

**POLLYANNA COSTA CARDOSO**

**VITAMINA C, CAROTENÓIDES, MINERAIS E METAIS PESADOS EM  
FRUTAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência da Nutrição, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C268v  
2008

Cardoso, Pollyanna Costa, 1981-  
Vitamina C, carotenóides, minerais e metais pesados  
em frutas orgânicas e convencionais / Pollyanna Costa  
Cardoso. – Viçosa, MG, 2008.  
xi, 129f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.  
Inclui apêndices.  
Orientador: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Frutas - Teor vitamínico. 2. Vitamina C na nutrição  
humana. 3. Carotenóides. I. Universidade Federal de  
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 641.3

**POLLYANNA COSTA CARDOSO**

**VITAMINA C, CAROTENÓIDES, MINERAIS E METAIS PESADOS EM  
FRUTAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência da Nutrição, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 07 de abril de 2008.

---

Prof.<sup>ª</sup> Neuza Maria Brunoro Costa  
(Co-Orientadora)

---

Prof. Paulo César Stringheta  
(Co-Orientador)

---

Prof.<sup>ª</sup> Sônia Machado Rocha Ribeiro

---

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

---

Prof.<sup>ª</sup> Helena Maria Pinheiro Sant'Ana  
(Orientadora)

“Sejam bons administradores dos diferentes dons que receberam de Deus.  
Que cada um use seu próprio dom para o bem dos outros”.  
(Pedro 4:10-11)

*Agradeço à Deus por tudo que me concede dia a dia.*

*Especialmente por minha determinação e fé para superar as dificuldades vividas.*

*Por colocar em meu caminho pessoas especiais que me auxiliaram neste trabalho e que se tornaram um exemplo de profissionalismo.*

*Por colocar em meu caminho pessoas que dificultaram esta caminhada e com as quais aprendi sobre os princípios da perseverança, da força e da superação.*

*Dedico aos meus pais, Edson e Vera, e à minha querida irmã, Lorena.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Nutrição e Saúde, pela oportunidade de realização da graduação e do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa e concessão da bolsa de mestrado e iniciação científica; e à FAPEMIG, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

À empresa Kórin Agricultura Natural de Atibaia-SP, em especial ao técnico Nivaldo, pela imensa presteza e colaboração no fornecimento das frutas para a pesquisa.

À Profa. Helena Maria Pinheiro Sant'Ana, pela excelente orientação, pela amizade, pelos ensinamentos e pelo exemplo de profissionalismo. Agradeço pela oportunidade de crescimento pessoal e de formação profissional desde a minha graduação.

À Profa. Neuza Maria Brunoro Costa, pela presteza, pela colaboração, pela valiosa orientação na etapa de análise de minerais e pela concessão do Laboratório de Nutrição Experimental e de equipamentos.

À Profa. Sônia Machado Rocha Ribeiro, pelas valiosas informações e discussões, e por sempre estar disponível em me receber e orientar.

À Profa. Hércia Stampini Duarte Martino, pela disponibilidade em me ajudar, pelas orientações e valiosas sugestões na análise de minerais.

Ao Prof. Paulo César Stringheta, pelas discussões na etapa de liofilização das frutas e pelo valioso empréstimo do Laboratório de Pigmentos e Secagem e dos equipamentos.

Ao Prof. José Benício Paes Chaves, pelo aprendizado e auxílio no delineamento experimental e orientação na análise estatística dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Saúde e Nutrição, Regina Célia, pelo empréstimo do pHmetro; e Cassiano, pela inestimável ajuda e ensinamento na análise de minerais.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, D. Lígia e Valério, pelo carinho, pela imensa ajuda e colaboração na etapa de processamento da polpa de frutas e liofilização das amostras.

Aos funcionários do Departamento de Solos, Sr. José Américo, pelos eventuais préstimos do pHmetro; Carlinhos e Janilson, pela colaboração em toda a

etapa de determinação dos minerais nas amostras; ao doutorando Igor, pela contribuição na construção da curva-padrão; e Brás, pela valiosa contribuição no preparo das soluções padrão de minerais.

Aos demais professores do Departamento de Saúde e Nutrição pelos ensinamentos e eventuais préstimos; à Profa. Maria do Carmo Gouveia Pelúzio, pelo empréstimo da capela; e aos demais funcionários, pelas inúmeras colaborações.

Aos professores Fernando Pinheiro Reis, pelos ensinamentos de análise estatística; Everaldo Gonçalves de Barros, pelo empréstimo do freezer  $-70^{\circ}\text{C}$ ; Antônio Carlos Gomes de Souza, pelo auxílio na fabricação de polpas de frutas pasteurizadas; Márcia Rogéria de Almeida Lamego, pelo empréstimo do Laboratório de Bioquímica e de equipamentos necessários para a digestão das amostras para análise de minerais, e ao seu técnico de laboratório, Adenilson.

À minhas queridas amigas e bolsistas de Iniciação Científica, Ana Paula Batista Tomazini e Flávia Galvão Cândido, pela dedicação a este trabalho, pela total disponibilidade, pela valiosa ajuda, pelo companheirismo e pelas boas risadas.

Às estagiárias do curso de Nutrição, Elisângela e Juliana, pelas eventuais colaborações nesta pesquisa.

A todos os colegas que utilizaram o Laboratório de Análise de Vitaminas, Ceres, Daniela, Clarice, Marina, Maria Carolina, pela convivência, amizade e eventual ajuda; e os colegas do Laboratório de Pigmentos e Secagem, pela troca de informações.

À todos os meus colegas de Pós-Graduação, pelo excelente tempo de convívio e troca de alegrias e angústias. Em especial, à querida amiga Helen Hermana, doutoranda na Universidade de Navarra, pela contribuição com artigos científicos para a escrita da dissertação.

Aos meus queridos pais, Edson e Vera, pelo amor incondicional, pelo exemplo de seres humanos, por todo esforço para a boa educação e formação dos filhos, e por acreditar e confiar em mim.

À minha irmã, Lorena, pela amizade verdadeira, pelo amor, pela cumplicidade, pela força e por torcer sempre pelo meu sucesso.

Ao meu namorado, Mário, pelo amor, pelo incentivo, pela paciência e pelo companheirismo em todos os momentos vividos.

Aos meus tios e primos, pelo apoio, pelo estímulo e por acreditar na minha vitória.

Às minhas companheiras de república, Jane, Aline, Regiane e Sara pela amizade, pela cumplicidade, pelo crescimento pessoal e pela ótima convivência nestes anos.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Deus, pelas bênçãos, pela vida e por permitir a minha chegada até aqui.

## BIOGRAFIA

Pollyanna Costa Cardoso nasceu em 12 de abril de 1981, no município de Coronel Fabriciano, Minas Gerais.

Em abril de 1999, iniciou o curso de graduação em Nutrição na Universidade Federal de Viçosa (MG), concluindo-o em janeiro de 2004. Foi bolsista de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq durante o período de agosto de 2000 a julho de 2002, atuando em pesquisas sobre o valor provitamínico A de hortaliças servidas em Unidades Produtoras de Refeições, e de frutas e hortaliças comercializadas no município de Viçosa.

Em abril de 2004, ingressou no Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Nutrição Humana e Saúde da Universidade Federal de Lavras (MG), adquirindo o título de especialista em abril de 2005.

De maio de 2004 à janeiro de 2006, atuou em Consultório de Nutrição na O<sub>2</sub> Academia, IOOR, em Coronel Fabriciano.

Em julho de 2004, após aprovação no concurso público de Coronel Fabriciano, foi nomeada técnico de nível superior para o cargo de nutricionista, atuando como responsável técnico do Programa Nacional de Alimentação Escolar, membro do Conselho de Alimentação Escolar e do Conselho de Segurança Alimentar e Nutricional, permaneceu no cargo até julho de 2006.

De fevereiro à dezembro de 2005, lecionou às disciplinas Bioquímica e Patologia para o Curso Técnico em Farmácia no Centro de Pesquisa Souza Martins em Coronel Fabriciano.

Em fevereiro de 2006, ingressou na docência do Curso de Nutrição do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais-UnilesteMG, em Ipatinga (MG), ministrando as disciplinas Nutrição em Saúde Pública e Nutrição em Geriatria, além de orientação e supervisão de estágio curricular em Nutrição Social. Atualmente, ministra as disciplinas de Avaliação Nutricional e Estágio Supervisionado em Nutrição Social I, além de supervisionar estágio curricular em Nutrição Social.

Em maio de 2006, iniciou o Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência da Nutrição da Universidade Federal de Viçosa, atuando na linha de pesquisa ‘Valor Nutricional, Funcional e Controle de Qualidade de Alimentos e de Dietas’, pleiteou o título de mestre em abril de 2008.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. OBJETIVOS .....	7
2.1 OBJETIVO GERAL .....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
3. METODOLOGIA GERAL .....	8
3.1 MATERIAL .....	8
3.1.1 Matéria-prima .....	8
3.1.2 Equipamentos .....	8
3.1.3 Reagentes e outros materiais .....	9
3.2 MÉTODOS .....	10
3.2.1 Delineamento experimental e análise estatística dos dados .....	10
3.2.2 Coleta, amostragem, preparo e acondicionamento das amostras .....	10
3.2.3 Extração de vitaminas e carotenóides .....	11
3.2.3.1 Ácido Ascórbico .....	11
3.2.3.2 Carotenóides .....	12
3.2.4 Isolamento dos padrões de licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno .....	12
3.2.5 Curvas-padrão de ácido ascórbico, licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno .....	14
3.2.6. Análise cromatográfica .....	18
3.2.6.1 Análise de ácido ascórbico .....	18
3.2.6.2 Conversão de ácido desidroascórbico em ácido ascórbico .....	18
3.2.6.3 Análise de carotenóides .....	19
3.2.7 Identificação e quantificação dos componentes vitamínicos .....	19
3.2.8 Testes de recuperação e da faixa de linearidade .....	20
3.2.9 Cálculo do valor de vitamina A .....	20
3.2.10 Preparo das amostras para análise de minerais e metais pesados .....	20
3.2.10.1 Desmineralização do material .....	20
3.2.10.2 Liofilização das amostras .....	21
3.2.10.3 Preparo da solução mineral .....	21
3.2.11 Análise por Espectrometria .....	22
3.2.11.1 Curvas padrão de minerais e metais pesados .....	22
3.2.11.2 Análise de minerais e metais pesados nas frutas .....	23
ARTIGO 1 .....	26
Agricultura orgânica e convencional: impactos ambientais, questões socioeconômicas e aspectos nutricionais .....	26
ARTIGO 2 .....	54
Vitamina C e carotenóides em frutas orgânicas e convencionais .....	54
ARTIGO 3 .....	89
Efeito do sistema de cultivo orgânico e convencional sobre o conteúdo de minerais e metais pesados em frutas .....	89
4. CONCLUSÕES GERAIS .....	115
APÊNDICES .....	116
ANEXOS .....	127

## RESUMO

Cardoso, Pollyanna Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2008.  
**Vitamina C, carotenóides, minerais e metais pesados em frutas orgânicas e convencionais.** Orientadora: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Co-Orientadores: Neuza Maria Brunoro Costa, Paulo César Stringheta, Hércia Stampini Duarte Martino.

A preocupação com a presença de pesticidas em alimentos e os possíveis danos à saúde, tem levado cada vez mais consumidores a optarem pelo consumo de alimentos orgânicos. A agricultura orgânica é um sistema de produção baseado na preservação ambiental, na agrobiodiversidade, nos ciclos biológicos e na qualidade de vida do homem, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica. As frutas possuem um alto conteúdo de nutrientes, como a vitamina C e carotenóides, que têm chamado a atenção devido ao seu potencial antioxidante e papel na prevenção de doenças crônicas, além dos carotenóides provitamínicos A atuarem na prevenção da hipovitaminose A. As frutas fornecem minerais, importantes elementos que participam de atividades fisiológicas e bioquímicas vitais, cujo conteúdo é variável em alimentos, podendo sofrer influência das condições de cultivo. A forma de cultivo, o uso de adubos, a contaminação das águas e do ar podem influir no conteúdo de metais pesados em frutas; estes se acumulam no organismo, podendo levar a efeitos deletérios à saúde humana. Estudos que avaliem o impacto do sistema de produção agrônômica sobre o conteúdo de nutrientes e elementos tóxicos em alimentos são escassos. O presente estudo investigou e comparou o conteúdo de vitamina C (ácido ascórbico-AA e ácido desidroascórbico-ADA), carotenóides (licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno), minerais (Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Cr, Se, Zn, Mo, Na, K, P) e metais pesados (Ni, Pb, Cd e Al) em manga Palmer, caqui Rama Forte, acerola Olivier e morango Oso Grande produzidos pelo sistema orgânico e convencional. A análise da vitamina C e carotenóides foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). A quantificação do conteúdo de minerais e metais pesados foi feita por Espectrometria de Emissão Atômica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES). Acerola e manga orgânicas mostraram maior conteúdo de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Caqui, morango e acerola convencionais mostraram maior teor de ADA, de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Manga orgânica apresentou maior conteúdo de Mg e K, e a convencional, de Cr; caqui orgânico

apresentou maior teor de Cu, Zn e Pb, e o convencional, de Mg, P, Na e K; acerola convencional apresentou maior teor de Ca, Fe, Mn, Mo, Al e Ni; e morango orgânico, maior conteúdo de Mo e Al. A forma orgânica de cultivo não comprovou superioridade da qualidade nutricional para todas as frutas analisadas, tampouco proporcionou frutas isentas de metais pesados. Entretanto, há necessidade de maior atenção para os efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente causados pelo cultivo convencional conduzido indevidamente. Todas as frutas analisadas, tanto orgânicas quanto convencionais, devem ser consumidas diariamente pela população nas porções recomendadas, uma vez que são excelentes fontes de vitamina C, contribuem para adequação nutricional de vitamina A e de minerais, e apresentam baixos teores de metais pesados.

## ABSTRACT

Cardoso, Pollyanna Costa, M.Sc., Federal University of Vicosa, April of 2008.  
**Vitamin C, carotenoids, minerals and heavy metals in organic and conventional fruits.** Adviser: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana. Co-advisers: Neuza Maria Brunoro Costa, Paulo César Stringheta, Hércia Stampini Duarte Martino.

The concern about the presence of pesticides in food and their possible hazards to the health has leading many consumers to choose the consumption of organic food. The organic agriculture is a production system based on environmental preservation, on agro biodiversity, on biological cycles and on man's quality of life, aiming the social, environmental and economic sustainability. Fruits have a high content of nutrients, like vitamin C and carotenoids, that have drawing attention due to their antioxidant potential and their role in the prevention of chronic diseases, besides of provitamin A carotenoids act in the prevention of hypovitaminosis A. Fruits provide minerals, important elements that participate of physiologic and biochemical vital activities, whose content is variable in food, that can suffer influence of growing conditions. The form of growing, the use of fertilizer, the water and air contamination can influence on the content of heavy metals in fruits; these accumulate in the organism, leading to deleterious effects to human health. Studies that evaluate the impact of the agronomic production system on the content of nutrients and toxic elements in food are rare. The present study investigated and compared the content of vitamin C (ascorbic acid – AA and dehydroascorbic acid – DHA), carotenoids (lycopene,  $\alpha$  and  $\beta$ -carotene), minerals (Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Cr, Se, Zn, Mo, Na, K, P) and heavy metals (Ni, Pb, Cd and Al) in Palmer mango, Rama Forte persimmon, Olivier acerola and Oso Grande strawberry produced by the organic and conventional system. Vitamin C and carotenoids analysis was carried out by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The quantification of the content of minerals and heavy metals was carried out by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). Acerola and mango showed the largest content of AA e  $\beta$ -carotene, respectively. Conventional persimmon, strawberry and acerola showed the largest content of DHA, AA and  $\beta$ -carotene, respectively. Organic mango presented the largest content of Cu, Zn and PB, and the conventional one, of Cr; organic persimmon presented the largest content of Cu, Zn and PB, and the conventional

one, of Mg, P, Na and K; conventional acerola presented the largest content of Ca, Fe, Mn, Mo, Al and Ni; and organic strawberry, the largest content of Mo and Al. The organic form of growing didn't confirm the superiority of its nutritional quality for all the analyzed fruits, nor provided fruits free of heavy metals. However, there's a need of larger attention to the adverse effects to the human health and to the environment caused by the conventional growing conducted improperly. All the analyzed fruits, both organic as conventional, must be consumed daily by population in the recommended portions, since they are excellent sources of vitamin C, help to supply nutritional adequacy of vitamin A and minerals, and present low contents of heavy metals.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O interesse dos consumidores por alimentos mais saudáveis, de grande valor nutricional e isentos de contaminantes, tem gerado demanda por alimentos produzidos de maneira diferente do sistema convencional, o qual emprega fertilizantes químicos e agrotóxicos em larga escala. A agricultura orgânica, ao contrário, emprega práticas em que os resíduos vegetais e animais são reutilizados na fertilização do solo, com rotação de culturas e controle biológico de pragas (Trivellato e Freitas, 2003). Em síntese, o principal objetivo da produção orgânica é produzir alimentos saudáveis, preservando a biodiversidade e conservando os recursos produtivos, como o solo, sem a utilização de pesticidas (Brasil, 1999; Bourn e Prescott, 2002; Araújo *et al.*, 2007).

Aparentemente existe uma percepção generalizada, entre os consumidores, de que os alimentos orgânicos são mais saudáveis e nutritivos que os convencionais (Williams, 2002; Saba e Messina, 2003; Ismail e Fun, 2003; Araújo *et al.*, 2007). No entanto, nas revisões feitas por Bourn e Prescott (2002) e Williams (2002), os pesquisadores salientam a insuficiência de dados conclusivos.

Atualmente são diversos os alimentos produzidos no sistema orgânico. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais em potencial de alimentos orgânicos (Instituto Biodinâmico, 2007), embora a fruticultura orgânica ainda seja incipiente. Entretanto, o seu desenvolvimento tem sido significativo e tende a ser ainda maior, dada a crescente demanda internacional (Borges *et al.*, 2003).

As frutas são importantes fontes de vitaminas e minerais. Entre elas, merecem destaque a manga pelo importante valor vitamínico, apresentando quantidades consideráveis de vitamina C, carotenóides e pequenas quantidades de vitaminas do complexo B (Cardello e Cardello, 1998); o caqui, que apresenta boas quantidades de carotenóides e vitaminas do complexo B e C (Sato e Assumpção, 2002); a acerola, que é uma das mais ricas fontes naturais de vitamina C, além de ser fonte de carotenóides, tiamina, riboflavina, niacina e antocianinas, e minerais como cálcio e fósforo (Badejo *et al.*, 2007; Yamashita *et al.*, 2003); e o morango, fonte de cálcio, magnésio, potássio (Hakala *et al.*, 2003) e uma das mais ricas fontes de vitamina C, entre as frutas (Cordenunsi *et al.*, 2005).

O consumo regular de frutas e hortaliças está associado à redução do risco de doenças cardiovasculares, de câncer, de Alzheimer, de catarata e outros declínios fisiológicos decorrentes do envelhecimento, por esses alimentos serem fontes de

compostos antioxidantes, como a vitamina C, e outros fitoquímicos, como os compostos fenólicos e carotenóides (Temple, 2000; Liu, 2003), além dos minerais. Desde 1989, a *National Academy of Sciences* recomendou o consumo de, pelo menos, cinco porções de frutas e hortaliças diariamente (*5-a-Day Program*) como estratégia de prevenção de doenças crônicas, o que reforça a necessidade de ampliar os estudos sobre os benefícios desses alimentos.

A vitamina C é um nutriente de grande importância para a nutrição humana (Lee e Kader, 2000). Entre as suas funções no organismo humano estão a participação na produção de colágeno, no metabolismo da tirosina, na biossíntese de carnitina, no metabolismo do colesterol e na absorção de ferro não-heme (Davey *et al.*, 2000; Lee e Kader, 2000), na melhora do sistema imune e na defesa contra danos oxidativos. É ainda usada como aditivo na indústria de alimentos (Rios e Penteado, 2003).

Os carotenóides constituem potentes antioxidantes capazes de sequestrar espécies reativas do oxigênio, especialmente radicais peroxila e “oxigênio singlet” (Tapiero *et al.*, 2004), sendo que o licopeno é o carotenóide com maior capacidade antioxidante (Shami e Moreira, 2004). Uma importante função dos carotenóides é a sua atividade provitamínica A, desempenhada principalmente pelos compostos  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno (Rodríguez-Amaya, 1989). Além disso, também é usado como corante natural para produtos alimentícios (Olson, 1999).

Contudo, o conteúdo de vitaminas em alimentos pode ser afetado por uma série de fatores como: espécie e variedade do vegetal, grau de maturação, condição climática, local e forma de cultivo, exposição à luz solar, condições de colheita, transporte, armazenamento e de processamento (Lee e Kader, 2000; Rodríguez-Amaya, 2001; Franke *et al.*, 2004; Rosso e Mercadante, 2005).

Os minerais participam de muitas funções e processos metabólicos no organismo humano. Estudos com humanos e animais mostram que a ingestão adequada de elementos como sódio, potássio, magnésio, cálcio, manganês, cobre, zinco e iodo reduz fatores de risco para doenças cardiovasculares, por exemplo (Sanchez-Castillo *et al.*, 1998). O selênio tem sido reconhecido como importante elemento para prevenção de alguns tipos de câncer (World Cancer Research, 1997).

O conteúdo de minerais em frutas e hortaliças é variável e depende de uma série de fatores como espécie e variedade do vegetal, grau de maturação, solo, condições climáticas, uso de fertilizantes (Sanchez-Castillo *et al.*, 1998). A condição

de cultivo, o uso de adubos, a contaminação das águas e do ar podem influir no conteúdo de minerais e de metais pesados nas plantas. Estes últimos se acumulam no organismo, podendo levar a efeitos deletérios para a saúde humana (Lee, 1990; Fischer *et al.*, 1997), como alterações hepáticas e neurológicas (Tolonen, 1990).

É cada vez maior o interesse quanto à importância da ingestão dietética de vitaminas e minerais para prevenção de doenças. Estudos que avaliem o impacto do sistema de produção sobre o valor nutricional de alimentos são escassos, muitas vezes contraditórios e inconsistentes. Desta forma, são necessárias pesquisas, controladas experimentalmente e que utilizem metodologia validada, para determinar o conteúdo de vitaminas e minerais em frutas produzidas através do sistema de cultivo orgânico e convencional. Espera-se assim, que as pesquisas possam evoluir de forma a se tornarem mais consistentes e conclusivas, facilitando a orientação e a elaboração de guias nutricionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, A. S. F., Santos, V. B., & Monteiro, R. T. R. (2007). Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European Journal of Soil Biology*, 1-6. [in press].

Badejo, A. A., Jeong, S. T., Goto-Yamamoto, N., & Esaka, M. (2007). Cloning and expression of GDP-D-mannose pyrophosphorylase gene and ascorbic acid content of acerola (*Malpighia glabra* L.) fruit at ripening stages. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 665-672.

Borges, A. L., Fancelli, M., Ritzinger, C. H. S. P., Reinhardt, D. H., Silva, M. N. B., Trindade, A. V., & Souza, L. S. (2003). Aspectos gerais da produção orgânica de frutas. In: Stringheta, P. C., & Muniz, J. N. *Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação* (452p). Viçosa: UFV.

Bourn, D., Prescott, J. (2002). A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), 1-34.

Brasil. (1999). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Instrução Normativa n° 007 de 17 de maio de 1999*. Estabelece normas para produção de produtos



orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, n.94, p.11.

Cardello, H. M. A. B., & Cardello, L. (1998). Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadureciemnto. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18(2), 211-217.

Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A., Santos, R. J., & Lajolo, F. M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91, 113-121.

Davey, M. W., Montagu, M. V., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I. J. J., Favell, D., & Fletcher, J. (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 825-860.

Fisher, P. W. F., L'Abbe, M. R., Cockell, K. A., & Gibson, R. S. (1997). *Trace Elements in Man and Animals - Proceedings of the Ninth International Symposium on Trace Elements in Man and Animals*. NRC. Research Press, Ottawa, Canada.

Franke, A. A., Custer, L. J., Arakaki, C., & Murphy, S. P. (2004). Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 1-35.

Hakala, M., Lapveteläinen, A., Huopalahti, R., Kallio, H., & Tahvonen, R. (2003). Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 67-80.

Instituto Biodinâmico (IBD). (2007). A agricultura orgânica no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibd.com.br/News\\_Detalhe.aspx?idnews=4](http://www.ibd.com.br/News_Detalhe.aspx?idnews=4)>. Acesso em: 09 nov. 2007.

Ismail, A., & Fun, C. S. (2003). Determination of vitamin C,  $\beta$ -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. *Mal Journal Nutrition*, 9(1), 31-39.

Lee, M. S. (1990). *Metals in food: a literature survey*. Br. Food Manufacturing Ind. Res. Assoc. Food Focus, n. 12.

- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Liu, R. H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 517S-520S.
- National Academy of Sciences, Committee on Diet and health, National Research Council. (1989). Diet and health: implications for reducing chronic disease risk. Washington, DC: National Academy Press.
- Olson, J. A. (1999). Carotenoids. In: Shils, M. E., Olson, J. A., Shike, M., & Ross, A. C. *Modern nutrition in health and disease* (p.525-541). 9th ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Rios, M. D. G., & Penteadó, M. V. C. (2003). Vitamina C. In: Penteadó, M. V. C. *Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos* (p.201-225). São Paulo: Manole.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1989). Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis.*, 5, 191-225.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods* (71p.). Washington: International Life Sciences Institute Press.
- Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2005). Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. *Food Research International*, 38, 1073-1077.
- Saba, A., & Messina, F. (2003). Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. *Food Quality and Preference*, 14, 637-645.
- Sanchez-Castillo, C. P., Dewey, P. J. S., Aguirre, A., Lara, J. J., Vaca, R., Barra, P. L. de la., Ortiz, M., Escamilla, I., & James, W. P. T. (1998). The mineral content of mexican fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 340-356.
- Sato, G. S., & Assumpção, R. de. (2002). Caqui: uma opção para a produção familiar no estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=112>>. Acesso em: 15 dez. 2007.

