in five most-consumed vegetables in the US: Conventional vs. organic. *Environmental Pollution*, 243: 292-300. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30193223.
21. Hanebuth, T.J.J. et al. (2018). Hazard potential of widespread but hidden historic offshore heavy metal (Pb, Zn) contamination (Gulf of Cadiz, Spain).



- Science of the Total Environment, 637-638:561-576. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29754090.
22. Hattab, S. et al. (2018). Metals and micronutrients in some edible crops and their cultivation soils in eastern-central region of Tunisia: a comparison between organic and conventional farming. *Food Chemistry*, 270: 293–298. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30174049.
23. Hou, S., Zheng, N., Tang L., Ji, X. (2018). Effects of cadmium and copper mixtures to carrot and pakchoi under greenhouse cultivation condition. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 159: 172-181.
24. Hu, A. W. et al. (2017). Heavy metals in intensive greenhouse vegetable production systems along Yellow Sea of China: Levels, transfer and health risk. *Chemosphere*, 167: 82–90. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27710846.
25. Hu, J. et al. (2013). Bioaccessibility, dietary exposure and human risk assessment of heavy metals from market vegetables in Hong Kong revealed with an in vitro gastrointestinal model. *Chemosphere*, 91: 455-461. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23273879.
26. Hurtado-Barroso, B. C. et al. (Organic food and the impact on human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(4):704-714. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29190113.
27. Kibblewhite, M. G. (2018). Contamination of agricultural soil by urban and peri-urban highways: overlooked priority? *Environmental Pollution*, 242: 1331–1336. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30125843.



28. Krejcová, A. et al. (2016). An elemental analysis of conventionally, organically and self-grown carrots. *Food and Chemical Toxicology*, 192: 242-249. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26304343.
29. Kumari, D., John, S. (2019). Health Risk Assessment of Pesticide Residues. In: *Fruits and Vegetables from Farms and Markets of Western Indian Himalayan Region*. *Chemosphere*, 224:162-167. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30822723.
30. Li, G. et al. (2018). Urban soil and human health: a review. *European Journal of Soil Science*, 69: 196-215. Disponível em: onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ejss.12518.
31. Lucchini, R. G., et al. (2019). Neurocognitive impact of metal exposure and social stressors among schoolchildren in Taranto, Italy. *Environmental Health*, 18: 67. Disponível em: ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-019-0505-3.
32. Mahmoud-Hamed, M. S. E et al. (2019). Distribution and health risk assessment of cadmium, lead, and mercury in freshwater fish from the right bank of Senegal River in Mauritania. *Environmental Monitoring and Assessment*, p. 191 (8): 493. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31300901.
33. Mansour, S.A., Belal, M.H., Abou-arab, A.A.K., Ashour, H.M., Gad, M.F. (2009). Evaluation of some pollutant levels in conventionally and organically farmed potato tubers and their risks to human health. *Food Chemistry Toxicology*, 47: 615–624. Disponível em: doi.org/10.1016/j.fct.2008.12.019.
34. Mercosur (2011). GMC. Resolução n.12/11, Regulamento Técnico Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos, 18pp.



35. Nabulo, G., Black, C. R., Young, S. D. (2011). Trace metal uptake by tropical vegetables grown on soil amended with urban sewage sludge. *Environmental Pollution*, 159: 368–376. Disponível em: europepmc.org/abstract/med/21129831.
36. Paltseva, A., Cheng, Z., Deeb, M., Groffman, P.M., Shaw, R.K., MarkMaddaloni. (2018). Accumulation of arsenic and lead in garden-grown vegetables: Factors and mitigation strategies. *Science of the Total Environment* 640–641:273–283.
37. Peralta-Videa, J. R. et al. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 41(8):1665–1677. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19433308.
38. Perveen, R. et al. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) Carotenoids and Lycopenes Chemistry; Metabolism, Absorption, Nutrition, and Allied Health Claims- A Comprehensive Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55: 919-929. Disponível em: < www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24915375.
39. Sandersa, A. P. et al. (2019). Combined exposure to lead, cadmium, mercury, and arsenic and kidney health in adolescents age 12–19 in NHANES 2009–2014. *Environment International*, 131: 104993. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019301990.
40. Sarah, R. et al. (2019). Bioaccumulation of heavy metals in *Channa punctatus* (Bloch) in river Ramganga (U.P.), India. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(5): 979-984. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X19300336.



41. Sawut, A. C. R. et al. (2018). Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in the vegetable bases of northwest China. *Science of the Total Environment*, 642: 864–878. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29925057.
42. Sharafi, K. et al. (2019). Bioaccessibility analysis of toxic metals in consumed rice through an in vitro human digestion model – Comparison of calculated human health risk from raw, cooked and digested rice. *Food Chemistry*, 299: 125126. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31284243.
43. UNIFESP. Estilo de Vida Saudável. Disponível em: saude.br/index.php/articles/artigos/doencas-cronicas-nao-transmissiveis/111-doencas-cronicas-nao-transmissiveis/236-aumenta-o-consumo-de-frutas-e-hortalicas-na-populacao-brasileira-contudo-a-mesma-permanece-sedentaria.
44. Varol, M., Kaya, G. K., Alp, A. (2017). Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River: Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment*, 599-600:1288-1296. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28525936.
45. Vieira, E.L. (2019). Apontamentos e Práticas de Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Disponível em:
46. Wang, M. et al. (2018). Heavy metal contamination and ecological risk assessment of swine manure irrigated vegetable soils in Jiangxi Province, China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54 (5): 1350–1356. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29546499.



47. Willett, W. C. (1998). Nutritional Epidemiology. The American Journal of Clinical Nutrition. Disponível em: academic.oup.com/ajcn/article/69/5/1020/4714912.
48. Wroniak, M., Rekas, A. (2017). A preliminary study of PCBs, PAHs, pesticides and trace metals contamination in cold-pressed rapeseed oils from conventional and ecological cultivations. Journal Food Scientists & Technologists, 54(5):1350-1356. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28416887.
49. www2.ufrb.edu.br > cca-217-fisiologia-pos-colheita-de-frutos-e-hortalicas
50. Xu, M. Y. et al. (2017). Joint toxicity of chlorpyrifos and cadmium on the oxidative stress and mitochondrial damage in neuronal cells. Food and Chemical Toxicology, 103: 246–252. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28286310.
51. Zheng, N. et al. (2012). Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China. Science of the Total Environment, 408 (4): 726–733. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709010572.
52. Zhu, F. et al. (2011). Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. Food and Chemical Toxicology, 49: 3081-3085. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21964195.