- Shami, N. J. I. E., & Moreira, E. A. M. (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, 17(2), 227-236.
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 58, 100-110.
- Temple, N. J. (2000). Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition Research*, 20, 449-459.
- Tolonen, M. (1990). *Vitamins and minerals in health and nutrition* (231p.). Ellis Horwood: New York.
- Trivellato, M. D., & Freitas, G. B. (2003). Panorama da agricultura orgânica. In: Stringheta, P. C., & Muniz, J. N. *Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação* (452p.). Viçosa: UFV.
- Williams, C. M. (2002). Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? *Proceedings of the Nutrition Society*, 61, 19-24.
- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. (1997). *Food, nutrition and prevention of cancer: a global perspective*. Am. Inst. for Cancer Res., Washington DC.
- Yamashita, F., Benassi, M. T., Tonzar, A. C., Moriya, S., & Fernandes, J. G. (2003). Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. *Ciência Tecnologia Alimentos*, 23(1), 92-94.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o conteúdo de vitamina C, carotenóides, minerais e metais pesados em manga, caqui, acerola e morango produzidos no Brasil, provenientes de sistemas de cultivo orgânico e convencional.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar e comparar o conteúdo de vitamina C (ácido ascórbico e desidroascórbico), licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno em frutas produzidas orgânica e convencionalmente;
- Quantificar e comparar o conteúdo de minerais e metais pesados em frutas produzidas nos sistemas de cultivo orgânico e convencional;
- Calcular o valor de vitamina A de frutas obtidas pelos sistemas de cultivo orgânico e convencional;
- Categorizar as frutas obtidas pelos dois sistemas de cultivo agrônomicos como fontes ou ricas em vitamina A e C, e minerais.

### **3. METODOLOGIA GERAL**

#### **3.1 MATERIAL**

##### **3.1.1 Matéria-prima**

Foram utilizadas as frutas: manga (*Mangifera indica* L. var. Palmer), caqui (*Diospyros kaki* L. var. Rama Forte), acerola (*Malpighia puniceifolia* L. var. Olivier) e morango (*Fragaria vesca* L. var. Oso Grande) obtidas da empresa paulista Kórin Agricultura Natural Ltda, sediada na cidade de Atibaia-SP.

As frutas foram cultivadas pelos sistemas de produção orgânico e convencional, na mesma região geográfica (Atibaia-SP), sob as mesmas condições climáticas e colhidas na época de safra de cada uma delas, no decorrer do ano de 2007. As frutas orgânicas possuíam certificação conferida pela empresa Motika Okada (CMO).

As frutas foram colhidas “parcialmente maduras”, em estágio de comercialização, acondicionadas em caixas de papelão, protegidas contra choques, e no prazo de 48 horas pós-colheita, chegavam ao Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Viçosa-MG, por transporte terrestre. Cada tipo de fruta, orgânica e convencional, foi analisada no mesmo estágio de maturação, definido visualmente pela coloração da casca do fruto (Apêndice 1). No Anexo 1 está o protocolo de cultivo das plantas, utilizado em cada um dos sistemas de produção agrônômica, cedido pela Kórin.

##### **3.1.2 Equipamentos**

Para homogeneização das amostras, utilizou-se processador doméstico Faet Multipratic, modelo MC5.

Para o preparo das amostras, para a análise de vitaminas e carotenóides, utilizou-se microtritador Marconi modelo MA 102; bomba de vácuo, modelo CA Fanem; evaporador rotativo, modelo 344.1, Quimis; centrífuga Excelsa Baby II, com cruzeta angular 4 x 100 mL, modelo 206-R, Fanem. Para o preparo da fase móvel foram usados: vibrador ultrassônico Odontobrás, T-14; pHmetro Hexis, UB10; sistema de filtração All Glass e membranas de filtração de 0,45 µm de porosidade.

O Sistema de Cromatografia Líquida de Alfa Eficiência - CLAE (Shimadzu, modelo SCL 10AT VP) empregado para análise de ácido ascórbico e carotenóides

foi composto de bomba de alta pressão, modelo LC-10AT VP; injetor automático com “loop” de 50  $\mu$ L, modelo SIL-10AF; detector de arranjo de diodos UV-visível modelo SPD-M10A. O sistema foi controlado pelo “software” Multi System, Class VP 6.12.

Para análise de minerais, utilizou-se liofilizador Terroni, modelo Fauvel LH 0400, para secagem das amostras; bloco digestor com termostato Tecnal, modelo TE 040/25; capela de exaustão de gases, para digestão ácida a quente; e agitador de tubos Phoenix, modelo AP56, velocidade 3800 rpm, tipo *Vortex*, para homogeneização dos extratos.

O Espectrômetro de Emissão Atômica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) (Perkin Elmer, modelo Optima 3300 DV) empregado para análise de minerais e metais pesados das amostras, com fonte de plasma de argônio induzido, apresentava as seguintes condições: potência de 1300 W, fluxo de ar refrigerante de 15 L/min, fluxo de ar auxiliar de 0,7 L/min, fluxo de ar carregador de 0,5 L/min, velocidade de introdução de amostra de 1,5 mL/min e uso de nebulizador Perkin Elmer.

### **3.1.3 Reagentes e outros materiais**

Para análise de vitaminas e carotenóides, foram utilizados os seguintes reagentes grau HPLC: metanol (Tedia, USA), acetonitrila (Vetec, Brasil), acetato de etila (Mallinckrodt, USA), ditioneitol-DTT (Sigma Aldrich, Alemanha) e ácido acético (Vetec, Brasil). A água ultrapura foi produzida em sistema Milli-Q<sup>®</sup> (Millipore, USA). Utilizou-se reagentes grau de pureza para análise (p.a.): ácido metafosfórico (AMP) (Merck, Alemanha), ácido sulfúrico (Mallinckrodt, USA), tampão Trizma (Nuclear, Brasil), sal etilenodiaminotetraacético (EDTA), ácido fosfórico (Proquímios, Brasil), fosfato de sódio monobásico (Synth, Brasil), acetona, éter de petróleo, éter etílico, sulfato de sódio anidro, celite e óxido de magnésio.

Para filtração das amostras foram utilizados papel de filtro livre de cinzas Inlab, tipo 50,9 cm de diâmetro (para carotenóides); papel de filtro tipo Melita, 9 cm de diâmetro (para ácido ascórbico). Antes da injeção, as amostras e soluções padrão foram filtradas em unidades filtrantes HV Millex, em polietileno, 0,45  $\mu$ m de porosidade (Millipore, Brasil).

O padrão de ácido L-ascórbico foi adquirido da Vetec (Brasil). Os padrões de licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram isolados por cromatografia de coluna aberta.

Para análise de minerais e metais pesados, foi utilizado ácido nítrico 65% p.a. A água deionizada foi produzida por um deionizador TKA Wasseraufbereitungssysteme GmbH, modelo Lab-UPW 483.

Os padrões dos minerais e metais pesados foram adquiridos da Vetec (Brasil) e Merck (Alemanha).

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1 Delineamento experimental e análise estatística dos dados**

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (produção orgânica e convencional) e 6 repetições por tratamento para a análise de vitamina C e de carotenóides; foram realizadas 3 repetições por tratamento e análise em duplicata para a determinação de minerais e metais pesados nas amostras. As frutas foram coletadas aleatoriamente durante o período de safra de cada uma delas.

O teste t de Student ( $\alpha=5\%$ ) foi utilizado para verificar a existência de diferenças significativas no conteúdo de vitamina C, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, minerais e metais pesados nas frutas, entre os tratamentos estudados. A análise estatística foi realizada utilizando o SAS (*Statistical Analysis System*), versão 9.1 (2002-2003), licenciado para a UFV.

### **3.2.2 Coleta, amostragem, preparo e acondicionamento das amostras**

As frutas orgânicas e convencionais foram colhidas de forma a se obter seis diferentes repetições. A área produtora foi subdividida em seis pequenas áreas. Em cada subárea, foram coletados dois quilogramas de manga e caqui; e um quilograma de acerola e morango, referentes ao tratamento orgânico e convencional. As seis repetições foram enviadas numa única etapa, totalizando doze quilogramas de manga e caqui, e seis quilogramas de acerola e morango por tratamento.

Após o recebimento de cada fruta, para cada tratamento, cada repetição foi subdividida à metade para preparação das amostras. Por exemplo, para manga, 1 kg foi destinado à análise de vitamina C, e 1 kg foi armazenado em geladeira, à temperatura em torno de 10°C, para a análise de carotenóides no dia posterior. As

demais frutas foram preparadas da mesma forma, ou seja, cada repetição foi subdividida à metade.

As frutas foram lavadas em água corrente, seguindo a remoção das partes não comestíveis, como a casca e o caroço da manga, a semente da acerola e as folhas do caqui e do morango. Em seguida, foram picadas e processadas em um multiprocessador durante 5 minutos para completa homogeneização e produção da polpa. Este procedimento foi realizado seis vezes para cada tratamento (orgânico e convencional).

Após a análise de vitamina C nas amostras, foram pesados em torno de 200 g de polpa homogeneizada de três repetições, escolhidas aleatoriamente e oriundas de cada tratamento. Em seguida, o material foi armazenado em freezer a  $-70^{\circ}\text{C}$ , para posterior liofilização e análise de minerais e metais pesados nas amostras.

### **3.2.3 Extração de vitaminas e carotenóides**

Durante as análises químicas, as amostras foram mantidas sob proteção da luz solar e artificial, pela utilização de vidrarias âmbar, papel alumínio e cortinas do tipo “blackout”, e sob proteção do oxigênio através da utilização de vidrarias com tampas e de ambiente com gás nitrogênio.

#### **3.2.3.1 Ácido Ascórbico**

A extração de ácido ascórbico (AA) foi realizada conforme metodologia otimizada por Campos (2006). A solução extratora foi composta por AMP 3%, ácido acético 8%, ácido sulfúrico 0,3 N e EDTA 1 mM. O preparo de 100 mL de solução extratora foi realizado da seguinte forma:

- 3 g de AMP foram dissolvidos em pequena quantidade de água ultrapura (cerca de 10 mL);
- 0,0294 g de EDTA foram dissolvidos em pequena quantidade de água ultrapura (cerca de 10 mL);
- 8 mL de ácido acético foram adicionados em balão volumétrico de 100 mL contendo cerca de 30 mL de água ultrapura;
- O AMP e o EDTA dissolvidos foram adicionados ao balão volumétrico de 100 mL e os béqueres em que estes foram dissolvidos foram enxaguados com água ultrapura e esta água adicionada ao balão;
- 0,8 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 90% foram adicionados lentamente ao balão volumétrico;



- Por último, completou-se o volume para 100 mL de solução.

O procedimento de extração foi realizado conforme descrição a seguir:

- Cerca de 1 g de fruta homogeneizada foi pesado e triturado com 15 mL de solução extratora, por 5 minutos;
- Em seguida, a amostra foi filtrada a vácuo, em papel de filtro;
- O papel de filtro foi lavado com cerca de 5 mL de água ultrapura;
- O filtrado foi diluído com água ultrapura até volume de 25 mL em balão volumétrico;
- O extrato foi então centrifugado por 15 minutos a 4000 rpm;
- O sobrenadante foi separado e armazenado a 5 °C até a análise cromatográfica.

### **3.2.3.2 Carotenóides**

O processo de extração dos carotenóides foi realizado segundo Rodriguez *et al.* (1976), com algumas modificações:

- Cerca de 1 g de manga, caqui e acerola e 5 g de morango homogeneizados foram triturados com 60 mL de acetona resfriada, dividida em três volumes de 20 mL;
- O material foi então filtrado a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro. A extração com acetona foi repetida até o resíduo do filtro se tornar descolorido.
- Em seguida, o filtrado foi transferido, aos poucos, para um funil de separação, onde foram adicionados 50 mL de éter de petróleo resfriado.
- Lavou-se cada fração com água destilada três vezes, para retirar toda a acetona.
- Acrescentou-se sulfato de sódio anidro (aproximadamente 3g) ao extrato etéreo para retirar qualquer resíduo de água que tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material;
- A evaporação do extrato em éter de petróleo foi feita em evaporador rotativo, na faixa de temperatura entre 35 e 37 °C;
- Os pigmentos foram, então, dissolvidos novamente em 25 mL de éter de petróleo e armazenados em frascos de vidro âmbar a -5°C, até a análise dos carotenóides.

### **3.2.4 Isolamento dos padrões de licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno**

Os padrões de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram isolados de cenoura e o padrão de licopeno foi isolado de tomate, por cromatografia de coluna aberta, conforme descrição de Rodriguez-Amaya (2001).

Para separação de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, cerca de 20 g de cenoura foram triturados com acetona resfriada (150 mL) e posteriormente transferidos para éter de petróleo (100 mL), conforme descrito no item 3.2.3.2. O extrato assim obtido foi concentrado em evaporador rotativo por 5 minutos. Para concentrar ainda mais o extrato sem estender o tempo de exposição ao calor foi empregado fluxo de nitrogênio, até obter um volume de cerca de 5 mL. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e celite (1:2) e a fase móvel foi composta por 2 % de éter etílico em éter de petróleo. Foi empregada coluna de vidro de cerca de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 15 cm de altura. O extrato foi acrescentado ao topo da coluna vagarosamente. Após a penetração do extrato na fase estacionária adicionou-se a fase móvel aos poucos até a separação do  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno.

Para obtenção do padrão de licopeno cerca de 20 g de tomate foram preparados conforme descrito para cenoura. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e celite (1:1) e o recheio ativado por 4 horas a 110 °C. Foi empregada coluna de vidro de cerca de 50 cm de comprimento, 5 cm de diâmetro e recheio de cerca de 20 cm de altura. Foram empregadas fases móveis com concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 5 %) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (2 a 100 %) para separação dos carotenóides, da seguinte forma:

- Após a penetração do extrato de carotenóides na fase estacionária adicionou-se cerca de 50 mL de fase móvel (2% de éter etílico em éter de petróleo) e aguardou-se a sua passagem;
- Em seguida adicionou-se, aos poucos, fase móvel composta por 5% de éter etílico em éter de petróleo (50 mL);
- Após a passagem dessas fases, adicionou-se ao topo da coluna outra fase móvel composta por 2% de acetona em éter de petróleo (50 mL);
- A concentração de acetona na fase móvel foi gradativamente aumentada até 20%. Neste caso foram usados cerca de 20 mL para cada concentração intermediária (5, 10, 15 e 20 %);
- Continuou-se a elevar a proporção de acetona na fase móvel empregando entre 10 e 20 mL de fases móveis contendo 30, 40, 50, 60, 80 e por último 100% de acetona;
- Retirou-se a fase estacionária da coluna de vidro, deixando secar a coluna e virando ao contrário em uma superfície plana;
- A parte da coluna contendo o licopeno foi seccionada;

- Para retirada total do licopeno da fase estacionária foi necessário empregar fase móvel contendo 5% de água em acetona e em seguida uma solução de 10% de água em acetona;
- A mistura foi então filtrada a vácuo em funil de Büchner utilizando-se papel de filtro para separar a fase móvel (contendo os carotenóides) da fase estacionária.

Os padrões assim obtidos foram transferidos para frascos de vidro âmbar, secos sob fluxo de nitrogênio, lacrados e armazenados a -5°C. A pureza das soluções foi verificada por CLAE e a quantificação foi realizada por espectrofotometria, baseando-se na absorvância máxima, segundo a lei de Lambert-Beer. Os coeficientes de absorvância (em éter de petróleo) utilizados foram 2800 para  $\alpha$ -caroteno, 2592 para  $\beta$ -caroteno e 3450 para licopeno. Os comprimentos de onda de máxima absorção foram:  $\alpha$ -caroteno, 443 nm;  $\beta$ -caroteno, 450 nm e licopeno, 469 nm (Rodriguez-Amaya, 1989).

A confirmação da identidade dos padrões foi feita baseada nos seguintes parâmetros: ordem de eluição das frações na coluna; coloração dos pigmentos eluídos; tempo de retenção em CLAE; espectros de absorção característicos.

### 3.2.5 Curvas-padrão de ácido ascórbico, licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno

A solução padrão estoque de AA (1 mg/mL) foi preparada em água ultrapura e as soluções com concentrações crescentes foram preparadas pela diluição da solução estoque em solução extratora, cuja composição foi descrita no item 3.2.3.1.

A construção da curva padrão de AA foi realizada de acordo com a concentração dos componentes nas frutas. Para as amostras de manga, caqui e morango, utilizou-se injeção em duplicata, de cinco concentrações crescentes de soluções padrão entre 16,48 e 52,30  $\mu\text{g/mL}$ ; para acerola, utilizou-se injeção em duplicata de cinco concentrações crescentes de soluções padrão entre 52,30 e 2275  $\mu\text{g/mL}$ .

A concentração real da solução foi verificada por espectrofotometria e corrigida adequadamente. A equação e coeficientes usados para cálculo da concentração foram:

$C (\mu\text{g/ml}) = \text{Abs} \times 10^4 / E^{1\%}_{1\text{cm}}$ , onde C é a concentração real, Abs é a absorvância máxima (lida a 245 nm), em solução tampão fosfato pH 2,0 e  $E^{1\%}_{1\text{cm}}$  é o coeficiente de absorvância molar (560) (Ball, 1994).

A solução tampão fosfato foi preparada da seguinte forma:

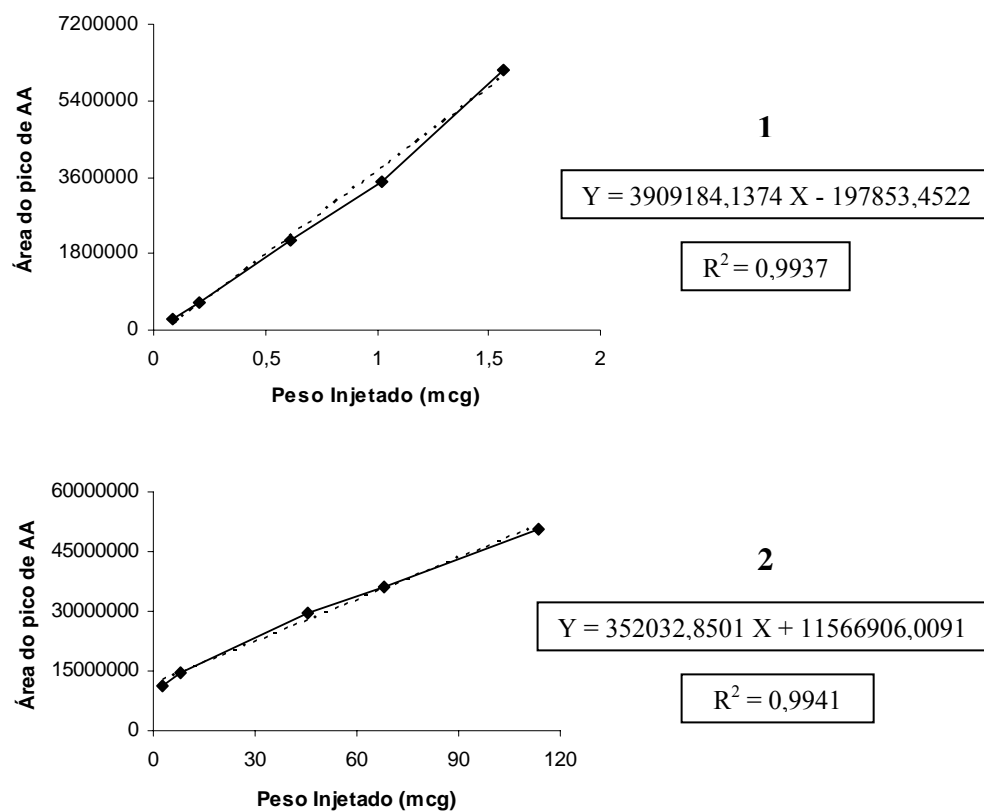
- 2,57 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  foram diluídos em água até volume final de 100 mL, utilizando balão volumétrico;
- Em seguida, 1,5 mL de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  foram diluídos em água até volume final de 100 mL, utilizando balão volumétrico;
- Misturaram-se partes iguais das duas soluções obtidas e o pH foi checado em pHmetro digital (pH 2,0).

Para construção da curva padrão de  $\alpha$ -caroteno foi feita injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes de soluções padrão entre 0,0019 e 0,2280  $\mu\text{g/mL}$ .

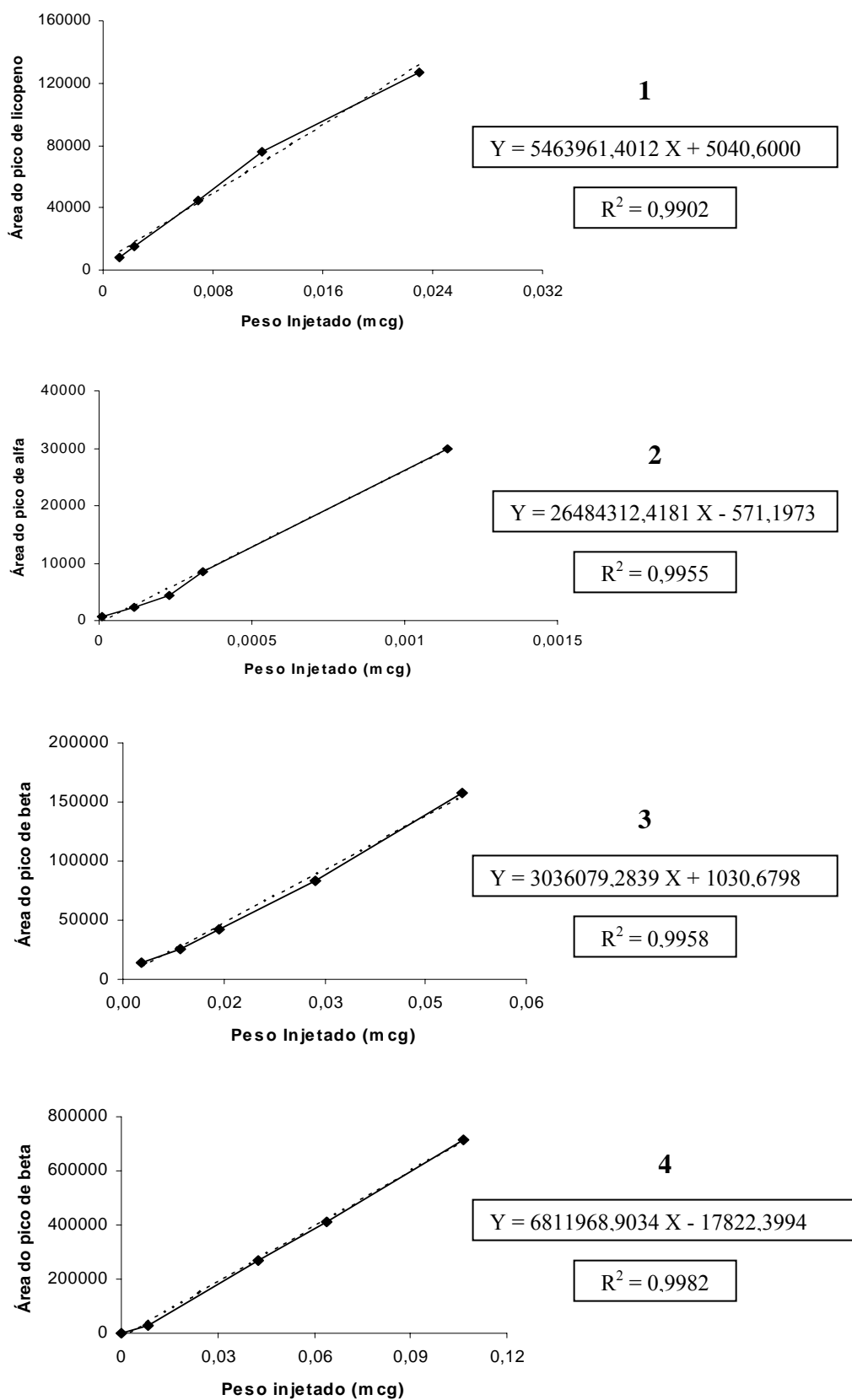
Para a curva de  $\beta$ -caroteno foram injetadas, em duplicata, cinco concentrações crescentes de soluções padrão entre 0,0275 e 2,13  $\mu\text{g/mL}$ , para as amostras de caqui, acerola e morango; e entre 0,2867 e 5,054  $\mu\text{g/mL}$ , para manga, em decorrência das diferentes condições cromatográficas utilizadas.

A curva-padrão de licopeno foi construída pela injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes de soluções padrão entre 0,1154 e 0,7690  $\mu\text{g/mL}$ . A concentração real dos padrões de carotenóides foi determinada por espectrofotometria e adequadamente corrigida.

As curvas-padrão de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno são apresentadas nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Correlação linear entre a concentração de AA e a área dos picos correspondentes (1: curva para manga, caqui e morango, 2: curva para acerola).



**Figura 2.** Correlação linear entre a concentração de licopeno (1),  $\alpha$ -caroteno (2) e  $\beta$ -caroteno (3: curva para manga, 4: curva para caqui, acerola e morango) e a área dos picos correspondentes.

### **3.2.6. Análise cromatográfica**

Antes da análise por CLAE, as amostras e as soluções padrão foram filtradas em unidades filtrantes com 0,45 µm de porosidade.

#### **3.2.6.1 Análise de ácido ascórbico**

Para análise de AA, empregou-se a metodologia otimizada por Campos (2006). A fase móvel foi composta por 1 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,0120 g para cada 100 mL) e 1 mM EDTA (0,0294 g para cada 100 mL), pH ajustado para 3,0 com H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. O fluxo foi ajustado para 1 mL/min e eluído isocriticamente. A separação foi feita em coluna Lichospher 100 RP18, 250 mm x 4 mm, 5 µm (Merck, Alemanha). A detecção foi realizada através de detector de arranjos de diodos, sendo os cromatogramas lidos a 245 nm.

#### **3.2.6.2 Conversão de ácido desidroascórbico em ácido ascórbico**

O conteúdo de ácido desidroascórbico (ADA) foi calculado por diferença entre o conteúdo de vitamina C total (após conversão do ADA em AA) e o conteúdo de AA inicial. Assim, a conversão de ADA em AA foi realizada segundo metodologia descrita por Campos (2006), e adaptada para frutas. Uma solução de 40 mM de ditioneitol (DTT), diluída em tampão Trizma (Tris hidroximetil amino metano) 0,5 M (pH 9,0) foi utilizada para converter o ADA porventura existente nas amostras em AA, devido à baixa sensibilidade do detector UV em relação ao ADA (Gökmen *et al.*, 2000). Uma solução 0,4 M de ácido sulfúrico foi empregada para redução do pH das amostras antes das análises cromatográficas.

Para as amostras de frutas utilizou-se o seguinte procedimento:

- Foi pipetado 1 mL de amostra em um frasco âmbar;
- Em seguida, foi adicionado 1,5 mL de solução tampão Trizma 0,5 M, contendo 40 mM de DTT para manga; 2,0 mL para caqui e acerola; e 2,5 mL para morango;
- A reação processou-se por 10 minutos, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz;
- Após os 10 minutos, adicionou-se 0,5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,4 M, para manga; 1,5 mL para caqui e acerola; e 2,0 mL para morango;
- Após filtração, injetou-se 30 µL das amostras para análise por CLAE.

A adição de tampão ao extrato elevou o pH para próximo à neutralidade (pH 5,5-6,0). Embora a solução tampão Trizma contivesse 40 mM de DTT, a concentração final de DTT durante a reação foi  $\geq 24$  mM (dependendo da amostra). Campos (2006) relata que o emprego de 20 mM de DTT já é suficiente para a conversão utilizando 10 minutos de reação. O H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi adicionado às amostras para reduzir novamente o pH, entre 1,5 a 2,0, antes da injeção cromatográfica. Para todas as amostras, a injeção cromatográfica foi feita imediatamente após a reação de conversão.

### **3.2.6.3 Análise de carotenóides**

A análise de carotenóides baseou-se nas condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana *et al.* (1998), com algumas modificações. A fase móvel foi composta por metanol, acetato de etila e acetonitrila, na proporção de 50:40:10, exceto para manga (70:20:10). A separação foi feita em coluna Phenomenex C18, 5 $\mu$ m, 250 x 4,6 mm, sendo o fluxo ajustado em 2 mL/min, utilizando eluição isocrática. A detecção foi realizada por detector de arranjos de diodos, sendo os cromatogramas lidos a 443 e 450 nm, para  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, respectivamente.

Antes da injeção os pigmentos foram transferidos novamente para acetona. O procedimento é descrito a seguir:

- 2 mL de amostra em éter de petróleo foram pipetados em frasco âmbar e secos sob fluxo de nitrogênio;
- Foram adicionados 2 mL de acetona à amostra seca;
- Em seguida, a amostra foi filtrada utilizando unidades filtrantes;
- O extrato foi, então, adicionado em *vials*, injetando-se 30  $\mu$ L de amostra na coluna cromatográfica.

### **3.2.7 Identificação e quantificação dos componentes vitamínicos**

A identificação do AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno nas amostras foi realizada por comparação dos tempos de retenção obtidos nas amostras com os obtidos para os respectivos padrões analisados sob as mesmas condições, bem como através da comparação dos espectros de absorção dos padrões e dos picos de interesse nas amostras, empregando-se o detector de arranjos de diodos.



A partir das curvas padrão obtidas, foram calculadas as concentrações da vitamina C e carotenóides presentes nas amostras. O valor real da concentração nas amostras foi obtido pelos cálculos das diluições realizadas.

### **3.2.8 Testes de recuperação e da faixa de linearidade**

Testes de recuperação de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram realizados pela adição de padrão às amostras de manga, caqui, acerola e morango na proporção de 20 a 100% do conteúdo médio original das amostras. As porcentagens de recuperação foram obtidas a partir da diferença percentual entre os teores iniciais analisados e os adicionados às amostras previamente homogeneizadas.

A determinação da faixa de linearidade foi feita pela injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes das soluções padrão de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, utilizando as mesmas condições cromatográficas empregadas para análise das amostras. Os dados obtidos para as áreas dos picos foram usados para análise de regressão linear. A avaliação da linearidade foi feita pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### **3.2.9 Cálculo do valor de vitamina A**

O valor de vitamina A foi expresso em Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) por 100 g de amostra, de acordo com os novos fatores de conversão para valor de vitamina A estabelecidos pelo *Institute of Medicine* (IOM, 2001). O IOM define que 1 RAE corresponde a 1  $\mu$ g de retinol ou 12  $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno ou 24  $\mu$ g de outros carotenóides provitamínicos.

### **3.2.10 Preparo das amostras para análise de minerais e metais pesados**

#### **3.2.10.1 Desmineralização do material**

Todo o material utilizado para a análise de minerais das frutas foram devidamente desmineralizados. Primeiramente, lavou-se com água e detergente e enxaguou-se com água deionizada. Preparou-se uma solução de água deionizada e detergente, e deixou-se o material sob imersão por um período de 24 h. Depois, lavou-se o material três vezes com água deionizada, deixando-o sob imersão em uma solução de 10% de ácido nítrico em água deionizada por um período de 24 h.

Novamente, lavou-se o material três vezes com água deionizada e finalmente colocou-se para secagem em estufa a 50°C, sem circulação de ar.

### **3.2.10.2 Liofilização das amostras**

A liofilização foi realizada como processo necessário para a quantificação dos teores de minerais e metais pesados nas amostras visando a concentração de sólidos totais, devido ao elevado percentual de água nas frutas, ao baixo conteúdo destes elementos nas amostras e à reduzida quantidade de amostra necessária para o preparo.

A descrição do procedimento de liofilização das polpas de frutas é mostrada a seguir:

- Descongelou-se 200 g de polpas de frutas, armazenadas previamente em freezer a -70 °C, em geladeira a 10 °C, por um período de 16 h;
- Pesou-se as bandejas do liofilizador e colocou em torno de 100 g de amostra em cada uma delas, obtendo uma camada super fina, pesou-se novamente as bandejas;
- Acondicionou-se as bandejas em freezer a -18°C por um período de 24 h para congelamento das amostras;
- Colocou-se, posteriormente, as bandejas no liofilizador, a -1°C sob vácuo, por aproximadamente 20 h;
- Pesou-se novamente as bandejas, após o processo de liofilização;
- Acondicionou-se as amostras em sacos plásticos devidamente identificados e lacrados, armazenou-se em freezer a -18°C até o preparo da solução mineral.

### **3.2.10.3 Preparo da solução mineral**

Utilizou-se ácido nítrico para a digestão ácida das amostras. O procedimento de digestão foi realizado segundo Ekholm *et al.* (2007), com algumas modificações, conforme descrição abaixo:

- Pesou-se, em um tubo de digestão de 100 mL, em torno de 1 g de amostra liofilizada;
- Acrescentou-se 10 mL de ácido nítrico, em capela de exaustão de gases. Esta mistura permaneceu sob reação, por um período de aproximadamente 24 h em temperatura ambiente, para evitar a formação excessiva de espuma e perda de amostra durante o aquecimento;

- Em seguida, os tubos foram colocados em um bloco digestor para digestão ácida a quente, em capela de exaustão de gases. Iniciou-se a digestão com a temperatura de 50°C e elevou-se gradativamente a temperatura até atingir 80°C, para que o vapor de cor alaranjado fosse completamente desprendido das amostras;
- Após aproximadamente 6 horas de digestão a quente, adicionou-se mais ácido nítrico (5 mL);
- Elevou-se a temperatura gradativamente até atingir cerca de 120°C (fervura branda). A digestão ácida a quente nas amostras foi completada após um período entre 16 e 20 horas, até que a solução estivesse límpida ou incolor, e que fumos esbranquiçados se desprendessem dos tubos.

Após a digestão, esperou-se esfriar a solução digerida, acrescentou-se pequena quantidade de água deionizada (5 mL) e levou-se o tubo com esta solução para agitação em Vortex. Após agitação, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL. Acrescentou-se água deionizada no tubo por 2 vezes e transferiu-se para o balão volumétrico, completando-se o volume do balão com água deionizada. Transferiu-se o extrato para um frasco plástico com tampa até a leitura de minerais no ICP-AES. Foi colocado, em três tubos de digestão, apenas ácido nítrico para leitura do branco e preparou-os nas mesmas condições supracitadas.

### **3.2.11 Análise por Espectrometria**

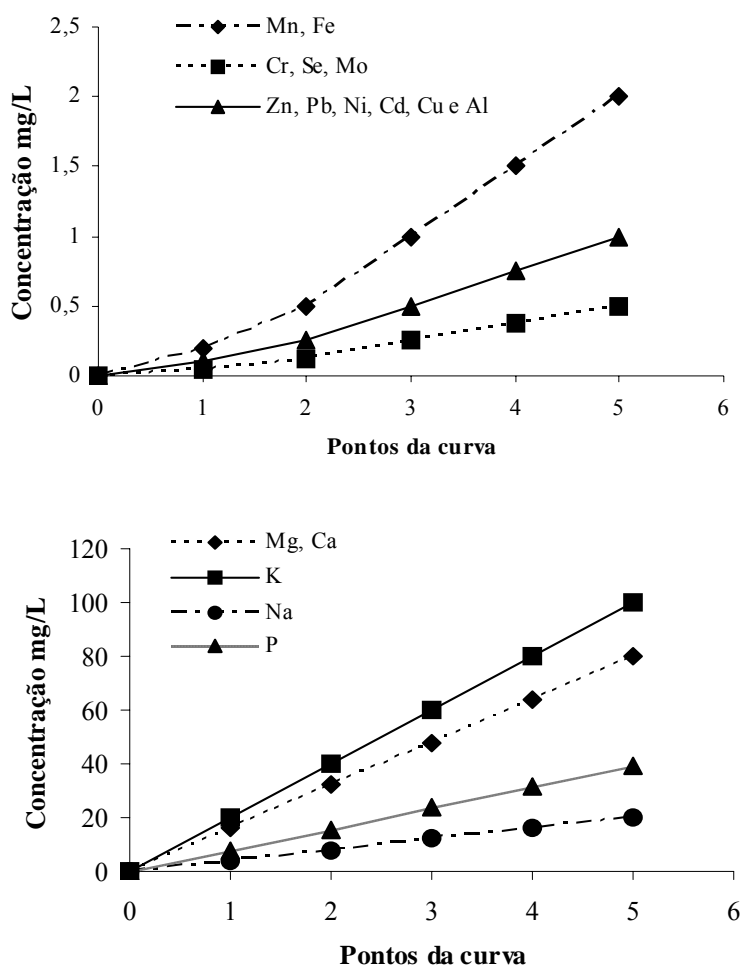
#### **3.2.11.1 Curvas padrão de minerais e metais pesados**

Inicialmente, foram preparadas duas soluções padrão multielementar (SPME) em decorrência da concentração dos minerais (cálcio-Ca, ferro-Fe, magnésio-Mg, manganês-Mn, cobre-Cu, zinco-Zn, selênio-Se, molibdênio-Mo, cromo-Cr, fósforo-P, potássio-K e sódio-Na) e metais pesados (cádmio-Cd, alumínio-Al, chumbo-Pb e níquel-Ni) em amostras de frutas.

A SPME 1 foi preparada em um balão volumétrico de 100 mL, contendo 12,5 ppm de Cr, Se e Mo; 25 ppm de Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al; 50 ppm de padrão de Fe e Mn. A SPME 2 foi preparada em um balão volumétrico de 100 mL, contendo 50 ppm de Na; 97,84 ppm de P; 200 ppm de Mg e Ca; 250 ppm de K. Ao final da mistura dos padrões de cada SPME, completou-se o volume dos balões com água deionizada.

Para a construção das curvas-padrão, usou-se volumes crescentes da SPME 1 (0 a 2 mL), da SPME 2 (0 a 20 mL), completados para 50 mL com branco e água deionizada para a construção dos seis pontos da curva.

A concentração máxima dos elementos nas soluções padrão multielementar foi: 0,5 ppm de Cr, Se e Mo; 1,0 ppm de Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al; 2,0 ppm de Fe e Mn; 20 ppm de Na; 39 ppm de P; 80 ppm de Mg e Ca; 100 ppm de K (Figura 3).



**Figura 3.** Curvas padrão de minerais e metais pesados.

### 3.2.11.2 Análise de minerais e metais pesados nas frutas

As amostras foram analisadas quanto aos teores de Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Zn, Se, Mo, Cr, P, K, Na, Cd, Al, Pb e Ni, por ICP-AES, os respectivos comprimentos de onda (nm) utilizados foram: 317,933; 259,939; 285,213; 259,372; 224,700; 213,857; 196,026; 202,031; 267,716; 213,617; 404,721; 589,592; 214,440; 308,215; 220,353; 231,604.

Após as leituras, as concentrações encontradas, em ppm (mg/L), nas amostras foram convertidas em teores de minerais e metais pesados, considerando as diluições e a possível presença destes elementos no branco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ball, G. F. M. (1994). *Water-soluble vitamin assays in human nutrition*. London: Chapman & Hall.

Campos, F. M. (2006). *Avaliação de práticas de manipulação de hortaliças visando a preservação de vitamina C e carotenóides*. Viçosa, 92p. [Dissertação de Mestrado em Ciência da Nutrição, Universidade Federal de Viçosa, MG].

Gökmen, V., Kahraman, N., Demir, N., & Acar, J. (2000). Enzymatically validated liquid chromatography method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruits and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 881, 309-316.

IOM - U. S. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. (2001). *Dietary Reference Intakes: for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. Washington: National Academy Press.

Pinheiro-Sant'Ana, H. M., Stringheta, P. C., Brandão, S. C. C., & Azeredo, R. M. C. (1998). Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chemistry*, 61(1-2), 145-151.

Rodriguez, D. B., Raymundo, L. C., Lee, T., Simpson, K. L., & Chichester, C. O. (1976). Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. *Annual Botanic*, 40, 615-624.

Rodriguez-Amaya, D. B. (1989). Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis*, 5, 191-225.

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods* (71p.). Washington: International Life Sciences Institute Press.

## **ARTIGO 1**

### **AGRICULTURA ORGÂNICA E CONVENCIONAL: IMPACTOS AMBIENTAIS, QUESTÕES SOCIOECONÔMICAS E ASPECTOS NUTRICIONAIS**

## **RESUMO**

A agricultura orgânica tem expandido significativamente nos últimos anos, com destaque para a fruticultura orgânica, devido ao seu grande crescimento em nível nacional e internacional, embora ainda incipiente. Acredita-se que o sistema orgânico de produção de alimentos seja menos danoso ao meio ambiente e que os alimentos orgânicos sejam mais saudáveis, saborosos e nutritivos quando comparados aos convencionais, pois são creditados a eles atributos sensoriais superiores, menores teores de pesticidas e fertilizantes sintéticos, maiores níveis de nutrientes e proteção de fitoquímicos. Já o sistema convencional utiliza-se de diversas técnicas agrícolas na busca pelo aumento da produtividade, como o uso de agrotóxicos, a monocultura, a mecanização intensiva, a fertilização com adubos sintéticos altamente solúveis, o que pode comprometer tanto o solo como a saúde humana. Diante deste contexto, o presente artigo objetivou descrever e analisar os principais estudos publicados nas últimas décadas enfocando de forma geral a agricultura orgânica e convencional, considerando a importância do cultivo agrônomo para a saúde humana e o meio ambiente, e as controvérsias a respeito da superioridade da qualidade alimentar de produtos orgânicos em relação aos convencionais. Conclui-se que no sistema orgânico pode haver uma maior viabilidade ambiental e socioeconômica em relação ao cultivo convencional, mas não implica, necessariamente, na melhoria do seu valor nutricional.

**Palavras-chave:** alimentos orgânicos, agrotóxicos, valor nutricional, segurança alimentar, produção e comercialização orgânica.

## INTRODUÇÃO

A consciência das questões ambientais em combinação com a segurança dos alimentos tem levado a população ao questionamento sobre as práticas agronômicas modernas (Chen, 2007). O modelo de agricultura convencional, construído sob a perspectiva da Revolução Verde, pode estar comprometido devido à insustentabilidade deste sistema, que não deve ser resumida apenas à sua dimensão ambiental, mas deve ser extrapolada para as dimensões social, econômica, ética, política e cultural (Nuñez, 2000; Assis e Romeiro, 2002; Cerveira, 2002). Diante deste cenário, surgiu a busca por uma agricultura ecologicamente equilibrada, economicamente sustentável e socialmente justa, que tem como elemento essencial, os manejos ecológicos dos agroecossistemas, denominada agricultura orgânica (Pelinski e Guerreiro, 2004).

A agricultura orgânica possui como pontos essenciais, a preservação do meio ambiente, a manutenção e aumento da fertilidade do solo, a minimização da poluição, a redução do uso de fertilizantes químicos e pesticidas, a obtenção da diversidade genética do sistema de produção, além da verificação do impacto social e ecológico do sistema de produção e processamento, visando produzir alimentos de alta qualidade e em quantidade suficiente (Brasil, 1999; Bourn e Prescott, 2002; Neves *et al.*, 2004; Araújo *et al.*, 2007; Winter e Davis, 2007).

No Brasil, a produção orgânica cresceu consideravelmente nos últimos anos (Instituto Biodinâmico, 2007), a fruticultura orgânica, embora ainda seja incipiente, merece destaque,. Existe uma crescente demanda interna e externa por frutas produzidas neste sistema; os consumidores buscam não apenas produtos de elevado valor nutricional, mas isentos de contaminantes que ponham em risco a vida do consumidor e do agricultor, e o meio ambiente (Borges *et al.*, 2003). No entanto, existem controvérsias sobre os alimentos orgânicos, principalmente, quando são classificados como mais nutritivos e seguros (Trewavas, 2004), devido à escassez de dados científicos que assegurem tais vantagens em relação aos produtos convencionais.

Considerando a importância do cultivo agronômico para a saúde humana e o meio ambiente, o presente estudo objetivou descrever e analisar alguns dos principais estudos que caracterizam a produção e a comercialização de alimentos orgânicos no mundo, a segurança alimentar, a qualidade nutricional e a decisão de compra do consumidor frente ao tipo de sistema de produção.



Foi realizado levantamento bibliográfico de artigos publicados nas bases de dados Scielo, Periódicos CAPES, Pubmed, Bireme, Highwire e Science Direct, além de pesquisas em sites da área publicados nas últimas décadas. Os descritores utilizados para a busca de artigos científicos foram: agricultura, cultivo, sistema de produção, alimento, produto, fruta, fruticultura orgânico(a) e convencional, alimentos produzidos orgânica e convencionalmente, agrotóxicos, pesticidas, metais pesados, vitaminas, vitamina C, carotenóides, carotenos, minerais, antioxidantes e seus correspondentes em inglês.

## **EVOLUÇÃO MUNDIAL DA AGRICULTURA**

A evolução da agricultura ocorreu, principalmente, em três estágios: o início ocorreu há dez mil anos, cada povo criava sua técnica de produção, adaptava-a a condição da população, criando seus próprios manejos de produção. A agricultura nesta época era basicamente orgânica (EPUB, 2003). A partir de 1960 iniciou-se o segundo estágio, a chamada Revolução Verde, implantando pacotes tecnológicos para a atividade agropecuária, com introdução de novas técnicas utilizando herbicidas, fertilizantes e variedades de plantas mais produtivas. Atualmente, está em andamento o terceiro estágio conhecido como biorevolução, produzindo sementes resistentes às pragas (Biotecnologia, 2003).

O conceito utilizado para agricultura convencional foi adotado para as atividades agrícolas criadas a partir da Revolução Verde, que tinha como argumento principal a “luta contra a fome”, buscando o aumento da produtividade agrícola (Pelinski e Guerreiro, 2004). Diversas técnicas agrícolas foram utilizadas para aumentar a produção, como o uso de agrotóxicos, a mecanização intensiva, a fertilização com adubos sintéticos altamente solúveis, a monocultura, o uso de sementes geneticamente melhoradas e animais selecionados, incluindo ainda o uso de organismos geneticamente modificados (Cerveira, 2002). Entretanto o melhoramento da produção de alimentos é dependente de intensivas adições de fertilizantes e pesticidas sintéticos (Araújo *et al.*, 2007), podendo comprometer tanto a saúde humana quanto o meio ambiente.

Basicamente a Revolução Verde teve duas missões: a maximização da produtividade e o lucro, e não simplesmente acabar com a fome. Mesmo com todo o aporte tecnológico à agricultura moderna, investindo na importação de insumos,

maquinários e em novas tecnologias, os problemas de fome e pobreza da população não foram solucionados (Nuñez, 2000).

O esgotamento do modelo da Revolução Verde teve como sintoma, o declínio da produção agrícola mundial a partir de 1987, e um dos componentes desse declínio foi a degradação ambiental, principalmente com perda de matéria orgânica e contaminação das águas (Pelinski e Guerreiro, 2004). Isto levou a população mundial exigir agriculturas alternativas, que visassem à recuperação do meio ambiente e que se preocupassem com o “bem-estar” de todos (EPUB, 2003). Segundo Darolt (2002), o aumento das práticas orgânicas é consequência do aumento dos custos da agricultura convencional, da degradação do meio ambiente e da crescente exigência dos consumidores por produtos livres de agrotóxicos.

Na década de 1990 ocorreu o último estágio de evolução da agricultura, marcado pela globalização econômica que privilegiou o mercado entre blocos no mundo. Além disso, houve preocupação das autoridades públicas e das organizações não-governamentais (ONGs) com o meio ambiente, tendo em vista o efeito estufa, a preservação de ecossistemas, a poluição dos mares e rios, o uso indiscriminado dos produtos químicos e também a geração de lixos domésticos e industriais (Camargo Filho *et al.*, 2004). Neste contexto, surgiu a chamada biorevolução, com pesquisas na área de biotecnologia, principalmente de sementes modificadas resistentes a doenças, que reduzem o uso de agrotóxicos (Pelinski e Guerreiro, 2004).

## **AGRICULTURA ORGÂNICA: EVOLUÇÃO MUNDIAL, DEFINIÇÃO, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO**

No Mercado Comum Europeu, o início da produção de orgânicos foi na década de 1920, e este tema está regulamentado na lei CEE no 2092/91, de 24 de junho de 1991 (CEE, 1991), que instituiu o modo biológico de produção agrícola e a sua indicação nos produtos agrícolas e gêneros alimentícios. Para receber a denominação de produto orgânico, a unidade de produção precisa ser analisada e avaliada segundo as normas das instituições certificadoras. Esta lei de 1991 definiu a produção das lavouras orgânicas, sendo que a regra para importação exige equivalência para produtos comercializados como orgânicos. No Japão, a produção de orgânicos iniciou-se na década de 1930 e a regulamentação foi estabelecida pela Lei JAS, definindo critérios técnicos para certificação e orientação às certificadoras. As importações devem ser reconhecidas por entidades japonesas. Nos EUA, a

produção com agricultura orgânica iniciou-se no decênio de 1940 e a lei de 1990 regulamentou a produção, estabeleceu padrões e orientou o credenciamento, sendo que o *United States Department of Agriculture* (USDA) controla as importações (Dulley, 2003).

No Brasil, a produção orgânica iniciou-se na década de 1970, porém a sua ascensão se deu a partir do início da década de 1980. A Instrução Normativa nº 007, de 1999 estabeleceu normas de produção, certificação e orientação ao órgão colegiado (Brasil, 1999). A Portaria nº 19, de 2001 aprovou o Regimento Interno do Colegiado Nacional de Produtos Orgânicos e detalhou normas de certificação. A Lei Federal nº 10831, de 2003, regulamentou normas disciplinares para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade dos produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal (Brasil, 2003). O Decreto nº 6323, de 2007, regulamenta a Lei nº 10831 que dispõe sobre a agricultura orgânica e estabelece normas para relação de trabalho, produção, comercialização, informação de qualidade, insumos, mecanismos de controle, fiscalização, proibições e penalidades (Brasil, 2007).

Define-se agricultura orgânica como sistema de manejo sustentável da unidade de produção, com enfoque holístico que privilegia a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos biológicos e a qualidade de vida do homem, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica no tempo e no espaço. Baseia-se na conservação dos recursos naturais e não utiliza fertilizantes químicos, pesticidas sintéticos, antibióticos, hormônios de crescimento, organismos transgênicos e radiações ionizantes (Neves *et al.*, 2004; Winter e Davis, 2007), e sim fertilizantes naturais, como resíduos orgânicos, esterco de animais, adubação verde, adubação orgânica, compostagem, controladores biológicos e botânicos de pragas e não sintéticos (Ismail e Fun, 2003; Winter e Davis, 2007). O manejo orgânico reduz alguns efeitos negativos atribuídos ao cultivo convencional e potencializa benefícios de aumento da qualidade da terra (Araújo *et al.*, 2007).

Segundo Darolt (2002) a agricultura orgânica visa a oferta de produtos saudáveis e de elevado valor nutricional isento de qualquer tipo de contaminante que ponha em risco a saúde do consumidor e do agricultor, e o meio ambiente.

A FAO (*Food and Agriculture Organization*) propõe um conceito, visando subsidiar novas legislações e favorecer a organização do comércio internacional de produtos orgânicos:

*“A agricultura orgânica, segundo o Codex Alimentarius, é um sistema holístico de manejo da produção, que promove a saúde e o desenvolvimento sustentável nos agroecossistemas, observando a biodiversidade, os ciclos biológicos e a atividade biológica no solo. Ela enfatiza o uso de práticas de manejo em detrimento da entrada de insumos externos ao sistema, levando em conta sistemas adaptados localmente, de acordo com as condições requeridas para a região. É complementada pelo uso de métodos agrônômicos, biológicos e mecânicos, onde possível, para cumprir qualquer tipo de função dentro do sistema, se opondo ao uso de produtos sintéticos” (FAO, 1999).*

O Decreto nº 6323, de 27 de dezembro de 2007, no capítulo I, artigo 2º, define como sistema orgânico de produção agropecuária, todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

Na década de 90, a demanda de alimentos orgânicos cresceu consideravelmente e hoje constitui a atividade agrícola que mais cresce no mundo, sendo que, atualmente, os maiores mercados de produtos orgânicos correspondem à Europa, Estados Unidos e Japão (Darolt, 2002). Segundo Trivellato e Freitas (2003), os países que possuíam as maiores áreas manejadas organicamente eram a Austrália (10,5 milhões de hectares), a Argentina (3,2 milhões de hectares) e a Itália (mais de 1,2 milhão de hectares). O Brasil ocupava a 13ª posição quanto à área destinada à agricultura orgânica certificada, com mais de 275 mil hectares.

Atualmente, de acordo com dados do *International Federation of Organic Agriculture Movements* (IFOAM, 2006), a área destinada ao cultivo orgânico no mundo já ultrapassa os 31 milhões de hectares (Yussefi e Willer, 2006). Segundo Araújo *et al.* (2007), a taxa anual de expansão foi cerca de 20% na última década.

Quanto ao comércio mundial de orgânicos, houve intensificação no período de 1997 a 2001, em 2004 chegou a US\$ 27,8 bilhões (Yussefi e Willer, 2006).

Segundo dados da empresa de consultoria *Organic Monitor* (2006), o mercado mundial de orgânicos movimentou US\$ 40 bilhões no ano de 2006.

De acordo com Darolt (2002), a agricultura orgânica brasileira começou a despontar como alternativa de produção a partir do início da década de 1980, entretanto, nos anos 1990 o crescimento foi diferenciado. Deve-se observar que o aumento do mercado orgânico que vinha subindo, no início da década de 1990, cerca de 10% ao ano, cresceu em torno de 40% a 50% na virada deste milênio, em termos de volume de produtos comercializados. O número de propriedades orgânicas e em transição, que era de aproximadamente 4,5 mil (safra 1999/2000), passou para cerca de 15 mil (safra de 2001/ 2002).

Com o crescimento constante nos últimos anos, a produção orgânica no Brasil ocupa atualmente uma área expressiva em termos mundiais, correspondendo a 6,5 milhões de hectares de terras. O salto no *ranking* foi impulsionado pela decisão de incluir o extrativismo sustentável no cálculo da área da agricultura orgânica brasileira, o que coloca o país entre os maiores produtores mundiais de orgânicos (Instituto Biodinâmico, 2007). Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA), estima-se que a área envolvida com a produção orgânica chega a 8,6 milhões de hectares, incluindo o extrativismo sustentável, envolvendo cerca de 20 mil agricultores. De acordo com o Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural (IBD), 500 mil hectares são cultivados com produtos orgânicos (excluído o extrativismo), sendo o mercado brasileiro estimado entre US\$ 150 a US\$ 300 milhões ao ano, dos quais entre US\$ 100 a US\$ 110 milhões, são destinados ao mercado externo (Feiden e Silva, 2006).

Estima-se que o volume de produção orgânica no Brasil seja de 300 mil toneladas/ano. A maior parte da produção orgânica brasileira (80%) encontra-se nos estados do Sul e Sudeste (Darolt, 2002). Do total produzido no país, 70% é exportado principalmente para Europa, Estados Unidos e Japão (Instituto Biodinâmico, 2007).

Entre os principais produtos orgânicos brasileiros para exportação está a soja, o açúcar branco e o mascavo, o café, os sucos cítricos, o mel, o arroz, as frutas tropicais e as desidratadas, os óleos essenciais, as castanhas, a erva-mate, os cogumelos, o óleo de babaçu, os óleos vegetais, as essências florestais, os extratos vegetais, a cachaça e os doces (Trivellato e Freitas, 2003; Instituto Biodinâmico, 2007). A soja, o café e o açúcar lideraram as exportações, em 2004, superando os US\$ 30 milhões. No mercado interno, os produtos mais comuns são as hortaliças, o

café, a açúcar, os sucos, o mel, as geléias, o feijão, os cereais, os laticínios, os doces, os chás e as ervas medicinais. Em menor escala, encontram-se as bebidas como o vinho, a cerveja e a cachaça, além de camarão, frango, carne bovina, ovos, têxteis e cosméticos (Instituto Biodinâmico, 2007).

Entre as frutas orgânicas brasileiras exportadas incluem-se a laranja (suco), a banana e a acerola. Segundo a *Trade Brazil Organic*, as grandes importadoras de orgânicos da Europa estão buscando essencialmente a manga Tommy Atkins, seguida do melão, do limão Taiti e da laranja fresca (Borges e Souza, 2005).

O segmento da fruticultura no Brasil se destaca, visto que a produção anual de frutas varia entre 38 a 41 milhões de toneladas, correspondendo a US\$ 11 bilhões do Produto Interno Bruto (PIB). A laranja, em forma de suco, e a uva, principalmente nas variedades sem sementes, continuam sendo os grandes expoentes dos embarques brasileiros para o exterior. A laranja é a principal delas, responsável por 44% da produção de frutas frescas do país. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes a 2006, apontam para produção de 18,054 milhões de toneladas. Para 2007, a previsão foi de 17,891 milhões de toneladas da fruta.

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja para uso industrial e produz mais da metade do suco congelado e concentrado (FCO) do mundo. As exportações brasileiras representam mais de 80% do comércio internacional desse produto. A banana é a segunda fruta mais produzida no Brasil e representa 16,5% do total. Outras frutas como abacaxi, coco, uva, maçã, melancia, manga, limão, mamão também são cultivadas (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2007).

O Brasil como terceiro maior produtor mundial de frutas, canalizando mais de 95% da sua colheita para o mercado interno, vem percebendo cada vez mais a necessidade do mercado internacional (Borges *et al.*, 2003). Os embarques de frutas cresceram 7,37% em 2006, totalizando 802,672 toneladas, com faturamento de US\$ 472,56 milhões, o que representa apenas 2% da produção brasileira. Mesmo voltado para o mercado interno, o Brasil ainda está longe de ser um grande consumidor de frutas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), a demanda per capita chega a 57 kg enquanto em países como Espanha, Itália e Alemanha esse índice atinge, respectivamente, 120, 114 e 112 Kg/hab/ano (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2007).

Embora a fruticultura orgânica ainda seja incipiente, resultando em oferta irregular de produtos nos supermercados e feiras orgânicas, o crescimento brasileiro

tem sido significativo. As frutas e hortaliças orgânicas representam cerca de 2% do total de alimentos comercializados nos supermercados do país (Borges *et al.*, 2003). Um dos entraves para uma expansão mais rápida das vendas no mercado interno são os preços, que ficam, em média, 30% acima dos similares convencionais (Camargo Filho *et al.*, 2004). Além disso, os produtos orgânicos possuem frequentemente maiores defeitos físicos do que os convencionais, o que dificulta o seu crescimento no mercado e o consumo (Conklin e Thompson, 1993).

Para a comercialização, os produtos orgânicos precisam de certificação de organizações de reconhecimento internacional (Trivellato e Freitas, 2003). A IFOAM é a entidade responsável pela elaboração das normas básicas de certificação de todas as correntes de agricultura orgânica no mundo (IFOAM, 2003). As certificadoras são órgãos que garantem a qualidade e identificação do produto como orgânico, por meio do selo de certificação (Couto *et al.*, 2006).

A certificação da produção orgânica brasileira é realizada por cerca de 21 agências certificadoras, 12 nacionais e 9 internacionais, que atestam que a produção do alimento obedeceu as normas de qualidade orgânica. A maioria das certificadoras nacionais encontra-se no Estado de São Paulo, enquanto as internacionais são provenientes, sobretudo, de países da União Européia (Camargo Filho *et al.*, 2004).

A entrada de muitas certificadoras internacionais mostra que o Brasil tem potencial para ser um grande produtor de *commodities* orgânicas de exportação. Ademais, existem muitas facilidades para instalação de certificadoras estrangeiras no País. Apesar de haver um crescimento exagerado de certificadoras no Brasil, a tendência é que nos próximos anos haja uma diminuição deste número com a fusão de grandes certificadoras preocupadas com o mercado externo e o surgimento de certificadoras regionais para o mercado interno (Camargo Filho *et al.*, 2004).

Uma das finalidades da certificação é a capacidade de rastrear a origem do produto orgânico. Normalmente as certificadoras brasileiras emitem certificado com um ano de validade. Os custos de emissão do certificado orgânico, no caso das certificadoras nacionais, variam de 0,5% a 2% do valor faturado para a mercadoria e cobram-se tantas vezes quantas sejam as remessas de produto que necessitem de certificação, no caso de exportação. Para o mercado interno, o valor é cobrado pelo total de produto certificado vendido pela empresa, não sendo necessário emitir certificados específicos para cada carga. No caso das certificadoras internacionais, os

custos de certificação são um pouco maiores, variando entre 2% e 5% do faturamento (Camargo Filho *et al.*, 2004).

## **SEGURANÇA ALIMENTAR: PRODUTOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS**

O conceito de qualidade de alimentos, na visão do consumidor, se refere à satisfação de características sensoriais como sabor, aroma, textura, aparência e também quanto à embalagem, preço e disponibilidade. Muitas vezes é desconhecida a condição intrínseca de “segurança alimentar”, quando se refere aos aspectos relacionados à influência do alimento sobre a saúde do consumidor, bem como o seu valor nutricional (Borguini, 2002).

De acordo com Spers e Kassouf (1996), o risco da ocorrência de doenças associadas ao consumo de alimentos contendo aditivos, pesticidas, hormônios, toxinas naturais ou ainda outros tipos de substâncias, tem contribuído para gerar insegurança e despertar preocupações nos consumidores. Parece contra-senso, já que os alimentos são consumidos para fornecerem nutrientes, mantendo a saúde dos consumidores (Borguini, 2002). A cada dia intensificam-se as exigências do consumidor para adquirir alimentos seguros. O consumidor, principalmente nos países desenvolvidos, invariavelmente é irredutível quanto à qualidade do produto que irá comprar (Spers e Kassouf, 1996).

A segurança alimentar com ênfase nos aspectos qualitativos pode ainda ser entendida como a aquisição pelo consumidor de alimento de boa qualidade, livres de contaminantes de natureza química, como os pesticidas; biológica, como microrganismos patogênicos; física, como vidros, pedras; ou qualquer substância que possa acarretar problemas à saúde (Spers e Kassouf, 1996).

Os sistemas de produção promoveram um quadro de modificações na qualidade do alimento, e diante dessa situação, delineia-se uma relação mais próxima entre consumo de alimentos, saúde e qualidade de vida. A própria conotação de qualidade vem sendo reavaliada para que não seja baseada somente em valores nutricionais quantitativos e em ausência de contaminantes biológicos, mas que considere também aspectos de biodisponibilidade de nutrientes, de integridade, de manutenção das características sensoriais originais, de vitalidade e de ausência de resíduos de contaminantes químicos sintéticos (Azevedo, 2004).



Segundo Malavolta (1981), a qualidade do produto agrícola pode ser definida como sendo o conjunto de características que aumenta o seu valor nutritivo para o homem ou animal, que acentua as suas propriedades sensoriais, que aumenta o seu valor comercial ou industrial e sua resistência ao transporte e armazenamento. Quando se aborda o termo “qualidade alimentar”, geralmente essa pode ser vista sob pelo menos três aspectos, que foram apresentados por Darolt (2003): a qualidade sensorial, sanitária e nutricional, sendo esta última merecedora de destaque.

Williams (2002) relatou que a sanidade é o fator que mais influencia as pessoas a pagar a mais pelos alimentos orgânicos e que, 60% da população escolheriam estes alimentos se eles fossem mais facilmente disponíveis e tivessem o mesmo custo que os convencionais.

Os alimentos orgânicos são considerados mais saudáveis que os convencionais, pois são creditados a eles atributos sensoriais superiores, menores teores de pesticidas e fertilizantes sintéticos, maiores níveis de nutrientes e proteção de fitoquímicos. No entanto, vale ressaltar que a utilização de adubo e a redução do uso de fungicidas e antibióticos na produção poderiam levar a uma maior contaminação dos alimentos orgânicos por microrganismos (Williams, 2002).

A qualidade sanitária diz respeito tanto à contaminação por microrganismos, quanto a contaminantes químicos, teores de nitratos, resíduos de agrotóxicos. Quanto à questão microbiológica, a forma de adubo utilizada pelas práticas orgânicas pode aumentar o risco de contaminação microbiológica, caso o produto não tenha certificação, contudo não demonstra que os alimentos orgânicos certificados apresentam maior risco microbiológico do que os convencionais (Mukherjee *et al.*, 2004).

A concentração de nitrato é um fator que pode comprometer a qualidade alimentar. Nos estudos de Finesilver *et al.* (1989) e Bourn e Prescott (2002), alimentos orgânicos apresentaram concentrações mais baixas de nitrato que os convencionais. Alimentos que possuem alto teor de nitrato têm sua qualidade nutricional diminuída, devido aos compostos nocivos formados a partir de sua ingestão, como nitrito e nitrosaminas, que são cancerígenas (Walker, 1990). O acúmulo de nitrato nas plantas depende de vários fatores, como variedade do vegetal, intensidade de luz, clima, solo (Finesilver *et al.*, 1989), disponibilidade de molibdênio, que influencia a atividade da redutase do nitrato, enzima responsável pela redução do nitrato a nitrito no processo de assimilação de nitrogênio pela planta

(Marschner, 1986), porém vale destacar a quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (Urrestarazu *et al.*, 1998). Estes fertilizantes utilizados no sistema de produção convencional são solúveis e prontamente disponíveis para as plantas (Finesilver *et al.*, 1989).

Entretanto, do ponto de vista toxicológico, o mais importante e relevante problema de contaminação de alimentos, que chega a níveis de preocupação para com a saúde pública, está no limite máximo de resíduos de agrotóxicos (Pussemier *et al.*, 2006).

É indiscutível que o sistema de cultivo convencional deixa nos alimentos resíduos de agrotóxicos em quantidades preocupantes para a saúde pública (Darolt, 2003). Segundo levantamento realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sete estados brasileiros, 54% dos morangos comercializáveis tinha índices de resíduos de agrotóxicos acima do permitido na lei (Castro *et al.*, 2006). Apesar dos estudos nesta área demonstrarem um quadro preocupante, não existe ainda pesquisas conclusivas no Brasil que comprovem os perigos do uso de alimentos contaminados por agrotóxicos para seres humanos. No Brasil são raros os estudos que analisaram resíduos de agrotóxicos em alimentos orgânicos (Darolt, 2003).

Mesmo que a cada dia cresça esse tipo de preocupação, ainda é difícil determinar ou prever que problemas eles trarão à saúde, uma vez que o tipo e a quantidade de produto ingerido, bem como as características do organismo de cada pessoa interferem no processo. Somente os agrotóxicos são responsáveis por 700 mil dermatoses, 37 mil casos de câncer e 25 mil casos de seqüelas neurológicas a cada ano (Azevedo, 2003). Os resíduos de agrotóxicos podem provocar, além de problemas neurológicos e câncer, reações alérgicas e respiratórias (Pelinski e Guerreiro, 2004); a eles relacionam-se repercussões teratogênicas, anomalias neurológicas, gástricas e ósseas, tumores, esterilidade e intoxicações agudas (Walker, 1998).

A exigência dos consumidores pela segurança alimentar tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo que o rápido crescimento da agricultura orgânica vem acompanhando esta evolução (Canavari *et al.*, 2002). Baker *et al.* (2002) sugerem que os consumidores que desejam minimizar a exposição aos resíduos podem confiar nos produtos orgânicos. Estudos de revisão feitos por Baker

*et al.* (2002) e Pussemier *et al.* (2006) mostram que produtos da agricultura orgânica contêm menor quantidade de resíduos de pesticidas que os do sistema convencional.

Entretanto, mesmo os alimentos orgânicos, baseados no emprego mínimo de insumos externos, podem não ser totalmente livres de agrotóxicos, devido à contaminação ambiental generalizada (FAO/OMS, 1999) e derivação de produtos químicos provenientes de propriedades convencionais. Os metais pesados e dioxinas, importantes químicos encontrados no meio ambiente, especialmente nas áreas mais industrializadas, podem contaminar alimentos produzidos por ambos os sistemas, orgânico e convencional (Baker *et al.*, 2002; Pussemier *et al.*, 2006). Além disso, contaminantes podem ser oriundos de material de embalagens utilizados nestes alimentos; ambos os sistemas estão sujeitos à contaminação por materiais plásticos e recicláveis, ou caixas de papelão (por ex. dioxinas e metais pesados). No sistema orgânico, alumínio e material de PVC são proibidos, mas embalagens recicláveis são permitidas, o que pode levar à contaminação por alguns metais pesados (Pussemier *et al.*, 2006).

Apesar de não existir um aval da comunidade científica que plantas cultivadas organicamente sejam melhores para a saúde, pela falta de dados epidemiológicos, não existem dúvidas de que há necessidade de mais atenção, pelas universidades e instituições de pesquisa, com o apoio do governo, para os problemas de saúde pública causados pelo sistema de cultivo convencional (Darolt, 2003). Dessa forma, devido à complexidade de fatores que influenciam o conceito de segurança alimentar, devem ser adotadas, em todo o sistema agroalimentar, práticas que garantam a qualidade sanitária, sensorial e nutricional em todas as fases, desde a produção até o consumidor final.

## **CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS**

Há um mercado potencial para os produtos orgânicos pelo grande desconforto de uma parcela da população em manter a aquisição e o consumo de alguns alimentos convencionais, cujo cultivo reconhecidamente envolve o emprego de substanciais quantidades de adubos sintéticos e pesticidas (Penteado, 2000). Os perigos potenciais das práticas de agricultura moderna para a saúde pública e ambiental têm refletido em um aumento na demanda por produtos orgânicos (Chen, 2007).

Os meios de comunicação têm divulgado as vantagens da alimentação baseada em produtos orgânicos, o que vem contribuindo para aumentar o número de consumidores destes alimentos. Em muitos países, a demanda por alimentos orgânicos tem aumentado devido a diversos fatores, como segurança alimentar, efeito ambiental, “flavor”, frescor, benefícios à saúde e valor nutricional (Bourn e Prescott, 2002).

Segundo Archanjo *et al.* (2001), o crescimento do consumo não está diretamente relacionado com o valor nutricional dos alimentos, mas aos diversos significados que lhes são atribuídos pelos consumidores, como a busca por uma alimentação saudável, de melhor qualidade e sabor, até a preocupação ecológica de preservar o meio ambiente. De acordo com Torjusen *et al.* (2001), os consumidores que compravam alimentos orgânicos manifestaram maior preocupação no tocante às questões éticas, ambientais e de saúde.

A saúde é um importante critério para a compra de alimentos orgânicos e um parâmetro de qualidade para muitos consumidores (Wandel e Bugge, 1997; Zanolli e Naspetti, 2002). Em um estudo do Whole Foods Market (2005), as maiores razões relatadas pelos consumidores foram proteção contra os pesticidas (70%); frescor (68%); questões nutricionais e de saúde (67%); e por serem contrários aos alimentos geneticamente modificados (55%) (Winter e Davis, 2007).

De acordo com Wandel e Bugge (1997); Torjusen *et al.* (2001); Chen (2007); o aspecto sensorial tem sido o fator mais relatado em muitos estudos para a escolha dos alimentos orgânicos. Entretanto, outros atributos não sensoriais estão cada vez mais em evidência tais como ausência de aditivos e resíduos (Chen, 2007) e o valor nutricional (Wandel e Bugge, 1997; Torjusen *et al.*, 2001).

Shepherd *et al.* (2005) e Chen (2007) acreditam existir dois motivos principais para a compra de alimentos orgânicos: a proteção à saúde e ao meio ambiente. De acordo com Couto *et al.* (2006), a população consumidora de produtos orgânicos apresenta um segmento único e homogêneo, situando-se, como por exemplo, entre as faixas de maior educação, mas não necessariamente de maior renda.

Entretanto, o preço é um dos fatores mais limitantes para o consumo de orgânicos (Zanolli e Naspetti, 2002; Pelinski e Guerreiro, 2004). Em uma pesquisa com consumidores na cidade de Palmeira (PR), Pelinski e Guerreiro (2004) perceberam que um aumento de 1% no preço dos produtos orgânicos, diminuía a

quantidade demandada em 3,82%, e se o preço aumentasse em 26,2%, a demanda diminuía em 100%.

Segundo Souza e Alcântara (2003), no mercado de produtos orgânicos não existe parâmetro definido para o estabelecimento de preços. Em média, os produtos orgânicos *in natura* têm uma sobrevalorização de seus preços, de 15% a 40% em relação aos produtos convencionais. Este fato se deve principalmente ao controle e monitoramento da produção de orgânicos, um produto certificado tem um preço mais elevado, e também pela lei da oferta-procura. A disponibilidade limitada destes produtos no mercado é um outro obstáculo (Wandel e Bugge, 1997), há poucos pontos de venda, pouca variedade (Couto *et al.*, 2006) e falta regularidade de oferta destes produtos (Pelinski e Guerreiro, 2004).

## **VALOR NUTRICIONAL DE ALIMENTOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS**

Grande parte dos consumidores acredita que os alimentos orgânicos são mais saudáveis, naturais, nutritivos, sustentáveis e de melhor qualidade que os convencionais (Williams, 2002; Ismail e Fun, 2003; Araújo *et al.* 2007; Chen, 2007). A literatura ora apresenta-se favorável em relação aos maiores benefícios nutricionais dos alimentos orgânicos, ora nega tal afirmação, equivalendo-os aos produzidos no sistema convencional.

Estudos demonstram que, muitas vezes, as comparações não são experimentalmente válidas, devido às diferenças de amostragem e metodologias de análise (Pussemier *et al.*, 2006), além da falta de controle de fatores como variedade dos cultivares, manejo da cultura, práticas de colheita e pós-colheita (Warman e Havard, 1997). Carbonaro *et al.* (2002) e Caris-Veyrat *et al.* (2004) enfatizaram que produtos orgânicos e convencionais devem ser obtidos sob as mesmas condições de cultivo. Por todas estas razões, existem muitos estudos com resultados contraditórios (Pussemier *et al.*, 2006), dificultando assim a comparação da qualidade nutricional entre estes alimentos.

Nas revisões feitas por Bourn e Prescott (2002) e Williams (2002), sobre o valor nutricional de alimentos orgânicos e convencionais, os pesquisadores salientam a insuficiência de dados de boa qualidade. Apesar disso, percebe-se uma tendência dos estudos de mostrarem um conteúdo de vitamina C maior nos alimentos

produzidos organicamente (Williams, 2002), entre outros compostos antioxidantes. Entretanto, a diferença no teor de nutrientes entre alimentos orgânicos e convencionais não foi observada por outros pesquisadores (Winter e Davis, 2007).

Smith (1993) reportou que vegetais produzidos organicamente têm maior conteúdo de minerais do que os convencionais. Leclerc *et al.* (1991) encontraram em cenoura e aipo orgânicos maior conteúdo de ácido ascórbico e de  $\beta$ -caroteno, e em batata orgânica, o conteúdo de ácido ascórbico foi significativamente superior. Por outro lado, Eggert e Kahrman (1984) não encontraram diferenças no conteúdo de  $\beta$ -caroteno em cenouras orgânicas e convencionais. Svec *et al.* (1976) não encontraram diferenças no conteúdo de ácido ascórbico em batata, tomate e pimentão produzidos nos dois sistemas. Em um estudo realizado no Brasil, o conteúdo de carotenóides em couve produzida sem agrotóxicos mostrou-se significativamente superior (Mercadante e Rodriguez-Amaya, 1991).

Woese *et al.* (1997) consideraram 150 comparações entre alimentos convencionais e orgânicos publicados entre 1926 e 1994. Esta revisão se baseou em grupos de alimentos, incluindo cereais, batatas, hortaliças, frutas, pães, leite, carnes, ovos e mel. Não foi observada diferença significativa nos níveis de minerais e vitaminas do complexo B entre os cereais, as batatas e outros vegetais orgânicos e convencionais. O mesmo foi observado em 27 estudos comparativos com o grupo de hortaliças para o teor de vitamina A ou  $\beta$ -caroteno. Entretanto, observaram-se menores níveis de vitamina C em batatas produzidas convencionalmente. Além disso, em 50% dos estudos com hortaliças, especialmente as folhosas, os produtos orgânicos apresentaram teores mais elevados de vitamina C. No caso dos minerais e vitaminas do complexo B, os produtos orgânicos apresentaram níveis maiores ou iguais aos convencionais, com poucos estudos mostrando teores mais baixos em hortaliças orgânicas.

Davis *et al.* (2004) compararam o teor de proteínas, cálcio, potássio, ferro, riboflavina e ácido ascórbico, entre 43 cultivares, de 1950 a 1999. O uso de pesticidas não causou perdas de nutrientes, e sim a habilidade dos cultivares em incorporar minerais do solo, transportá-los para as diversas partes da planta, e sintetizar nutrientes. Segundo Trewavas (2004), a composição de minerais em alimentos convencionais pode variar substancialmente, dependendo das condições de crescimento e do uso de fertilizantes (Finesilver *et al.*, 1989).

Warman e Havard (1997), pesquisando cenoura e repolho cultivados pelos sistemas convencionais e orgânicos durante três anos, concluíram que existem poucas diferenças no conteúdo de vitaminas e minerais quando se compara os dois sistemas de produção. Hakala *et al.* (2003), também observaram que os teores de vitamina C em frutas da família “*berries*” cultivadas de maneira orgânica e convencional foram semelhantes. Entretanto, Ismail e Fun (2003) encontraram maior conteúdo de ácido ascórbico,  $\beta$ -caroteno e riboflavina, apesar não de forma unânime, para couve chinesa, alface, espinafre, mostarda e repolho orgânicos em relação aos convencionais, corroborando com a revisão de Worthington (2001), onde os cultivares orgânicos continham maior teor de vitamina C (27%), ferro (21,1%), magnésio (29,3%) e fósforo (13,6%) do que os cultivares convencionais. Asami *et al.* (2003) também observaram teores mais elevados de ácido ascórbico em morango e milho orgânicos e que, morangos congelados contêm 20,3% mais ácido ascórbico comparando-se com as amostras cultivadas convencionalmente.

Carbonaro *et al.* (2002) avaliaram o conteúdo de polifenóis, ácido ascórbico, ácido cítrico,  $\alpha$ -tocoferol em pêssegos e pêras orgânicas e convencionais, e constataram maior teor de polifenóis nas frutas orgânicas. O conteúdo de ácido ascórbico e ácido cítrico em pêssegos orgânicos foi superior aos convencionais, enquanto que o  $\alpha$ -tocoferol foi maior em pêras orgânicas.

Estudos relataram aumento de polifenóis em plantas cultivadas na ausência de pesticidas. As práticas convencionais de agricultura utilizam quantidades de pesticidas e fertilizantes que podem interromper a produção de compostos fenólicos na planta (Carbonaro *et al.*, 2002; Asami *et al.*, 2003). Há evidências prováveis de que os alimentos orgânicos contêm teores mais altos de polifenóis que frutas e hortaliças produzidas convencionalmente. Assim, o uso de frutas e hortaliças de origem orgânica pode implicar em maiores benefícios para a saúde humana, embora existam poucos estudos que comprovem estes fatos (Woese *et al.*, 1997).

Duas hipóteses mostram o possível aumento de ácidos orgânicos e polifenólicos em alimentos orgânicos. A primeira considera o impacto de diferentes fertilizantes sintéticos no metabolismo de plantas. Na agricultura convencional, os fertilizantes frequentemente tem nitrogênio mais disponível para as plantas, o que pode acelerar o crescimento e desenvolvimento dos cultivares e, conseqüentemente, diminuir a produção de metabólitos secundários nas plantas, tais como ácidos

orgânicos, polifenólicos, clorofila e aminoácidos. A segunda hipótese considera a resposta das plantas ao estresse ambiental como o ataque de insetos, ervas daninhas e outros patógenos, que em decorrência das práticas orgânicas proibirem o uso de pesticidas, levariam a planta a aperfeiçoar sua defesa com a síntese de seus próprios mecanismos de defesa químicos (Winter e Davis, 2007). O aumento de antioxidantes, como polifenóis tem sido atribuído à produção de defesa da planta (Asami *et al.*, 2003).

Morangos orgânicos apresentaram maior atividade anti-proliferativa, *in vitro*, contra câncer de cólon e de mama do que os convencionais (Olsson *et al.*, 2006). Entretanto, outro estudo *in vivo* não demonstrou diferenças nos níveis plasmáticos de vitamina C e licopeno em humanos quando consumiram purê de tomate de origem orgânica e convencional, por três semanas, apesar do teor de vitamina C em tomates orgânicos e de vitamina C e polifenóis no purê de tomate orgânico ter sido maior que nos convencionais (Caris-Veyrat *et al.*, 2004).

Estudos realizados por Woese *et al.* (1997); Worthington (2001); Bourn e Prescott (2002) e Williams (2002) indicam que a composição de produtos orgânicos não difere significativamente dos convencionais. Williams (2002) concluiu que estes estudos mostraram algum aumento do conteúdo de micronutrientes em alimentos orgânicos, mas considerou que esta pequena diferença não parece ter implicações na saúde dos consumidores.

Cientistas da *Newcastle University*, na Grã-Bretanha, analisaram frutas, legumes e rebanhos orgânicos e não-orgânicos cultivados ou criados lado a lado em vários pontos da Europa, durante os anos de 2005 a 2007. O estudo indica, até o momento, que o trigo, o tomate, a batata, o repolho, a cebola e a alface orgânicos contêm entre 20 e 40% mais nutrientes do que seus equivalentes não-orgânicos, embora a *Food Standards Agency* (FSA), a entidade britânica que oferece informações e aconselhamento sobre alimentos, afirme que ainda não há evidências científicas de que os alimentos orgânicos sejam mais seguros ou contenham mais nutrientes do que os convencionais (Agrolink, 2007).

Embora os alimentos orgânicos sejam, muitas vezes, considerados com maior qualidade nutricional que os correspondentes convencionais, os resultados apresentados por diversos estudos que objetivaram comparar o conteúdo de nutrientes de alimentos produzidos pelo sistema de manejo orgânico e convencional são, até o momento, discordantes e inconclusivos. Uma série de fatores afeta o



conteúdo de vitaminas e minerais nos vegetais, o que torna cada vez mais difícil afirmar o efeito das práticas de cultivo agrônômico no valor nutricional destes alimentos (Finesilver *et al.*, 1989). Desta forma, mais pesquisas devem ser realizadas para esclarecer esta suposição e avaliar o potencial nutricional destes produtos (Carbonaro *et al.*, 2002), particularmente para o setor de fruticultura, em decorrência da escassez de dados científicos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Quanto ao impacto ambiental e às questões sociais, que se relacionam à saúde dos agricultores e dos consumidores, em decorrência principalmente do uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos sintéticos pelo sistema de cultivo convencional, conclui-se que a produção orgânica traz benefícios ambientais, minimizando a contaminação dos solos e da água, e principalmente não prejudicando a saúde humana.

A popularidade de alimentos orgânicos tem crescido consideravelmente, apesar de o mercado ser incipiente, uma vez que a venda de alimentos orgânicos constituem apenas 2% do total de vendas alimentícias. Os consumidores de alimentos orgânicos destacam como pontos mais relevantes, a não utilização de agrotóxicos e de organismos transgênicos, de estimulantes de crescimento sintéticos e de antibióticos, o uso restrito de aditivos em alimentos processados, a segurança alimentar e a qualidade nutricional. Entretanto, os fatores mais limitantes para este consumo são o preço e a disponibilidade no mercado.

Contudo, é prematuro concluir que um sistema de produção seja superior ao outro no que diz respeito à composição nutricional. Ainda não se tem um atestado da comunidade científica de que alimentos orgânicos sejam mais nutritivos que os convencionais. A maioria dos resultados encontrados em diversos estudos, quanto ao conteúdo de nutrientes em hortaliças produzidas orgânica ou convencionalmente são inconclusivos e discordantes. A fruticultura orgânica, ainda incipiente, mostra a escassez de dados científicos de composição nutricional de frutas entre os dois sistemas de cultivo.

Assim, percebe-se a necessidade de maior preocupação das instituições de pesquisa e maior investimento do governo nesta área. Contudo, é importante ressaltar que para as devidas comparações de valor nutricional de alimentos orgânicos e convencionais as pesquisas precisam ser experimentalmente válidas, controlando

fatores como variedade dos vegetais, condições climáticas, práticas de cultivo, principalmente insumos utilizados em cada sistema de produção, práticas de colheita e pós-colheita. De maneira geral, no sistema de produção orgânica pode haver uma maior viabilidade ambiental e socioeconômica em relação ao cultivo convencional, o que não implica, necessariamente, na melhoria do seu valor nutricional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrolink. Alimento orgânico é melhor para saúde. 2007. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/clipping/jr.aspx?cn=106474&ul=128078&cid=5416&rt=1&cnd=0&tv=1>>. Acesso em: 30 out. 2007.

Anuário Brasileiro de Fruticultura 2007. Editora Gazeta Santa Cruztda, Santa Cruz do Sul (RS). Disponível em: <[http://www.anuarios.com.br/port/anuario\\_capa.php?idAnuario=8](http://www.anuarios.com.br/port/anuario_capa.php?idAnuario=8)>. Acesso em: 07 nov. 2007.

Araújo, A.S.F.; Santos, V.B.; Monteiro, R.T.R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European Journal of Soil Biology*, p.1-6, 2007 (in press).

Archanjo, L.R.; Brito, K.F.W.; Sauerbeck, S. Os alimentos orgânicos em Curitiba: consumo e significado. *Cadernos de Debate*, v.8, p.1-6, 2001.

Asami, D.K.; Hong, Y.J.; Barrett, D.M.; Mitchell, A.E.. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.1237-1241, 2003.

Assis, R.L.de; Romeiro, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v.6, p.67-80, 2002.

Azevedo, E. de. *As relações entre qualidade de vida e agricultura familiar orgânica: da articulação de conceitos a um estudo exploratório*. Florianópolis, 2004. 123p. Dissertação (Pós-Graduação em Agroecossistemas). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Azevedo, E. de. *Alimentos orgânicos: ampliando os conceitos de saúde humana, ambiental e social*. Florianópolis: Insular, 2003. 200p.

Baker, B.P.; Benbrook, C.M.; Groth, E.; Benbrook, K.L. Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Additives and Contaminants*, v.19, n.5, p.427-446, 2002.

Biotecnologia. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br>>. Acesso em: 25 out. 2007.

Borges, A.L.; Fancelli, M.; Ritzinger, C.H.S.P.; Reinhardt, D.H.; Silva, M.N.B.; Trindade, A.V.; Souza, L.S. Aspectos gerais da produção orgânica de frutas. In: Stringheta, P.C.; Muniz, J.N. (Ed). *Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação*. Viçosa: UFV, 2003. 452p.

Borges, A.L.; Souza, L.S. Produção Orgânica de Frutas - Comunicado Técnico. *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, Cruz das Almas-BA, n.113, p.1-4, 2005.

Borguini, R.G. *Tomate (Lycopersicum esculentum Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor*. Piracicaba, 2002. 127p. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Bourn, D.; Prescott, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.42, n.1, p.1-34, 2002.

Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Instrução Normativa n° 007 de 17 de maio de 1999*. Estabelece normas para produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, n.94, p.11, 19 de maio de 1999.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Decreto n° 6323 de 27 de dezembro de 2007*. Regulamenta a Lei n° 10831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 27 de dezembro de 2007.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Lei Federal n° 10831 de 23 de dezembro de 2003*. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, seção 1, p.8, 24 de dezembro de 2003.

Camargo Filho, W.P.de; Camargo, F.P.de; Camargo, A.M.M.P.de; Alves, H.S. Algumas considerações sobre a construção da cadeia de produtos orgânicos. *Informações Econômicas*, v.34, n.2, p.55-69, 2004.

Canavari, M.; Bazzani, G.M.; Spadoni, R.; Regazzi, D. Food safety and organic fruit demand in Italy: a survey. *British Food Journal*, v.104, n.3/4/5, p.220-232, 2002.

Carbonaro, M.; Mattera, M; Nicoli, S.; Bergamo, P.; Cappelloni, M. Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (Peach, *Prunus persica* L., and Pear, *Pyrus communis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, p.5458-5462, 2002.

Caris-Veyrat, C.; Amiot, M.J.; Tyssandier, V.; Grasselly, D.; Buret, M.; Mikolajczak, M. *et al.* Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52, p.6503-6509, 2004.

Castro, R.L.de; Casali, V.W.D; Cruz, C.D.; Barbosa, M.H.P.; Gemeli Júnior, L. Comportamento de dez cultivares de morangueiro em cultivo orgânico. 2006. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 14 ago. 2007.

CEE. Comunidade Econômica Européia. *Lei CEE n° 2092/91*. Produção biológica de produtos agrícolas. CEE, 24 de junho de 1991.

Cerveira, R. *Agroecologia & desenvolvimento: estudo de caso do grupo Curupira, Jaboti-PR*. São Paulo, 2002. 105p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Chen, M-F. Consumer attitudes and purchase intentions in relation to organic foods in Taiwan: moderating effects of food-related personality traits. *Food Quality and Preference*, v.18, p.1008-1021, 2007.

Conklin, N.C.; Thompson, G. Product Quality in Organic and Conventional Produce: Is There Difference? *Agribusiness*, v.9, n.3, p.295-307, 1993.

Couto, E.X.; Hyun, M.J.; Ioshida, P.L.K.; Oliveira, L.H.de. Caracterização, descrição e análise da cadeia produtiva de frutas orgânicas no Estado de São Paulo. *Jovens pesquisadores*, ano 3, n.5, p.71-87, 2006.

Darolt, M.R. *Agricultura orgânica: inventando o futuro*. Londrina: IAPAR, 2002. 250p.

Darolt, M.R. Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e a do convencional. In: Stringheta, P.C.; Muniz, J.N. (Ed). *Alimentos Orgânicos: produção, tecnologia e certificação*. Viçosa: UFV, 2003. 452p.

Davis, D.R.; Epp, M.D.; Riordan, H.D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *Journal of the American College of Nutrition*, v.23, p.669-682, 2004.

Dulley, R.D. A agricultura orgânica, biodinâmica, natural, agroecológica ou ecológica? *Informações Econômicas*, v.33, n.10, p.96-99, 2003.

Eggert, F.P.; Kahrman, C.L. Response of three vegetable crops to organic and inorganic nutrient sources. In: Kral, D.M. (Ed). *Organic farming: current technology and its role in sustainable agriculture*. Madison, USA, 1984.

EPUB. Disponível em: <<http://www.epub.org.br/comciencia>>. Acesso em: 25 out. 2007.

FAO. Committee on Agriculture. Organic Agriculture. Rome, 25-29 jan. 1999. Disponível em <[http://www.fao.org/unfao/bodies/coag/Coag15/X0075E.htm#P86\\_4004](http://www.fao.org/unfao/bodies/coag/Coag15/X0075E.htm#P86_4004)>. Acesso em: 25 out. 2007.

FAO/OMS. 1999. El codex alimentarius: directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Disponível em <[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em: 05 nov. 2007.

Feiden, A.; Silva, D.J.da. Alimentos orgânicos: melhor para vida. Embrapa Pantanal, 2006. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 14 ago. 2007.

Finesilver, T.; Johns, T.; Hill, S.B. Comparison of food quality of organically versus conventionally grown plant foods. Quebec: Ecological Agriculture Projects, McGill University. 1989. Disponível em: <[www.eap.mcgill.ca/Publications/EAP38.htm](http://www.eap.mcgill.ca/Publications/EAP38.htm)> Acesso em: 11 nov. 2007.

Hakala, M.; Lapveteläinen, A.; Huopalahti, R. Kallio, H.; Tahvonen, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.16, p.67-80, 2003.

IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements. Normas básicas para produção e processamento de alimentos orgânicos. Disponível em: <<http://www.ifoam.org>>. Acesso em: 25 out. 2007.

Instituto Biodinâmico (IBD). A agricultura orgânica no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibd.com.br/News\\_Detalhe.aspx?idnews=4](http://www.ibd.com.br/News_Detalhe.aspx?idnews=4)>. Acesso em: 09 nov. 2007.

Ismail, A.; Fun, C.S. Determination of vitamin C,  $\beta$ -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. *Mal Journal Nutrition*, v.9, n.1, p.31-39, 2003.

Leclerc, J.; Miller, M.L.; Joliet, E.; Rocquelin, G. Vitamin and mineral contents of carrot and celeriac grown under mineral or organic fertilization. *Biological Agriculture and Horticulture*, v.7, p.339-348, 1991.

Malavolta, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

Marschner, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 674p.

Mercadante, A.Z.; Rodriguez-Amaya, D.B. Carotenoid composition of a leafy vegetable in relation to some agricultural variables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.39, p.1094-1097, 1991.

Mukherjee, A.; Speh, D.; Dyck, E.; Diez-Gonzalez, F. Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* 0157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *Journal of Food Protection*, v.67, p.894-900, 2004.

Neves, M.C.P.; Almeida, D.L.de; De-Polli, H.; Guerra, J.G.M.; Ribeiro, R.deL.D. *Agricultura orgânica: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis*. Seropédica: EDUR, 2004. 98p.

Nuñez, M.A. *Manual de práticas agroecológicas*. México: PNUMA, 2000. 94p.

Olsson, M.E.; Andersson, C.S.; Oredsson, S.; Berglund, R.H.; Gustavsson, K.-E. Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation in vitro by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.54, p.1248-1255, 2006.

- Organic Monitor. Global sales of organic food & drink approaching \$40 billion. 2006. Disponível em <<http://www.organicmonitor.com/700240.htm>>. Acesso em: 26 out. 2007.
- Pelinski, A.; Guerreiro, E. Os benefícios da agricultura orgânica em relação à convencional: Ênfase em produtos selecionados. *Publ UEPG Ci Hum, Ci Soc Apl, Ling, Letras e Artes*, v.12, n.2, p.49-72, 2004.
- Penteado, S.R. *Introdução à agricultura orgânica*. Campinas: Grafimagem. 2000.
- Pussemier, L.; Larondelle, Y.; Peteghem, C.V.; Huvghebaert, A. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control*, v.17, p.14–21, 2006.
- Saba, A.; Messina, F. Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. *Food Quality and Preference*, v.14, p.637-645, 2003.
- Shepherd, R.; Magnusson, M.; Sjöden, P-O. Determinants of consumer behavior related to organic foods. *Ambio*, v.34, n.4-5, p.352-359, 2005.
- Smith, B.L. Organic foods vs supermarket foods: elemental levels. *Journal of Applied Nutrition*, v.45, p.35-39, 1993.
- Souza, A.P.O.; Alcântara, R.L.C. Alimentos orgânicos: estratégias para o desenvolvimento do mercado. In: Neves, M.F.; Castro, L.T. (Org.). *Marketing e estratégia em agronegócios e alimentos*. São Paulo: Atlas, p.332-347, 2003.
- Spers, E.E.; Kassouf, A.L. A abertura de mercado e a preocupação com a segurança dos alimentos. *Higiene Alimentar*, v.10, n.46, p.16-26, 1996.
- Svec, L.F.; Thoroughgood, C.A.; Hyp Chung, S.M. Chemical evaluation of vegetables grown with conventional or organic soil amendments. *Communication Soil Science Plant Analysis*, v.7, p.213, 1976.
- Torjusen, H.; Lieblein, G.; Wandel, M.; Francis, C.A. Food system orientation and quality perception among consumers and producers of organic food in Hedmark Country, Norway. *Food Qual Preferences*, v.12, p.207-216, 2001.
- Trewavas, A. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potencial environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, v.23, p.757-781, 2004.

- Trivellato, M.D.; Freitas, G.B. Panorama da agricultura orgânica. In: Stringheta, P.C.; Muniz, J.N. (Ed). *Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação*. Viçosa: UFV, 2003. 452p.
- Urrestarazu, M.; Postigo, A.; Salas, M.; Sánchez, A.; Carrasco, G. Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. *Journal of Plant Nutrition*, v.21, n.8, p.1705-1714, 1998.
- Walker, R. Avaliação dos níveis aceitáveis de ingestão. In: Seminário Nestlé Nutrition, 44, 1998, Vevey. Anais, Suíça, p.21-23, 1998.
- Walker, R. Nitrates, nitrites and Nnitrosocompounds - review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives and Contaminants*, v.7, n.6, p.717-768, 1990.
- Wandel, M.; Bugge, A. Environmental concern in consumer evaluation of food quality. *Food Quality and Preference*, v.8, p.19-26, 1997.
- Warman, P. R.; Havard, K. A. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabagge. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.61, p.155-162, 1997.
- Williams, C.M. Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? *Proceedings of the Nutrition Society*, v.61, p.19-24, 2002.
- Winter, C.K.; Davis, S.F. Are organic foods healthier? *CSA News*, v.52, n.4, p.2-13, 2007.
- Woese, K.; Lange, D.; Boess, C.; Bogl, K.W. A comparison of organically and conventionally grown foods - Results of a review of the relevant literature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.74, p.281-293, 1997.
- Worthington, V. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, v.7, p.161-173, 2001.
- Yussefi, M.; Willer, H. (Eds). The world of organic agriculture: more than 31 million hectares worldwide, 2006. Disponível em: <<http://www.ifoam.org>>. Acesso em: 25 out 2007.



Zanoli, R.; Naspetti, S. Consumer motivations in the purchase of organic food: a means-end approach. *British Food Journal*, v.104, p.643–653, 2002.

## **ARTIGO 2**

### **VITAMINA C E CAROTENÓIDES EM FRUTAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS**

## **RESUMO**

Grande parte da população acredita que alimentos orgânicos apresentam melhor qualidade nutricional que os convencionais. O objetivo desta pesquisa foi investigar e comparar o conteúdo de vitamina C (ácido ascórbico-AA e ácido desidroascórbico-ADA) e carotenóides (licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno) em manga Palmer, caqui Rama Forte, acerola Olivier e morango Oso Grande, produzidos orgânica e convencionalmente. A análise dos componentes foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). O teste t de Student ( $\alpha=5\%$ ) foi aplicado para verificar a existência de diferenças entre os sistemas de cultivo agrônômicos. Não houve comprovação da superioridade dos componentes para todas as frutas provenientes do cultivo orgânico; apenas acerola e manga orgânicas mostraram maior conteúdo de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Caqui, morango e acerola convencionais foram estatisticamente superiores quanto ao teor de ADA, de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Entretanto, não existem dúvidas de que há necessidade de maior atenção para a questão da saúde pública e ambiental quanto aos danos causados pelo cultivo convencional. Todas as frutas analisadas, tanto orgânicas quanto convencionais, foram consideradas excelentes fontes de vitamina C para a população, além de contribuir para adequação nutricional de vitamina A. Merece destaque a acerola, que mostrou-se extremamente rica em vitamina C e a mais importante fonte de provitamina A, e o caqui, que mostrou ser boa fonte de licopeno.

**Palavras-chave:** cultivo orgânico, cultivo convencional, fruticultura, ácido ascórbico e desidroascórbico, provitamina A, vitaminas antioxidantes.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o nível de conhecimento e a preocupação dos consumidores a respeito da qualidade, segurança alimentar e proteção ambiental têm determinado um aumento da demanda por alimentos orgânicos (Carbonaro *et al.*, 2002; Magkos *et al.*, 2006). De acordo com o Codex Alimentarius, a agricultura orgânica é um sistema holístico de manejo da produção, que promove a saúde e o desenvolvimento sustentável nos agroecossistemas, observando a biodiversidade, os ciclos biológicos e a atividade biológica no solo, se opondo ao uso de defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos (FAO, 1999).

Alimentos orgânicos têm, a cada dia, ganhado mais popularidade entre consumidores, profissionais de saúde, agricultores e mercadistas (Ismail e Fun, 2003). Aparentemente existe uma percepção generalizada pela população de que alimentos orgânicos são mais saudáveis, saborosos e nutritivos quando comparados àqueles produzidos de maneira convencional (Williams, 2002; Saba e Messina, 2003; Ismail e Fun, 2003; Araújo *et al.*, 2007). No entanto, não existem evidências científicas que afirmem ou refutem esta afirmação (Magkos *et al.*, 2006), uma vez que muitos dados comparativos dos dois sistemas são inadequados, devido à heterogeneidade do material e de metodologia de pesquisa (Kumpulainen, 2001).

Atualmente são diversos os alimentos produzidos no sistema orgânico. O segmento da fruticultura orgânica embora ainda não esteja completamente evoluído, tem crescido significativamente nos últimos anos (Borges e Souza, 2005).

As frutas são excelentes fontes de vitaminas antioxidantes, além de outras vitaminas, minerais, flavonóides e fitoquímicos (Ismail e Fun, 2003). A vitamina C é um dos mais importantes antioxidantes encontrado em frutas e hortaliças (Odrizola-Serrano *et al.*, 2007), juntamente com os carotenóides. Dados de estudos epidemiológicos mostram uma associação inversa entre a ingestão de frutas e hortaliças e a incidência de diversas doenças, tais como as cardiovasculares, oftalmológicas, gastrointestinais, desordens neurodegenerativas e alguns tipos de câncer (Van Duyn e Pivonka, 2000). Tem sido sugerido inclusive que a interação entre diferentes compostos antioxidantes em alimentos, como vitaminas C e E, e carotenóides, principalmente licopeno e  $\beta$ -caroteno, exibe efeito sinérgico contra radicais livres e, conseqüente, proteção da saúde (Stahl e Sies, 2005), sendo, portanto, recomendado e preferível a ingestão de antioxidantes naturais à suplementação artificial (Carpenter, 2006).

A vitamina C é uma das mais importantes vitaminas para nutrição humana (Barata-Soares *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2006). Sabe-se que mais de 90% da vitamina C da dieta humana é suprida por frutas e hortaliças (Wills *et al.*, 1984; Lee e Kader, 2000), além de importante também para a indústria de alimentos, sendo muito utilizada como aditivo em alimentos processados (Rios e Penteado, 2003). Sua principal forma biologicamente ativa é o ácido L-ascórbico. Contudo, sua forma reversivelmente oxidada, o ácido desidroascórbico, também apresenta atividade vitamínica (Deutsch, 2000; Lee e Kader, 2000; Gökmen *et al.*, 2000), o que demonstra a necessidade de sua determinação em alimentos para a estimativa do valor de vitamina C total.

A vitamina C atua como um excelente antioxidante no organismo devido à sua capacidade de eliminar diferentes espécies de radicais livres mantendo a integridade das membranas de células dos organismos aeróbios (Barata-Soares *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2006). Smirnoff (1996) relatou a importância da vitamina C na biossíntese de aminoácidos, na oxidação da fenilalanina e da tirosina, na conversão de folacina em ácido tetra-hidrofolico, na formação da adrenalina e detoxicação do fígado. Além de estar envolvida com o crescimento e divisão celular, e como cofator para muitas enzimas (Lee e Kader, 2000). Estudos indicam que altas doses de ácido ascórbico podem prevenir mutações em DNA de humanos, causadas por estresse oxidativo, como observado em células humanas *in vitro* (Lutsenko *et al.*, 2002).

Os carotenóides têm um importante potencial antioxidante, estando envolvidos no seqüestro de duas espécies de oxigênio reativas, a molécula de oxigênio *singlet* e os radicais peroxila (Tapiero *et al.*, 2004; Stahl e Sies, 2005). O licopeno é considerado o carotenóide com maior poder antioxidante e seqüestrante do oxigênio *singlet* (Shami e Moreira, 2004), seguido pelo  $\beta$ -caroteno (Miller *et al.*, 1996). Além disso, apresentam atividade preventiva contra diversos tipos de câncer (Carpenter, 2006), induz e estimula a comunicação intercelular via junção *gap*, regulando o crescimento celular, a diferenciação e a apoptose (Tapiero *et al.*, 2004). Apresentam papel protetor contra a degeneração macular relativa à idade (Stahl e Sies, 2005) e contra oxidação da *Low Density Lipoprotein* (LDL), prevenindo aterosclerose e doenças coronarianas (Tapiero *et al.*, 2004; Kaliora *et al.*, 2006). Um dos papéis mais importantes dos carotenos, especialmente do  $\beta$ -caroteno, é sua atividade provitamínica A (Rodriguez-Amaya, 1989).

A vitamina A é essencial para o crescimento, desenvolvimento embrionário e função visual (Stahl e Sies, 2005). A deficiência de vitamina A é considerada um problema grave em mais de sessenta países, principalmente nas regiões mais pobres do globo. No Brasil, é um problema de saúde pública, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, e está associada com uma ingestão limitada de alimentos fontes de vitamina A e de suas provitaminas (Milagres *et al.*, 2007). Estratégias de combate à deficiência de vitamina A em países em desenvolvimento são baseadas na ingestão de alimentos ricos em carotenóides provitamínicos (Gibson e Hotz, 2001).

Atualmente, é reconhecido que dietas ricas em frutas e hortaliças protegem contra muitas doenças crônicas não transmissíveis por serem fontes de compostos antioxidantes, tais como os carotenóides e a vitamina C. Desta forma, uma determinação precisa e específica de conteúdo destes nutrientes em frutas é extremamente importante para entender a relação entre ingestão dietética e saúde humana (Gökmen *et al.*, 2000; Hernández *et al.*, 2006), avaliar a adequação nutricional de dietas e atualizar os bancos de dados de composição de alimentos (Meléndez-Martínez *et al.*, 2007). Contudo, é importante ressaltar que uma série de fatores pode afetar o conteúdo de vitaminas em frutas, como variedade do vegetal, estágio de maturação, incidência de luz solar, condições climáticas, local e condição de cultivo, efeito de agroquímicos, tipo de solo, presença de danos à estrutura do vegetal, condições de colheita, armazenamento e transporte (Olson, 1999, Amaya-Farfan, 1999; Lee e Kader, 2000; Rodriguez-Amaya, 2001; Franke *et al.*, 2004; Rosso e Mercadante, 2005).

Poucos estudos têm investigado a composição nutricional de frutas produzidas orgânica e convencionalmente, embora haja uma necessidade de informação relacionada aos possíveis perigos e, ou benefícios à saúde pelo consumo de alimentos de ambas as origens (Magkos *et al.*, 2006).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi investigar e comparar o conteúdo de vitamina C (ácido ascórbico e desidroascórbico) e carotenóides (licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno) em quatro frutas, comumente consumidas pela população, produzidas através do sistema de cultivo orgânico e convencional.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Reagentes e outros materiais

Foram utilizados os seguintes reagentes grau HPLC: metanol (Tedia, USA), acetonitrila (Vetec, Brasil), acetato de etila (Mallinckrodt, USA), ditioneitol (DTT) (Sigma Aldrich, Alemanha) e ácido acético (Vetec, Brasil). A água ultrapura foi produzida em sistema Milli-Q<sup>®</sup> (Millipore, USA). Utilizou-se reagentes com grau de pureza para análise (p.a.): ácido metafosfórico (AMP) (Merck, Alemanha), ácido sulfúrico (Mallinckrodt, USA), tampão Trizma (Nuclear, Brasil), sal etilenodiaminotetraacético (EDTA), ácido fosfórico (Proquímios, Brasil), fosfato de sódio monobásico (Synth, Brasil), acetona, éter de petróleo, éter etílico, sulfato de sódio anidro, celite e óxido de magnésio. O padrão de ácido L-ascórbico foi adquirido da Vetec (Brasil). Os padrões de licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram isolados por cromatografia de coluna aberta. A filtração das amostras foi realizada em papel de filtro, e antes da injeção, as amostras e soluções padrão foram filtradas em unidades filtrantes HV Millex, em polietileno, 0,45  $\mu$ m de porosidade (Millipore, Brasil).

### 2.2 Matéria-prima

Manga (*Mangifera indica* L., var. Palmer), caqui (*Diospyros kaki* L., var. Rama Forte), acerola (*Malpighia punicifolia* L., var. Olivier) e morango (*Fragaria vesca* L., var. Oso Grande) foram obtidas da empresa paulista Kórin Agricultura Natural Ltda, sediada na cidade de Atibaia-SP. As frutas foram cultivadas por meio de sistema de produção orgânico e convencional, na mesma região geográfica (Atibaia-SP), sob mesmas condições climáticas e colhidas na época de safra de cada uma delas, no decorrer do ano de 2007. As frutas orgânicas possuíam certificação conferida pela certificadora Motika Okada (CMO). As frutas foram colhidas “parcialmente maduras”, em estágio de comercialização, sendo devidamente acondicionadas em caixas de papelão, protegidas contra choques, transportadas por via terrestre e no prazo de 48 horas pós-colheita, chegavam ao Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Viçosa-MG. Cada tipo de fruta, orgânica e convencional, foi analisada no mesmo estágio de maturação, definido visualmente pela coloração da casca.

### 2.3 Preparação das amostras

Foram coletados 2 kg de manga e caqui do tratamento orgânico e do convencional. Após o recebimento, cada amostra proveniente de cada tratamento foi subdividida à metade, sendo que 1 kg foi destinado à análise de vitamina C no mesmo dia, e 1 kg de fruta foi armazenado em geladeira, em temperatura de aproximadamente 10 °C, para o preparo da amostra e análise de carotenóides no dia seguinte. Para acerola e morango, foi coletado 1 kg do tratamento orgânico e do convencional, sendo o preparo realizado como descrito acima. Manga, caqui, acerola e morango foram lavados em água corrente e, em seguida, foram removidas as partes não comestíveis. As frutas foram, então, picadas e homogeneizadas em um multiprocessador por 5 minutos até completa homogeneização da amostra, garantindo uma amostragem mais significativa.

### 2.4 Extração de vitamina C e carotenóides

A extração da vitamina C nas frutas foi realizada conforme metodologia descrita por Campos (2006). A amostra previamente homogeneizada foi pesada (cerca de 1g) e adicionada de 15 mL de solução extratora composta por ácido metafosfórico 3 %, ácido acético 8 %, ácido sulfúrico 0,3 N e EDTA 1 mM. Em seguida, a amostra foi triturada em microtriturador por 5 minutos e filtrada a vácuo, em papel de filtro. O filtrado foi diluído com água ultrapura até volume de 25 mL em balão volumétrico e centrifugado por 15 minutos a 4000 rpm. O sobrenadante foi armazenado em geladeira (cerca de 5°C) para análise cromatográfica.

A extração dos carotenóides foi realizada segundo Rodriguez *et al.* (1976), com algumas modificações. Cerca de 1 g de manga, caqui e acerola e 5 g de morango previamente homogeneizados foram triturados com acetona resfriada (60 mL), filtradas a vácuo em funil de Büchner, e posteriormente, transferidas para éter de petróleo resfriado (50 mL). A concentração do extrato foi feita em evaporador rotativo, na faixa de temperatura entre 35 e 37 °C. Em seguida, os carotenóides foram dissolvidos em 25 mL de éter de petróleo, armazenados em frascos de vidro âmbar, em congelador (cerca de -5 °C), para análise cromatográfica.

Durante todo o processo de análises químicas, as amostras foram mantidas sob proteção da luz, pela utilização de vidrarias âmbar e papel alumínio.



### *2.5 Isolamento dos padrões de licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno*

Os padrões de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram isolados de cenoura e o padrão de licopeno foi isolado de tomate, por cromatografia de coluna aberta, conforme descrição de Rodriguez-Amaya (2001).

Para separação de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, cerca de 20 g de cenoura foram triturados com acetona e posteriormente transferidos para éter de petróleo. Foi utilizada coluna cromatográfica empacotada com óxido de magnésio e celite (1:2) e fase móvel composta por 2 % de éter etílico em éter de petróleo.

Para obtenção do padrão de licopeno cerca de 20 g de tomate foram preparados conforme descrito para separação dos carotenos. A coluna cromatográfica foi empacotada com óxido de magnésio e celite (1:1) e o recheio ativado por 4 horas a 110°C. As fases móveis utilizadas continham concentrações crescentes de éter etílico em éter de petróleo (2 a 5 %) e concentrações crescentes de acetona em éter de petróleo (2 a 100 %). Para retirada total do licopeno foi utilizada uma solução de 10 % de água em acetona.

Os parâmetros usados para confirmar a identificação dos padrões foram: ordem de eluição das frações na coluna, coloração dos pigmentos eluídos, tempo de retenção em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e espectros de absorção característicos. A pureza das soluções foi verificada por CLAE e a quantificação foi realizada por espectrofotometria, baseando-se na absorvância máxima, segundo a lei de Lambert-Beer. Os coeficientes de absorvidade utilizados, em éter de petróleo, foram 2800 para  $\alpha$ -caroteno, 2592 para  $\beta$ -caroteno e 3450 para licopeno. Os comprimentos de onda de máxima absorção foram:  $\alpha$ -caroteno, 443 nm;  $\beta$ -caroteno, 450 nm e licopeno, 469 nm (Rodriguez-Amaya, 1989).

### *2.6 Construção das curvas padrão*

A solução padrão estoque de ácido ascórbico (AA) (1 mg/mL) foi preparada em água ultrapura e as soluções com concentrações crescentes para construção da curva padrão foram preparadas pela diluição da solução estoque em solução extratora. A construção da curva padrão de AA foi realizada de acordo com a concentração do teor vitamínico nas amostras. Para as amostras de manga, caqui e morango, utilizou-se injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes de solução padrão, entre 16,48 e 52,30  $\mu$ g/mL; para acerola, utilizou-se injeção, em

duplicata, de cinco concentrações crescentes de solução padrão, entre 52,30 e 2275 µg/mL.

Para construção da curva padrão de  $\alpha$ -caroteno foi feita injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes de solução padrão, entre 0,0019 e 0,2280 µg/mL. Para a curva padrão de  $\beta$ -caroteno foi injetado, em duplicata, cinco concentrações crescentes de solução padrão, entre 0,0275 e 2,13 µg/mL, para as amostras de caqui, acerola e morango; e entre 0,2867 e 5,054 µg/mL, para manga. A curva-padrão de licopeno foi construída pela injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes de soluções padrão, entre 0,1154 e 0,7690 µg/mL.

### 2.7 Determinação de ácido ascórbico e carotenóides

A análise dos compostos nas frutas foi feita por CLAE. O sistema de cromatografia líquida (Shimadzu, modelo SCL 10AT VP) empregado para análise de ácido ascórbico e carotenóides foi composto de bomba de alta pressão, modelo LC-10AT VP; injetor automático com “loop” de 50 µl, modelo SIL-10AF; detector UV-visível (arranjo de diodos), modelo SPD-M10A. O sistema foi controlado pelo “software” Multi System, Class VP 6.12.

Para análise de AA, empregou-se a metodologia otimizada por Campos (2006). Utilizou-se fase móvel composta por solução de fosfato de sódio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) 1 mM e EDTA 1 mM, pH ajustado para 3,0 com ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), fluxo de 1 mL/min, eluição isocrática, coluna Lichospher 100 RP18, 250 x 4 mm, 5 µm (Merck, Alemanha). A leitura dos cromatogramas foi feita usando detecção a 245 nm.

A análise de carotenóides baseou-se nas condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant'Ana *et al.* (1998), com algumas modificações: fase móvel composta por metanol, acetato de etila e acetonitrila, na proporção de 50: 40: 10, exceto para manga (70: 20: 10), eluída isocraticamente a um fluxo de 2 mL/min; Coluna Phenomenex C18, 5 µm, 250 x 4,6 mm munida de coluna de guarda Phenomenex ODS (C18), 4 x 3 mm. A leitura dos cromatogramas foi feita usando detecção a 443, 450 e 469 nm, para  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno e licopeno, respectivamente.

A identificação do AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno nas amostras foi realizada por comparação dos tempos de retenção obtidos das amostras com os obtidos para os respectivos padrões analisados sob as mesmas condições, e pela comparação dos

espectros de absorção dos padrões e dos picos de interesse nas amostras, empregando-se o detector de arranjos de diodos.

### *2.8 Testes de recuperação e faixa de linearidade*

Testes de recuperação de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foram realizados pela adição de padrão às amostras de manga, caqui, acerola e morango na proporção de 20 a 100% do conteúdo médio original das amostras, sendo realizadas 3 repetições.

A determinação da faixa de linearidade foi feita pela injeção, em duplicata, de cinco concentrações crescentes das soluções padrão de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, utilizando as mesmas condições cromatográficas usadas para análise das amostras.

### *2.9 Conversão e quantificação do ácido desidroascórbico*

A quantificação do ácido desidroascórbico (ADA) nas frutas foi realizada por diferença entre o conteúdo de AA total (após a conversão do ADA a AA) e o conteúdo de AA original (antes da conversão do ADA). A conversão do ADA a AA foi realizada conforme metodologia descrita por Campos (2006), e adaptada para frutas. Adicionou-se a 1 mL do extrato proveniente das amostras solução tampão Trizma 0,5 M, contendo 40 mM de DTT (1,5 mL, para manga; 2,0 mL, para caqui e acerola; e 2,5 mL, para morango). A adição de tampão ao extrato elevou o pH para próximo à neutralidade (pH 5,5-6,0). A reação ocorreu em temperatura ambiente, ao abrigo da luz, durante 10 minutos. Depois de transcorrido esse tempo, adicionou-se à solução  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 M (0,5 mL para manga; 1,5 mL para caqui e acerola; e 2,0 mL para morango) com o intuito de reduzir novamente o pH antes da injeção cromatográfica.

### *2.10 Cálculo do valor de vitamina A*

O valor de vitamina A foi expresso em Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) por 100g de amostra, de acordo com os novos fatores de conversão para valor de vitamina A estabelecidos pelo Institute of Medicine (IOM, 2001). O IOM define que 1 RAE corresponde a 1  $\mu\text{g}$  de retinol ou 12  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno ou 24  $\mu\text{g}$  de outros carotenóides provitamínicos.

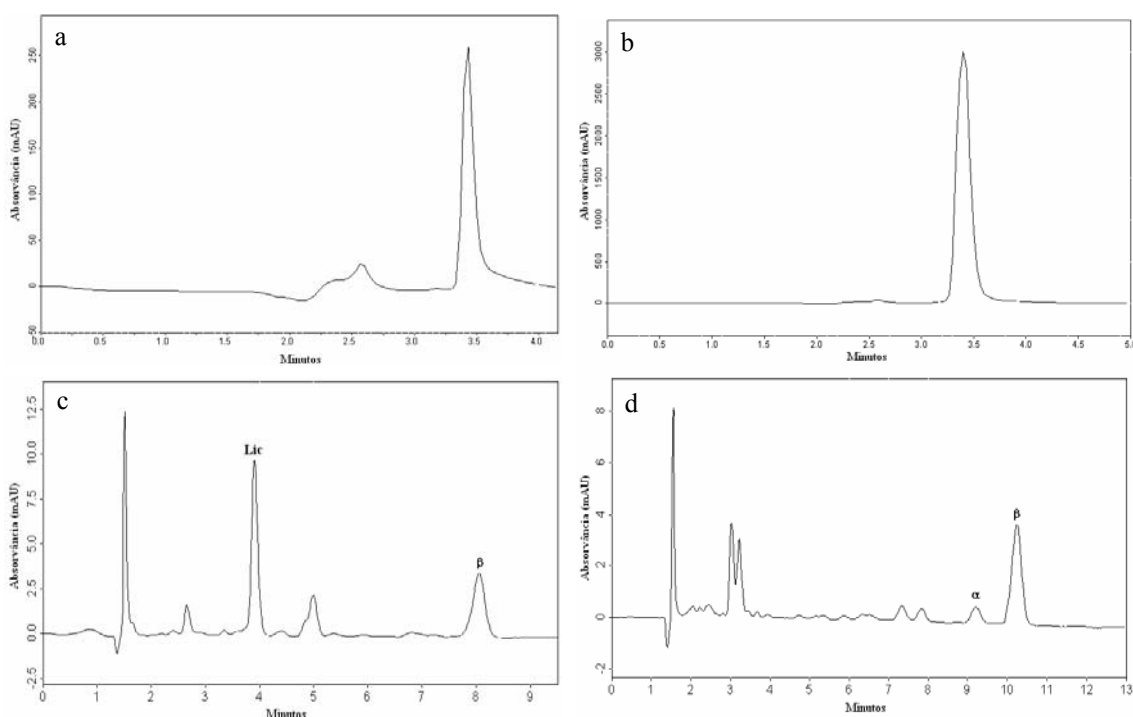
## 2.11 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (sistema de produção orgânico e convencional) e 6 repetições por tratamento. As amostras foram coletadas aleatoriamente durante o período de safra de cada uma das frutas. O teste t de ‘Student’ ( $\alpha=5\%$ ) foi aplicado utilizando procedimentos do SAS (*Statistical Analysis System*), versão 9.1, licenciado para a UFV.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Separação qualitativa dos compostos

A Figura 1 mostra cromatogramas típicos da análise de AA, licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno nas amostras de frutas.

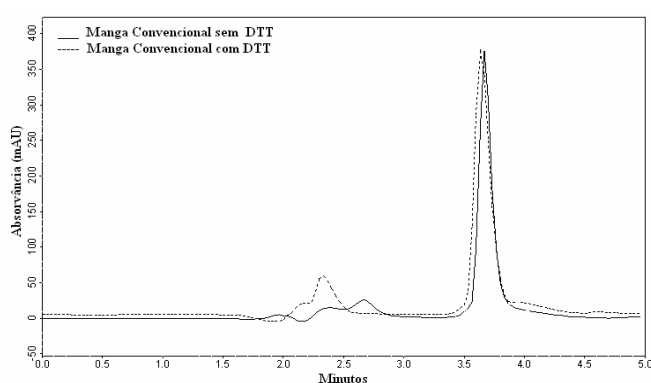


**Figura 1.** Análise por CLAE de AA em morango convencional (a) e em acerola orgânica (b); licopeno em caqui orgânico (c);  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno em manga convencional (d). Condições cromatográficas para AA: fase móvel composta por solução de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  1 mM e EDTA 1 mM, pH ajustado para 3,0 com  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , fluxo de 1 mL/min, coluna Lichospher 100 RP18, 5  $\mu\text{m}$ , 250 x 4 mm. Condições cromatográficas para carotenóides: fase móvel composta por metanol, acetato de etila e acetonitrila, na proporção de 50: 40: 10, exceto para manga (70: 20: 10), fluxo de 2 mL/min, coluna Phenomenex C18, 5  $\mu\text{m}$ , 250 x 4,6 mm.

AA e  $\beta$ -caroteno foram encontrados em todas as amostras de frutas, licopeno foi detectado apenas em caqui, e  $\alpha$ -caroteno, apenas em manga.

O efeito da conversão de ADA a AA (adição de DTT) para a quantificação do conteúdo de vitamina C total em amostra de fruta é mostrado na Figura 2. Os picos das amostras de manga convencional com e sem adição de DTT são praticamente coincidentes, vale ressaltar que para a quantificação de vitamina C total é necessário aplicar um fator de multiplicação devido à diluição da amostra pela adição de tampão Trizma e ácido sulfúrico.

O ADA foi detectado em todas as frutas analisadas, exceto em acerola convencional.



**Figura 2.** Análise de AA por CLAE de manga convencional com e sem adição de DTT. Condições cromatográficas: fase móvel composta por solução de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  1 mM e EDTA 1 mM, pH ajustado para 3,0 com  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , fluxo de 1 mL/min, coluna Lichospher 100 RP18, 5  $\mu\text{m}$ , 250 x 4 mm.

### 3.2 Faixa de linearidade e teste de recuperação

Todos os componentes apresentaram boa linearidade nas faixas de concentrações utilizadas (pesos injetados: AA, entre 0,204 e 113,75  $\mu\text{g}$ ; licopeno, entre 0,0012 e 0,0572  $\mu\text{g}$ ;  $\alpha$ -caroteno, entre 0,00011 e 0,0046  $\mu\text{g}$ ;  $\beta$ -caroteno, entre 0,0085 e 0,4905  $\mu\text{g}$ ). O coeficiente de determinação para AA foi 0,9975; para licopeno, 0,9932; para  $\alpha$ -caroteno, 0,9950; para  $\beta$ -caroteno, 0,9985.

Para manga, a recuperação média de AA,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno foi 98,6%; 102,6% e 107,2%, respectivamente. Para caqui, a recuperação média de AA, licopeno e  $\beta$ -caroteno foi 99,5%; 102,8% e 85,2%, respectivamente. Para acerola, a recuperação média de AA e  $\beta$ -caroteno foi 101% e 90,6%, respectivamente. Para morango, a recuperação média de AA e  $\beta$ -caroteno foi 95,7% e 97,7%, respectivamente.

### 3.3 Conteúdo de AA e ADA

Os conteúdos médios de AA e ADA encontrados nas amostras das frutas produzidas orgânica e convencionalmente são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Conteúdo médio de AA e ADA na porção comestível de frutas produzidas através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C)\* (resultados expressos em base úmida).

Conteúdo vitamínico	MANGA		CAQUI		ACEROLA		MORANGO	
	O	C	O	C	O	C	O	C
<b>AA</b> (mg/100g)	25,99 ± 5,52a	38,54 ± 14,26a	11,85 ± 0,48c	11,99 ± 0,33c	4023,39 ± 198,62f	2294,53 ± 125,62g	30,74 ± 3,68i	42,45 ± 4,78h
<b>ADA</b> (mg/100g)	6,71 ± 5,18b	6,92 ± 2,39b	0,96 ± 1,30e	7,50 ± 2,67d	739,45 ± 455,64**	nd	24,33 ± 3,34j	22,20 ± 3,42j

\* Média de 6 repetições ± desvio-padrão.\*\* Média de 4 repetições ± desvio-padrão. nd: não detectado. Médias seguidas pela mesma letra, na linha, para cada fruta, não são estatisticamente diferentes, pelo teste t de 'Student' (P>0,05).

O resultado encontrado quanto ao conteúdo médio de AA em manga convencional foi superior aos achados de Ribeiro (2006) [9,45 mg/100g de polpa de manga *Palmer* liofilizada e congelada]; de Franke *et al.* (2004) [15,4 mg/100g, variedade local]; de Frenich *et al.* (2005) [21,6 mg/100g, variedade não informada] e de Vinci *et al.* (1995) [25,32 mg/100g, variedade não informada]. Uma importante consideração é que percebeu-se que, neste estudo, as mangas convencionais foram mais resistentes ao amadurecimento do que as orgânicas, o que possivelmente se deveu à aplicação de produtos sintéticos para retardar o amadurecimento das frutas convencionais. Tratamentos químicos utilizados para garantir a firmeza dos frutos e reduzir a mudança de cor durante o armazenamento levariam ao aumento do conteúdo de AA (Lee e Kader, 2000). Sabe-se que o grau de maturação influencia de maneira negativa o conteúdo de vitamina C em manga (Lee e Kader, 2000; Hernández *et al.*, 2006), o que pode ter contribuído para o menor conteúdo encontrado nas mangas orgânicas. Durante o amadurecimento de alguns frutos, muitas reações ocorrem como mudança de cor, síntese de açúcar e destruição da parede celular. Todos estes fenômenos podem causar estresse tecidual, o que requereria ação antioxidante, especialmente pelo ascorbato, prevenindo destruição celular. É concebível que, devido a este estresse, níveis de AA diminuiriam durante o amadurecimento destes frutos (Barata-Soares *et al.*, 2004). O conteúdo médio de

ADA em manga foi similar para as frutas oriundas do sistema de produção orgânico e convencional, e próximo aos achados de Hernández *et al.* (2006) [7,33 mg/100g, para manga *Keitt*].

Em caqui, o conteúdo de AA foi similar entre os dois cultivos agrônômicos, entretanto o conteúdo de ADA em caqui convencional foi estatisticamente superior ao orgânico. Wright e Kader (1997) encontraram 110 e 100 mg/100g de AA e ADA, respectivamente, para caqui convencional da variedade *Fuyu*. Szeto, Tomlinson e Benzie (2002) encontraram 8 mg/100g de AA em caqui convencional, valor este que se aproxima do presente estudo. O valor encontrado para ADA representa uma importante contribuição para o valor de vitamina C total, uma vez que esse isômero também apresenta atividade vitamínica. Neste estudo, o ADA representou 38,5% do total de vitamina C para caqui convencional. Lee e Kader (2000) relataram que o ADA pode corresponder a 47,6% da vitamina C total para caqui, dependendo da variedade.

Acerola foi a fruta que apresentou o valor mais elevado de AA. O tratamento orgânico foi estatisticamente superior ao convencional, sendo o teor de AA encontrado na acerola orgânica praticamente o dobro da convencional. O preparo do solo, o uso de defensivos agrícolas, além da forma e da frequência de irrigação utilizada em cada cultivo, podem ser os possíveis fatores que explicam a diferença entre os dois sistemas de cultivo. O conteúdo de vitamina C pode variar em decorrência da fertilidade e disponibilidade de nutrientes do solo (Matsuura *et al.*, 2001), o que corrobora quanto ao teor de vitamina C da acerola orgânica, uma vez que o solo do cultivo orgânico é devidamente analisado e, se necessário, corrigido, utiliza-se adubação verde e fertilizante orgânico, além do acompanhamento de micronutrientes da planta. Estudos relatam que a utilização de doses menores de nitrogênio e a menor frequência de irrigação podem aumentar as concentrações de vitamina C em vegetais. Outro fator que deve ser destacado é quanto ao uso de defensivos agrícolas como pesticidas ou agrotóxicos que podem afetar indiretamente a qualidade nutricional de frutas e hortaliças (Lee e Kader, 2000).

Os resultados encontrados para AA em acerola convencional estão próximos aos reportados pela literatura. Aldrigue (1998) encontraram 1579,7 e 2192,7 mg/100g em acerola comercializada e produzida na região de São Paulo, respectivamente; Matsuura *et al.* (2001) reportaram variação entre 835 a 1820 mg/100g; Andrade *et al.* (2002) encontraram 1970 mg/100g; Rosso e Mercadante

(2007) encontraram 1921 mg/100g. Assis, Lima e Oliveira (2001) encontraram 1458 mg/100g em acerola parcialmente madura, e mostraram que o teor de AA é maior quanto menor o grau de maturação do fruto. O ADA foi encontrado apenas em acerolas orgânicas, o que contribuiu ainda mais para o conteúdo de vitamina C total, correspondendo a 15,5% desse valor. Entretanto, Aldrigue (1998) detectaram ADA em acerolas convencionais e seu valor variou de 2 a 20% do total de vitamina C.

O teor médio de AA encontrado em morango convencional foi estatisticamente superior àquele obtido para a fruta orgânica. Uma possível explicação para este fato seria o tipo de fertilização adotada no tratamento convencional, que utilizou 40 kg/ha de nitrogênio, 600 kg/ha de fósforo e 240 kg/ha de potássio. No trabalho de revisão de Lee e Kader (2000) é relatado que aplicações de menores níveis de fertilizantes nitrogenados (45 kg/ha) e maiores níveis de fertilizantes com potássio podem aumentar o conteúdo de AA em frutas e hortaliças.

Os achados da literatura quanto ao conteúdo médio de AA para morango convencional variaram de 29 (Gökmen *et al.*, 2000) a 80,1 mg/100g (Franke *et al.*, 2004); Odriozola-Serrano *et al.* (2007) encontraram 57,2 mg/100g; Lee e Kader (2000) relataram 60 mg/100g; Wright e Kader (1997) encontraram 52 mg/100g. O valor de AA encontrado no presente estudo é similar ao achado de Cordenunsi *et al.* (2005) [47 mg/100g], que analisaram morangos convencionais Oso Grande também produzidos no município de Atibaia, estocados por dois dias, em temperatura ambiente. Quanto ao teor de ADA em morangos convencionais, Wright e Kader (1997) relataram 15 mg/100g; Gökmen *et al.* (2000), 5,4 mg/100g; Lee e Kader (2000), 5,0 mg/100g; Odriozola-Serrano *et al.*, (2007) 2,2 mg/100g. O percentual do ADA em relação ao valor de vitamina C total foi relatado pelos autores supracitados e correspondeu, nesta ordem a 22,4%; 16%; 8%; 3,7%; neste estudo, correspondeu a 34%. É importante ressaltar a ação da enzima ácido ascórbico oxidase (AAO), dependente de cobre, que catalisa a reação de oxidação do AA em ADA. A diminuição no conteúdo de AA em muitas frutas é concomitante ao início do processo de maturação (indicado por mudança de cor) e ao aumento da atividade da AAO (Yahia *et al.*, 2001), o que pode levar ao aumento do conteúdo de ADA.

É importante considerar que as diferenças observadas, entre este estudo e os relatos da literatura, quanto ao conteúdo de AA e ADA determinado nas frutas convencionais podem ser atribuídas à variação de cultivares, uma vez que muitos artigos não os referendaram, à diferenças quanto ao grau de maturação, às condições



de cultivo, ao clima, à intensidade de luz, às condições de transporte, processamento e armazenamento, e à diferenças na metodologia de análise.

### 3.4 Conteúdo de licopeno, $\alpha$ e $\beta$ -caroteno

O conteúdo médio de licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno em frutas produzidas orgânica e convencionalmente é apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Conteúdo médio de licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno na porção comestível de frutas produzidas através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C)\* (resultados expressos em base úmida).

Conteúdo vitamínico	MANGA		CAQUI		ACEROLA		MORANGO	
	O	C	O	C	O	C	O	C
<b>Licopeno (<math>\mu\text{g}/100\text{g}</math>)</b>	nd	nd	567,87 $\pm$ 269,59d	453,27 $\pm$ 63,32d	nd	nd	nd	nd
<b><math>\alpha</math>-caroteno (<math>\mu\text{g}/100\text{g}</math>)</b>	17,29 $\pm$ 8,45a	13,43 $\pm$ 3,53a	nd	nd	nd	nd	nd	nd
<b><math>\beta</math>-caroteno (<math>\mu\text{g}/100\text{g}</math>)</b>	1491,01 $\pm$ 330,27b	1010,26 $\pm$ 285,51c	703,24 $\pm$ 86,64e	645,60 $\pm$ 42,58e	2486,38 $\pm$ 272,48g	6130,24 $\pm$ 559,17f	54,08 $\pm$ 7,71h	53,02 $\pm$ 2,15h

\* Média de 6 repetições  $\pm$  desvio-padrão. nd: não detectado. Médias seguidas pela mesma letra, na linha, para cada fruta, não são estatisticamente diferentes, pelo teste t de 'Student' ( $P>0,05$ ).

Em manga, o licopeno não foi detectado e o conteúdo de  $\alpha$ -caroteno não diferiu estatisticamente entre os dois cultivos agrônômicos. Entretanto, o conteúdo de  $\beta$ -caroteno foi estatisticamente superior em mangas orgânicas, o que pode ser explicado pela não utilização de herbicidas neste sistema de cultivo. De acordo com Kruse *et al.* (2001), frequentemente se emprega mais de um herbicida na agricultura convencional para efeito sinérgico de controle de pragas resistentes. Herbicidas inibem a síntese de carotenóides através da inibição das enzimas fitoeno desaturase ou pela inibição de algum passo ainda não esclarecido (Sandmann *et al.*, 1991). Uma outra possibilidade que explicaria a superioridade do teor de  $\beta$ -caroteno em mangas orgânicas está relacionada ao processo de maturação do fruto, o que pode ser devido à ocorrência mais severa de antracnose na fruta orgânica e também porque se percebeu a dificuldade de amadurecimento das frutas convencionais. Sabe-se que quanto maior o grau de maturação, maior o conteúdo de  $\beta$ -caroteno em frutas (Mercadante e Rodriguez-Amaya, 1998).

Segundo Hulshof *et al.* (1997), o conteúdo de  $\alpha$ -caroteno encontrado em manga convencional em cinco variedades produzidas na Indonésia foi de não detectado até 67  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , e o de  $\beta$ -caroteno variou entre 190 a 3267  $\mu\text{g}/100\text{g}$ . Mercadante *et al.* (1997) encontraram em manga convencional, 1510  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno por 100g de fruta. Ribeiro (2006) encontrou em manga Palmer convencional liofilizada, 661,27  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno por 100g de polpa da fruta. Na revisão de Holden *et al.* (1999), em manga convencional foi relatado 17 e 445  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Esta variação de conteúdo de carotenóides em manga pode ser devida a possíveis diferenças, principalmente quanto à variedade e grau de maturação, local e condições de cultivo, e clima; contudo, muitos autores não relatam a caracterização dos frutos analisados. Além disso, vale destacar que a incidência de raios solares pode induzir a carotenogênese como mecanismo de defesa do fruto, uma vez que os carotenóides funcionam como protetores de estresse oxidativo, por radiação UV (Lutz *et al.*, 2005). No caso de plantações convencionais comerciais, é muito comum o uso de recursos de manejo para proteção solar das mangas, como exemplo, o uso de solução de CaO (Ribeiro, 2006). Este fato também poderia explicar o menor conteúdo de carotenóides encontrado em mangas convencionais em comparação às orgânicas, devido ao comprometimento do processo de carotenogênese.

O licopeno foi detectado apenas em caqui, entretanto não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas de produção. O conteúdo de licopeno presente em caqui convencional foi superior ao da tabela americana USDA (2007) [159  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , em caqui *Japonês*]. Em caqui, não foi detectado  $\alpha$ -caroteno e o conteúdo de  $\beta$ -caroteno foi similar entre ambos os cultivos. Analisando carotenóides em caqui convencional, Souza *et al.* (2004) encontraram, em média, 357,5  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno, e não encontraram  $\alpha$ -caroteno, como neste estudo. Muitas investigações têm mostrado que carotenóides, incluindo as provitaminas A, estão mais concentrados na casca do que propriamente na polpa da fruta (Gross, 1987), o que pode explicar o maior conteúdo de  $\beta$ -caroteno encontrado em caquis neste estudo, uma vez que o mesmo foi analisado com casca. Na revisão de Holden *et al.* (1999), em caqui *Japonês*, foi relatado 158, 75 e 349  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno, respectivamente, sendo que os carotenóides provitamínicos A foram analisados na fruta com casca.

Em acerolas, foi detectado apenas  $\beta$ -caroteno, sendo o cultivo convencional estatisticamente superior ao orgânico. Lima *et al.* (2005) observaram o maior conteúdo de  $\beta$ -caroteno [4060  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ] em acerolas convencionais colhidas durante a estação chuvosa, e que receberam fertilizantes químicos três meses antes da colheita. De acordo com Gross (1987), a fertilização do solo é um dos fatores que afetam a biossíntese de carotenóides em frutas. Este fato, provavelmente, contribuiu para a superioridade dos teores de  $\beta$ -caroteno encontrados em acerolas convencionais neste estudo.

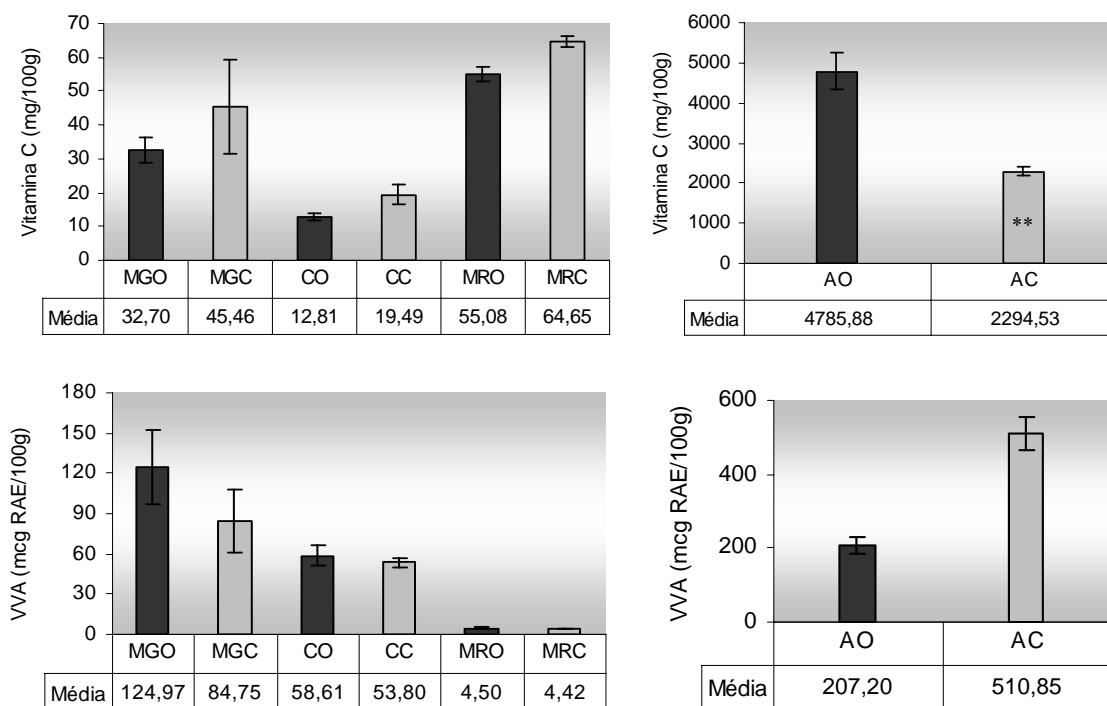
Souza *et al.* (2004) encontraram valor inferior a este estudo quando analisaram o conteúdo médio de  $\beta$ -caroteno em acerola convencional [1045  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ], e relataram não encontrar  $\alpha$ -caroteno. Rodriguez-Amaya (1999) relataram teores de carotenóides em acerola convencional de 450, 2410 e 3010  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , dependendo da região geográfica de produção das frutas. Rosso e Mercadante (2005) encontraram 1669,4  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno na polpa da fruta, de mesma variedade. As diferenças encontradas entre este estudo e a literatura podem ser explicadas pela condição ambiental, estação de colheita, tipo de variedade, estágio de maturação e descrição da forma de preparação da amostra (análise somente da polpa, ou análise da fruta inteira – polpa e casca). Essa última pode explicar a superioridade do teor de  $\beta$ -caroteno encontrado neste estudo, uma vez que se analisou a fruta inteira.

Para morango, apenas o  $\beta$ -caroteno foi detectado, sendo que o conteúdo no cultivo orgânico não diferiu estatisticamente do convencional. O teor médio de  $\beta$ -caroteno encontrado em morango convencional foi superior aos achados de Souza *et al.* (2004) [21  $\mu\text{g}/100\text{g}$  em morangos cultivados no Brasil], Heinonen *et al.* (1989) [8,9  $\mu\text{g}/100\text{g}$  em morangos oriundos da Finlândia] e Marinova e Ribarova (2007) [4,9  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , em morangos originários da Bulgária]; esses autores também não detectaram  $\alpha$ -caroteno nesta fruta. O conteúdo de carotenóides em morangos diminui com o amadurecimento dos frutos (Woodward, 1972), o que pode ser um dos fatores que explica as diferenças encontradas entre os estudos.

Todas as discussões acima demonstram a importância da amostragem e justificam a necessidade de especificação da amostra analisada, do estágio de maturação, do cultivar, da origem do fruto, das condições de cultivo e climáticas, além da metodologia de análise.

### 3.5 Conteúdo e informação nutricional de vitamina C e valor de vitamina A

O conteúdo médio de vitamina C total e o valor médio de vitamina A, proveniente de carotenóides provitamínicos A, em frutas orgânicas e convencionais é mostrado na Figura 3.



Média de 6 repetições  $\pm$  desvio-padrão. \*\* Valor representado apenas pelo teor de AA (mg/100g). VVA: valor de vitamina A. MGO: manga orgânica; MGC: manga convencional; CO: caqui orgânico; CC: caqui convencional; MRO: morango orgânico; MRC: morango convencional; AO: acerola orgânica; AC: acerola convencional.

**Figura 3.** Comparação do conteúdo médio de vitamina C total e do valor médio de vitamina A na porção comestível de frutas produzidas através do sistema de cultivo orgânico e convencional (resultados expressos em base úmida).

Quanto ao teor de vitamina C total, todas as frutas apresentaram diferenças estatisticamente significativas considerando os dois sistemas de cultivo (exceto a manga), o que foi devido ao teor de ADA em caqui convencional, e ao AA em morango convencional e acerola orgânica.

De acordo com a Tabela americana USDA (2007), manga apresenta 27,7; caqui *Japonês*, 7,5; acerola, 1677,6; e morango, 58,8 mg/100g de vitamina C. A Tabela brasileira TACO (2006) relata que manga *Haden* apresenta 17,4; caqui *Chocolate*, 29,6; acerola, 941,4; e morango, 63,6 mg/100g de vitamina C. As

diferenças encontradas para o conteúdo de vitaminas entre o presente estudo e as tabelas de composição de alimentos podem ser explicadas pelas diferenças quanto à espécie, variedade e amostragem analisada, local e condição de cultivo, condições climáticas e grau de maturação da fruta.

Quanto ao valor de vitamina A proveniente dos carotenóides provitamínicos, manga orgânica e acerola convencional foram estatisticamente superiores ao respectivo sistema de cultivo comparativo, o que foi atribuído aos teores de  $\beta$ -caroteno.

De acordo com a Tabela USDA (2007), manga apresenta 38; caqui *Japonês*, 81; acerola, 38; e morango, 1  $\mu\text{g}$  RAE/100g de fruta. Já na Tabela brasileira TBCA-USP (2005), manga *Haden* e acerola apresentam 120 e 415  $\mu\text{g}$  RAE/100g, respectivamente. É importante ressaltar que a interpretação dos resultados do conteúdo de vitamina A em frutas é limitado pela mudança dos fatores de conversão para valor de vitamina A estabelecidos pelo IOM (2001); pelas diferenças na metodologia para separação e quantificação dos carotenóides; pela amostragem inadequada e falta de descrição da amostra analisada (Wall, 2006).

A Tabela 3 apresenta a informação nutricional sobre o teor de vitamina C e valor de vitamina A em frutas orgânicas e convencionais e a classificação dessas frutas como alimento fonte ou rico, segundo as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) pela Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998, que permite atribuir a alimentos sólidos e prontos para consumo, a denominação de “fonte”, àquele que atender 15% da IDR (Ingestão Dietética de Referência) e “rico”, àquele que atender 30% da IDR (Brasil, 1998).

A ingestão de uma porção de 100 g das frutas analisadas, incluindo as obtidas do cultivo orgânico ou convencional, atinge uma grande parte ou totalmente as necessidades diárias de vitamina C para adultos e crianças. As frutas consideradas ricas em vitamina C para os grupos populacionais analisados foram, em ordem de classificação, acerola > morango > manga. O caqui foi considerado alimento rico em vitamina C para crianças, como fonte para mulheres e homens (exceto caqui orgânico). O consumo de 100 g de acerola extrapola muitas vezes as necessidades diárias de vitamina C para adultos e crianças, por exemplo 100 g de acerola orgânica atende a 5.318% e 19.144% da recomendação diária para um adulto acima de 19 anos e crianças de 4 a 8 anos de idade, respectivamente, o que faz desta fruta uma

possibilidade de suplementação natural em diversos produtos alimentícios e como proposta de inclusão em programas de alimentação para populações de risco. Entretanto, é importante considerar que o consumo diário de acerola deve estar dentro do limite de ingestão máximo tolerável (UL) de vitamina C para cada grupo populacional.

**Tabela 3:** Informação nutricional sobre o teor de vitamina C e valor de vitamina A de frutas orgânicas (O) e convencionais (C).

Fruta	Porção comestível correspondente à 100 g de fruta	Sistema de cultivo	Atendimento da necessidade diária (%)	
			Vitamina C	VVA
Manga <i>Palmer</i>	1/3 de fruta média	O	H: 36,3 <sup>R</sup> M: 43,6 <sup>R</sup> Cr: 130,8 <sup>R</sup>	H: 13,9 M: 17,9 <sup>F</sup> Cr: 31,2 <sup>R</sup>
		C	H: 50,5 <sup>R</sup> M: 60,6 <sup>R</sup> Cr: 181,8 <sup>R</sup>	H: 9,4 M: 12,1 Cr: 21,2 <sup>F</sup>
Caqui <i>Rama Forte</i>	1 unidade média	O	H: 14,2 M: 17,1 <sup>F</sup> Cr: 51,2 <sup>R</sup>	H: 6,5 M: 8,4 Cr: 14,7
		C	H: 21,7 <sup>F</sup> M: 26,0 <sup>F</sup> Cr: 78,0 <sup>R</sup>	H: 6,0 M: 7,7 Cr: 13,5
Acerola <i>Olivier</i>	8 unidades médias	O	H: 5317,6 <sup>R</sup> M: 6381,2 <sup>R</sup> Cr: 19143,5 <sup>R</sup>	H: 23,0 <sup>F</sup> M: 29,6 <sup>F</sup> Cr: 51,8 <sup>R</sup>
		C	H: 2549,5 <sup>R</sup> M: 3059,4 <sup>R</sup> Cr: 9178,1 <sup>R</sup>	H: 56,8 <sup>R</sup> M: 73,0 <sup>R</sup> Cr: 127,7 <sup>R</sup>
Morango <i>Oso Grande</i>	5 unidades médias	O	H: 61,2 <sup>R</sup> M: 73,4 <sup>R</sup> Cr: 220,3 <sup>R</sup>	H: 0,5 M: 0,6 Cr: 1,1
		C	H: 71,8 <sup>R</sup> M: 86,2 <sup>R</sup> Cr: 258,6 <sup>R</sup>	H: 0,5 M: 0,6 Cr: 1,1

VVA: valor de vitamina A. F: fonte. R: rico.

Necessidade diária de vitamina C segundo IDR (IOM, 2000): 90 mg/dia para homens (H) (>19 anos); 75 mg/dia para mulheres (M) (>19 anos); 25 mg/dia para crianças (Cr) (4 a 8 anos).

Necessidade diária de vitamina A segundo IDR (IOM, 2001): 900 µg/dia para homens (H) (>19 anos); 700 µg/dia para mulheres (M) (>19 anos); 400 µg/dia para crianças (Cr) (4 a 8 anos).

Para vitamina A, a ingestão de uma porção de 100g de acerola convencional atende mais da metade das necessidades diárias de adultos e 100% das necessidades de crianças, revelando-se uma fonte rica na forma de provitamina A. A acerola orgânica mostrou-se uma boa fonte de vitamina A. Para as demais frutas, a ordem de classificação quanto à importância de atendimento das necessidades diárias de vitamina A foi manga orgânica > manga convencional > caqui orgânico > caqui convencional > morango orgânico e convencional.

#### **4. CONCLUSÕES**

Esse estudo não comprovou a superioridade dos componentes analisados em todas as frutas provenientes do cultivo orgânico. Contudo, ressalta-se que acerola e manga orgânicas mostraram maior conteúdo de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Caqui, morango e acerola convencionais foram estatisticamente superiores quanto ao teor de ADA, de AA e de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. Quanto ao teor de vitamina C total, caqui e morango convencionais e acerola orgânica apresentaram maior conteúdo em relação ao tratamento comparativo. Para provitamina A, manga orgânica e acerola convencional apresentaram maior valor em relação ao tratamento comparativo.

Fatores pré-colheita, que incluem condição de cultivo, tipo e fertilização do solo, irrigação, utilização de defensivos agrícolas podem explicar as diferenças encontradas entre os sistemas de produção orgânico e convencional.

Vale ressaltar que poucos estudos sobre conteúdo de nutrientes em frutas produzidas orgânica e convencionalmente estão disponíveis na literatura, e o número de frutas analisadas nos dois sistemas de cultivo é reduzido, o que demonstra a necessidade de incentivo, investimento e preocupação por instituições de pesquisa e governo federal nesta área. É importante destacar sobre a contribuição do presente estudo com os bancos de dados de composição química de alimentos. Sugere-se estudos futuros para avaliar até que ponto os sistemas de cultivo agrônômicos poderiam influenciar os caminhos de síntese de compostos antioxidantes em frutas.

As frutas analisadas, tanto orgânicas quanto convencionais, foram consideradas excelentes fontes de vitamina C para a população, além de contribuir para adequação nutricional de vitamina A. O caqui pode ser considerado uma boa

fonte de licopeno na dieta, e a acerola pode ser considerada a principal fruta fonte de vitamina C e a mais importante fonte de provitamina A.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa e concessão de bolsa de mestrado e bolsa de iniciação científica. Agradecem também à FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldrigue, M. L. (1998). *Desenvolvimento e validação de metodologia analítica, utilizando a CLAE, para determinação de vitamina C em frutas e seus principais produtos*. Campinas, 160p. [Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, SP].
- Amaya-Farfán, J. (1999). Panorama de la investigación sobre carotenoides en el Brasil - Perspectiva y necesidades. *Archivos Latinoamericanos de Nutrition*, 49(1-S), 92-94.
- Andrade, R. S. G., Diniz, M. C. T., Neves, E. A., & Nóbrega, J. A. (2002). Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. *Eclética Química*, 27, 1-8.
- Araújo, A. S. F., Santos, V. B., & Monteiro, R. T. R. (2007). Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European Journal of Soil Biology*, 1-6. [in press].
- Assis, S. A., Lima, D. C., & Oliveira, O. M. M. F. (2001). Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry*, 74, 133-137.
- Barata-Soares, A. D., Gomez, M. L. P. A., Mesquita, C. H. de, & Lajolo, F. M. (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(3), 147-154.
- Borges, A. L., & Souza, L. S. (2005). Produção Orgânica de Frutas - Comunicado Técnico. *Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical*, Cruz das Almas-BA, 113, 1-4.
- Brasil. (1998). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998 aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. D.O.U. - Diário Oficial da União [República Federativa do Brasil], de 16 de janeiro de 1998.
- Campos, F. M. (2006). *Avaliação de práticas de manipulação de hortaliças visando a preservação de vitamina C e carotenóides*. Viçosa, 92p. [Dissertação de Mestrado em Ciência da Nutrição, Universidade Federal de Viçosa, MG].

- Carbonaro, M., Mattera, M., Nicoli, S., Bergamo, P., & Cappelloni, M. (2002). Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (Peach, *Prunus persica* L., and Pear, *Pyrus communis* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 5458-5462.
- Carpenter, K. L. H. (2006).  $\beta$ -Carotene: A colorful killer of cancer cells? A commentary on "ROS-triggered caspase 2 activation and feedback amplification loop in  $\beta$ -carotene-induced apoptosis". *Free Radical Biology & Medicine*, 41(3), 418-421.
- Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A., Santos, R. J., & Lajolo, F. M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91, 113-121.
- Deutsch, J. (2000). Dehydroascorbic acid: review. *Journal of Chromatography A*, 881, 299-307.
- FAO/OMS. (1999). *El codex alimentarius: directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente*. Disponível em <[www.fao.org](http://www.fao.org)> Acesso em: 05 nov. 2007.
- Franke, A. A., Custer, L. J., Arakaki, C., & Murphy, S. P. (2004). Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 1-35.
- Frenich, A. G., Torres, M. E. H., Vega, A. B., Vidal, J. L. M., & Bolaños, P. P. (2005). Determination of ascorbic acid and carotenoids in food commodities by Liquid Chromatography with Mass Spectrometry Detection. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 7371-7376.
- Gibson, R. S., & Hotz, C. (2001). Dietary diversification/modification strategies to enhance micronutrient content and bioavailability of diets in developing countries. *British Journal of Nutrition*, 85, S159-S166.
- Gökmen, V., Kahraman, N., Demir, N., & Acar, J. (2000). Enzymatically validated liquid chromatography method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruits and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 881, 309-316.
- Gross, J. (1987). *Pigments in fruits*. London: Academic Press.

- Heinonen, M. I., Ollilainen, V., Linkola, E. K., Varo, P. T., & Koivistoinen, P.E. (1989). Carotenoids in finnish foods: vegetables, fruits, and berries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 655-659.
- Hernández, Y., Lobo, M. G., & González, M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*, 96(4), 654-664.
- Holden, J. M., Eldridge, A. L., Beecher, G. R., Buzzard, I. M., Bhagwat, S., Davis, C. S., Douglass, L. W., Gebhardt, S., Haytowitz, D., & Schakel, S. (1999). Carotenoid content of U.S. foods: an update of the database. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12, 169-196.
- Hulshof, P. J. M., Xu, C., Bovenkamp, P. V., Muhilal, & West, C. E. (1997). Application of a validated method for the determination of provitamin A carotenoids in indonesian foods of different maturity and origin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 1174-1179.
- Institute of Medicine (IOM-U.S.) (2001). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington, D.C., National Academy Press.
- Institute of Medicine (IOM-U.S.). (2000). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington, D.C., National Academy Press.
- Ismail, A., & Fun, C. S. (2003). Determination of vitamin C,  $\beta$ -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. *Mal Journal Nutrition*, 9(1), 31-39.
- Kaliora, A. C., Dedoussis, G. V. Z., & Schmidt, H. (2006). Dietary antioxidants in preventing atherogenesis. *Atherosclerosis*, 187, 1-17.
- Kruse, N. D., Vidal, R. A., Bauman, T. T., & Trezzi, M. M. (2001). Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Ciência Rural*, 31(4), 569-575.

- Kumpulainen, J. (2001). Organic and conventional grown foodstuffs: nutritional and toxicological quality comparisons. *The International Fertiliser Society*, 472, 1-20.
- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Lima, V. L. A. G., Mélo, E. A., Maciel, M. I. S., Prazeres, F. G., Musser, R. S., & Lima, D. E. S. (2005). Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. *Food Chemistry*, 90, 565-568.
- Lutsenko, E. A., Cárcamo, J. M., & Golden, D. W. (2002). Vitamin C prevents DNA mutation induced by oxidative stress. *The Journal of Biological Chemistry*, 277(19), 16.895-16.899.
- Lutz, C., Navakoudis, E., Seidlitz, H. K., & Kotzabasis, K. (2005). Simulated solar irradiation with enhanced UV-B adjust plastidi- and thylakoid- associated polyamine changes for UV-B protection. *Biochimica Biophysica Acta*, 1710, 24-33.
- Magkos, F., Arvaniti, F., & Zampelas, A. (2006). Organic food: buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(1), 23-56.
- Marinova, D., & Ribarova, F. (2007). HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 370-374.
- Matsuura, F. C. A. U., Cardoso, R. L., Folegatti, M. I. S., Oliveira, J. R. P., Oliveira, J. A. B., & Santos, D. B. (2001). Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia Punicifolia L.*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 602-606.
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2007). Provitamin A carotenoids and ascorbic acid contents of the different types of orange juices marketed in Spain. *Food Chemistry*, 101(1), 177-184.
- Mercadante, A. Z., Rodriguez-Amaya, D. B. (1998). Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 128-130.

- Mercadante, A. Z., Rodriguez-Amaya, D. B., & Britton, G. (1997). HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 120-123.
- Milagres, R. C. R. M., Nunes, L. C., & Sant'Ana, H. M. P. (2007). A deficiência de vitamina A em crianças no Brasil e no mundo. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(5), 1253-1266.
- Miller, N. J., Sampson, J., Candeias, L. P., Bramley, P. M., Rice-Evans, C. A. (1996). Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters*, 384, 240-242.
- Odriozola-Serrano, I., Hernández-Jover, T. & Martín-Belloso, O. (2007). Comparative evaluation of UV-HPLC methods and reducing agents to determine vitamin C in fruits. *Food Chemistry*, 105, 1151-1158.
- Olson, J. A. (1999). Carotenoids. In: Shils, M. E., Olson, J. A., Shike, M., & Ross, A. C. *Modern nutrition in health and disease* (p.525-541). 9th ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Pinheiro-Sant'Ana, H. M., Stringheta, P. C., Brandão, S. C. C., & Azeredo, R. M. C. (1998). Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chemistry*, 61(1-2), 145-151.
- Ribeiro, S. M. R. (2006). *Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas (Mangifera indica L.) cultivadas no estado de Minas Gerais*. Viçosa, 166p. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, MG].
- Rios, M. D. G., & Penteado, M. V. C. (2003). Vitamina C. In: Penteado, M. V. C. *Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos* (p.201-225). 1ª ed., São Paulo: Manole.
- Rodriguez, D. B., Raymundo, L. C., Lee, T., Simpson, K. L., & Chichester, C. O. (1976). Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. *Annual Botanic*, 40, 615-624.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1989). Critical review of provitamin A determination in plant foods. *Journal of Micronutrient Analysis*, 5, 191-225.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (1999). Latin American food sources of carotenoids. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 49(1), 74S-84S.

- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods* (71p.). Washington: International Life Sciences Institute Press.
- Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2005). Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. *Food Research International*, 38, 1073-1077.
- Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2007). The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. *Food Chemistry*, 103, 935-943.
- Saba, A., & Messina, F. (2003). Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. *Food Quality and Preference*, 14, 637-645.
- Sandmann, G., Schmidt, A., Linden, H., *et al.* (1991). Phytoene desaturase, the essential target for bleaching herbicides. *Weed Science*, 39(3), 474-479.
- Shami, N. J. I. E., & Moreira, E. A. M. (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, 17(2), 227-236.
- Smirnoff, N. (1996). The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany*, 78, 661-669.
- Souza, S. L., Moreira, A. P. B., Pinheiro-Sant'Ana, H. M., & Alencar, E. R. (2004). Conteúdo de carotenos e provitamina A em frutas comercializadas em Viçosa, estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum*, 26(4), 453-459.
- Stahl, W., & Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740, 101-107.
- Szeto, Y. T., Tomlinson, B., & Benzie, I. F. F. (2002). Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *British Journal of Nutrition*, 87, 55-59.
- TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2006) – Versão 2. Disponível em <[www.unicamp.br/nepa/taco](http://www.unicamp.br/nepa/taco)>.
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 58, 100-110.
- TBCA-USP. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos USP (2005). Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/>>.

USDA United States Department of Agriculture (2007). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20. Nutrient Data Laboratory Home Page, <<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>>.

Van Duyn, M. A., & Pivonka, E. (2000). Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. *Journal of the American Dietetic Association*, 100, 1511-1521.

Vinci, G., Botrè, F., Mele, G., & Ruggieri, G. (1995). Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53, 211-214.

Wall, M. M. (2006). Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 434-445.

Williams, C. M. (2002). Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? *Proceedings of the Nutrition Society*, 61, 19-24.

Wills, R. B. H., Wimalasiri, P., & Greenfield, H. (1984). Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 32, 836-838.

Woodward, J. R. (1972). Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 465-473.

Wright, K. P., & Kader, A. A. (1997). Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 39-48.

Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M., & Gonzalez-Aguilar, G. (2001). Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Lebensm-Wiss u-Technol*, 34, 452-457.

## **ARTIGO 3**

### **EFEITO DO SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL SOBRE O CONTEÚDO DE MINERAIS E METAIS PESADOS EM FRUTAS**



## **RESUMO**

Muitos consumidores compram alimentos orgânicos por creditarem a eles maiores benefícios nutricionais e menor conteúdo de contaminantes inorgânicos, entretanto, pouco se conhece da sua composição mineral. O objetivo deste estudo foi avaliar o conteúdo de minerais (Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Cr, Se, Zn, Mo, Na, K, P) e metais pesados (Ni, Pb, Cd e Al) em quatro frutas produzidas no Brasil, comparando os sistemas de cultivo orgânico e convencional. A análise foi feita por Espectrometria de Emissão Atômica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES). O teste t de Student ( $\alpha=5\%$ ) foi aplicado para verificar a existência de diferenças entre os sistemas de cultivo agrônômicos. Manga orgânica apresentou maior conteúdo de Mg e K, e a convencional, maior teor de Cr; caqui orgânico apresentou maior conteúdo de Cu, Zn e Pb, e o convencional maior teor de Mg, P, Na e K; acerola convencional apresentou maior teor de Ca, Fe, Mn, Mo, Al e Ni; e morango orgânico, maior conteúdo de Mo e Al. Portanto, a forma orgânica de cultivo não implicou na unânime superioridade da qualidade mineral das frutas, tampouco proporcionou frutas isentas de metais pesados. Assim, tanto as frutas orgânicas analisadas como as convencionais podem contribuir para adequação nutricional de minerais, apresentando baixos teores de elementos tóxicos, podendo ser consumidas diariamente pela população nas porções recomendadas.

**Palavras-chave:** produção orgânica, produção convencional, micronutrientes, elementos tóxicos, fruticultura, ICP-AES.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento rápido da agricultura orgânica está relacionado à confiança dos consumidores nos alimentos produzidos organicamente bem como à preocupação quanto aos possíveis riscos à saúde e impactos ambientais em decorrência do cultivo convencional (Winter e Davis, 2006).

A agricultura orgânica é um sistema de manejo sustentável de produção, com enfoque holístico, que privilegia a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos biológicos, a manutenção e aumento da fertilidade do solo, a minimização da poluição, a não utilização de fertilizantes químicos e pesticidas, além da verificação do impacto social e ecológico do sistema de produção, visando produzir alimentos de alta qualidade e em quantidade suficiente (Brasil, 1999; Bourn e Prescott, 2002; Neves *et al.*, 2004; Winter e Davis, 2006 e 2007; Araújo *et al.*, 2007).

Pesquisas indicam que muitos consumidores compram alimentos orgânicos por creditarem a eles maiores benefícios nutricionais (Woese *et al.*, 1997; Winter e Davis, 2006), e menores teores de contaminantes ambientais como, elementos tóxicos ou metais pesados (Ghidini *et al.*, 2005). Contudo, existem controvérsias se alimentos orgânicos são mais nutritivos do que os convencionais (Trewavas, 2004), devido à escassez e inconsistência de dados científicos que assegurem tais vantagens (Bourn e Prescott, 2002; Williams, 2002). Segundo Magkos *et al.* (2006), deve-se ter cautela com as conclusões generalizadas, em decorrência da ausência de dados comparativos adequados entre os dois sistemas.

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de alimentos orgânicos (Instituto Biodinâmico, 2007). O segmento de fruticultura orgânica, ainda incipiente, tem merecido destaque pelo considerável crescimento nos últimos anos (Borges *et al.*, 2003). A produção de frutas é incentivada em países tropicais porque elas são boas fontes de nutrientes (Leterme *et al.*, 2006).

Frutas e hortaliças são importantes fontes de minerais (Milton, 2003). Sendo assim, o aumento da ingestão de frutas leva ao aumento da ingestão de micronutrientes (Ekholm *et al.*, 2007), que participam de atividades fisiológicas e bioquímicas vitais, sendo reconhecidamente essenciais para a manutenção da saúde humana (Fraga, 2005; Silva *et al.*, 2005; Leterme *et al.*, 2006). Nesta categoria se destacam sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), magnésio (Mg), cálcio (Ca), ferro (Fe), manganês (Mn), selênio (Se), zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr) e molibdênio (Mo). Muitos destes elementos participam de reações com radicais livres, atuando

como agente pró-oxidante (Fe) ou antioxidante (Fe, Se e Zn) (Fraga e Oteiza, 2002; Oteiza *et al.*, 2004); participam de sistemas enzimáticos (Mn, Mo, Cu, Zn e Fe) (Fraga, 2005); estão relacionados ao metabolismo da glicose e de lipídios (Cr) (Vicent, 2004); estão associados ao desenvolvimento ósseo (Mn); são necessários para o metabolismo energético (Mn e Cu) ou participam do metabolismo do ferro e do desenvolvimento do tecido conectivo (Cu) (Fraga, 2005).

Dietas com ingestão elevada de frutas e hortaliças estão relacionadas à diminuição do risco de doenças coronarianas, diabetes e câncer, devido à presença de fibras, fitoquímicos e micronutrientes (Willett, 2002); assim seu consumo deve ser encorajado (Bernstein *et al.*, 2002). A WHO (2003) recomenda o consumo diário acima de 400 g de frutas e hortaliças frescas para auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer.

Recentemente, tem sido reconhecida a importância de elementos, como o Se, na redução de risco de alguns tipos de câncer (World Cancer Research, 1997). Há evidências de que a deficiência de Se pode contribuir para o desenvolvimento de doenças coronarianas, hipotireoidismo e deficiência do sistema imunológico (Combs, 2000). Sanchez-Castillo *et al.* (1998) reportaram que estudos com humanos e animais mostram que a ingestão adequada de elementos como Na, K, Mg, Ca, Mn, Cu e Zn poderia reduzir fatores de risco para doenças cardiovasculares. Além disso, os micronutrientes estão relacionados à prevenção de doenças por deficiência, por exemplo, anemia por deficiência de ferro. Em muitos países em desenvolvimento, a maior preocupação é a má nutrição (Leterme *et al.*, 2006).

Contudo, as frutas podem apresentar quantidades significativas de elementos tóxicos, como cádmio (Cd), chumbo (Pb), alumínio (Al) e níquel (Ni), devido à deposição atmosférica, atividades urbano-industriais e práticas agrônômicas que são as principais fontes antrópicas de metais pesados em solos agrícolas (Nriagu, 1990; Millis *et al.*, 2004; He *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2005). Estes elementos se acumulam no organismo, podendo levar a efeitos deletérios para a saúde humana (Lee, 1990; Fischer *et al.*, 1997), como pressão sanguínea elevada e doenças cardiovasculares (Telisman *et al.*, 2001; Den Hond *et al.*, 2003), alterações hepáticas e neurológicas (Bertholf *et al.*, 1988, Tolonen, 1990), comprometimento renal, desordens imunológicas e endócrinas (Moreira e Moreira, 2004), além de efeitos teratogênicos, mutagênicos e carcinogênicos (Siddiqui *et al.*, 2002; Waalkers, 2003; Silva, 2005).

Existe um interesse crescente no conteúdo mineral de alimentos e dietas (Sanchez-Castillo *et al.*, 1998). Sabe-se que tanto o conteúdo de minerais quanto de elementos tóxicos em frutas é variável, e pode ser afetado pela espécie e tipo de cultivar, condição climática, origem geológica, uso de fertilizantes e de agrotóxicos, estágio de maturação da planta e disponibilidade dos elementos no solo (Sanchez-Castillo *et al.*, 1998; Fraga, 2005; Ekholm *et al.*, 2007).

Pesquisas que investiguem o efeito dos sistemas de cultivo agronômicos sobre o conteúdo de minerais e metais pesados são escassas, porém importantes e imprescindíveis para predizer os possíveis riscos ou benefícios à saúde humana pelo consumo de alimentos de origem orgânica ou convencional (Magkos *et al.*, 2006). Neste contexto, objetivou-se avaliar o conteúdo de minerais (Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Cr, Se, Zn, Mo, Na, K, P) e elementos tóxicos (Ni, Pb, Cd e Al) em quatro frutas comumente produzidas e consumidas no Brasil, comparando os sistemas de cultivo orgânico e convencional.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### *2.1 Reagentes e outros materiais*

Foi utilizado ácido nítrico 65% p.a. A água deionizada foi produzida por um deionizador TKA Wasseraufbereitungssysteme GmbH, modelo Lab-UPW 483. Os padrões dos elementos foram adquiridos da Vetec (Brasil) e Merck (Alemanha).

### *2.2 Matéria-prima*

A manga (*Mangifera indica L.*, var. Palmer), o caqui (*Diospyros kaki L.*, var. Rama Forte), a acerola (*Malpighia puniceifolia L.*, var. Olivier) e o morango (*Fragaria vesca L.*, var. Oso Grande) foram obtidas da empresa paulista Kórin Agricultura Natural Ltda, Atibaia-SP. As frutas foram cultivadas pelo sistema de produção orgânico e convencional, na mesma região geográfica, sob as mesmas condições climáticas, sendo as orgânicas certificadas pela certificadora Motika Okada (CMO). As frutas foram colhidas parcialmente maduras, em estágio de comercialização, acondicionadas em caixas de papelão, protegidas contra choques, e transportadas ao Laboratório de Análise de Vitaminas da UFV, dentro de 48 horas pós-colheita. Cada tipo de fruta, orgânica e convencional, foi analisada no mesmo estágio de maturação, definido visualmente pela coloração da casca do fruto. As

amostras foram coletadas aleatoriamente durante o período de safra de cada uma das frutas, no decorrer do ano de 2007.

### 2.3 Preparação das amostras

A manga, o caqui, a acerola e o morango foram lavados em água corrente e, em seguida, foram removidas as partes não comestíveis. Um quilograma de manga e de caqui, e 500 g de acerola e de morango orgânicos e convencionais foram picados e homogeneizados em um multiprocessador por 5 minutos, obtendo-se uma polpa. Em seguida, aproximadamente 200 g de polpa de cada amostra foi armazenada em freezer a  $-70^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, as amostras foram liofilizadas, em liofilizador Terroni, modelo Fauvel LH 0400, a  $-1^{\circ}\text{C}$  sob vácuo, por aproximadamente 20 h para a concentração de sólidos totais, embaladas em sacos plásticos devidamente identificados e lacrados, e armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  até o preparo da solução mineral.

### 2.4 Digestão ácida das amostras

A digestão ácida foi realizada segundo Ekholm *et al.* (2007), com algumas modificações. Pesou-se cerca de 1 g de amostra liofilizada, em duplicata para cada repetição, em tubo de digestão de 100 mL e adicionou-se 10 mL de ácido nítrico, mantendo a mistura em temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas. Posteriormente, os tubos foram colocados em um bloco digestor com termostato (Tecnal, modelo TE 040/25), com capacidade para 40 tubos, para a digestão ácida a quente. Os tubos foram aquecidos a  $50^{\circ}\text{C}$ , e gradativamente elevou-se a  $80^{\circ}\text{C}$ , até que o vapor de cor alaranjado fosse completamente desprendido das amostras. Após 6 h de digestão, adicionaram-se mais 5 mL de ácido nítrico. A temperatura foi, então, elevada gradativamente a  $120^{\circ}\text{C}$ , e a digestão foi completada após um período de 16 a 20 h, até que a solução estivesse límpida ou incolor, e que fumos esbranquiçados desprendessem dos tubos. Os tubos foram resfriados à temperatura ambiente e, em seguida, a solução digerida foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL, completados com água deionizada, e devidamente agitados em Vortex. A solução mineral foi armazenada em frasco plástico com tampa até a leitura dos elementos no ICP-AES. Três tubos sem a presença da amostra (branco) foram preparados nas mesmas condições supracitadas.

Todo o material e vidrarias utilizados para a análise dos elementos nas amostras foram devidamente desmineralizados.

### *2.5 Determinação dos minerais e metais pesados*

Utilizou-se, para análise dos elementos nas amostras, o espectrômetro de emissão atômica em plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) (Perkin Elmer, modelo Optima 3300 DV), com fonte de plasma de argônio induzido, e com as seguintes condições: potência de 1300 W, fluxo de ar refrigerante de 15 L/min, fluxo de ar auxiliar de 0,7 L/min, fluxo de ar carregador de 0,5 L/min, velocidade de introdução de amostra de 1,5 mL/min e uso de nebulizador Perkin Elmer.

Para a quantificação dos elementos nas amostras foi empregada a padronização externa, pelo uso de soluções padrão multielementar. A concentração máxima dos elementos nas soluções padrão multielementar foi: 0,5 ppm de Cr, Se e Mo; 1,0 ppm de Zn, Pb, Ni, Cd, Cu e Al; 2,0 ppm de Fe e Mn; 20 ppm de Na; 39 ppm de P; 80 ppm de Mg e Ca; 100 ppm de K. As curvas-padrão foram obtidas com 6 diferentes concentrações.

Para análise das amostras, utilizou-se os seguintes comprimentos de onda (nm): 317,933 para Ca; 259,939 para Fe; 285,213 para Mg; 259,372 para Mn; 224,700 para Cu; 213,857 para Zn; 196,026 para Se; 202,031 para Mo; 267,716 para Cr; 213,617 para P; 404,721 para K; 589,592 para Na; 214,440 para Cd; 308,215 para Al; 220,353 para Pb; 231,604 para Ni. Após as leituras, as concentrações nas amostras, em ppm (mg/L), foram calculadas, levando-se em conta as diluições e a possível presença dos elementos no branco.

### *2.6 Delineamento experimental e análise estatística dos dados*

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (sistema de cultivo orgânico e convencional), 3 repetições por tratamento, e análise das amostras em duplicata. O teste t de 'Student' ( $\alpha=5\%$ ) foi aplicado utilizando procedimentos do SAS (*Statistical Analysis System*), versão 9.1, licenciado para a UFV.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *3.1 Conteúdo de minerais*

O conteúdo médio dos minerais encontrados nas amostras de polpa das frutas produzidas orgânica e convencionalmente é apresentado na Tabela 1.

Para manga, apenas os teores de Mg, K e Cr apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo. A manga orgânica apresentou maior teor de Mg e K; e a convencional, maior conteúdo de Cr. O cultivo convencional pode ter sido afetado pelo uso de fertilizantes químicos contendo Cr (Welch e Graham, 2005).

Os teores de minerais encontrados na manga convencional são semelhantes aos achados de Morgano *et al.* (1999) e de Soares *et al.* (2004), ao analisarem o teor de K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn em sucos de manga concentrados; o teor de Na foi superior, provavelmente devido à utilização de conservadores sob a forma de sais de sódio durante o processo de fabricação de sucos (Soares *et al.*, 2004). Carvalho *et al.* (2004) também encontraram teores de Ca, Cu, Fe, P, Mg, Mn, K, Zn semelhantes ao do presente estudo, em manga Palmer cultivada no estado de SP, exceto para Mn e K. Ribeiro (2006), ao analisar minerais antioxidantes em polpa de manga *Palmer* liofilizada encontrou teores de Cu, Mn e Fe superiores e de Zn próximo. Leterme *et al.* (2006) detectaram em manga in natura da Colômbia níveis superiores para Ca (72 a 79 mg), K (176 a 315 mg), Mg (28 a 31 mg), Na (3 a 4 mg), Zn (0,11 a 0,14 mg), Fe (0,29 a 0,55 mg) e o Se não foi detectado.

Para caqui, o conteúdo de Mg, Cu, Zn, P, Na e K foi diferente ( $p < 0,05$ ) entre os cultivos agronômicos, sendo os teores de Mg, P, Na e K no caqui convencional, e de Cu e Zn no orgânico superiores ao respectivo tratamento comparativo. Na produção orgânica, é acrescentado sulfato de cobre e de zinco à cultura, o que pode ter levado aos maiores teores destes elementos em caqui orgânico.

A Tabela de Composição de Alimentos Brasileira TACO (2006) mostra similaridade para o teor de Mg, P, Fe e K, teor superior para Ca, Mn, Na e Zn, e teor inferior de Cu, por 100 g de fruta, para caqui *Chocolate* convencional em comparação à variedade analisada nesse estudo. Já a Tabela Americana USDA (2007) mostra para caqui *Japonês* convencional, teor similar de Ca, Mg, P e K, teor superior de Fe, Na, Zn, Cu e Mn, e teor inferior de Se, por 100g de fruta, em relação ao presente estudo.

**Tabela 1.** Conteúdo médio de minerais na porção comestível de frutas produzidas no sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C)<sup>1</sup> (resultados expressos em base úmida).

Conteúdo de minerais (mg/100g)	MANGA		CAQUI		ACEROLA		MORANGO	
	O	C	O	C	O	C	O	C
Ca	5,48 ± 1,59	7,01 ± 1,56	10,93 ± 1,27	9,92 ± 0,35	14,12 ± 1,86*	27,87 ± 3,49*	13,50 ± 0,56	13,61 ± 0,22
Fe	0,08 ± 0,01	0,12 ± 0,05	0,06 ± 0,009	0,08 ± 0,036	0,18 ± 0,01*	0,27 ± 0,04*	0,22 ± 0,03	0,26 ± 0,01
Mg	8,39 ± 0,65*	6,83 ± 0,59*	8,54 ± 0,18*	9,61 ± 0,29*	15,71 ± 0,92	17,62 ± 0,77	11,64 ± 0,44	11,65 ± 0,53
Mn	0,12 ± 0,03	0,23 ± 0,06	0,20 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,03 ± 0,002*	0,06 ± 0,009*	0,13 ± 0,009	0,15 ± 0,003
Se <sup>2</sup>	0,016 ± 0,003	0,013 ± 0,002	0,012 ± 0,004	0,014 ± 0,005	0,004 ± 0,0009	0,004 ± 0,003	0,007 ± 0,0016	0,007 ± 0,0019
Cu	0,08 ± 0,016	0,05 ± 0,005	0,019 ± 0,003*	0,004 ± 0,002*	0,069 ± 0,007	0,081 ± 0,013	0,04 ± 0,003	0,04 ± 0,002
Mo	0,006 ± 0,0009	0,005 ± 0,0005	0,006 ± 0,0002	0,006 ± 0,0006	0,005 ± 0,0006*	0,011 ± 0,0025*	0,011 ± 0,0017*	0,007 ± 0,0006*
Zn	0,045 ± 0,006	0,048 ± 0,014	0,032 ± 0,004*	0,021 ± 0,002*	0,10 ± 0,001	0,13 ± 0,011	0,089 ± 0,009	0,076 ± 0,006
P	7,85 ± 1,06	6,71 ± 0,78	15,16 ± 0,42*	19,21 ± 1,90*	20,30 ± 1,23	24,28 ± 2,26	22,82 ± 1,28	20,82 ± 0,93
Na	0,35 ± 0,06	0,30 ± 0,01	0,40 ± 0,020*	0,55 ± 0,023*	0,53 ± 0,09	0,69 ± 0,08	0,45 ± 0,04	0,48 ± 0,04
K	113,07 ± 10,71*	67,28 ± 1,53*	103,21 ± 1,64*	150,39 ± 13,50*	147,96 ± 9,83	147,31 ± 6,16	104,78 ± 3,65	107,53 ± 4,17
Cr	0,0005 ± 0,0004*	0,0011 ± 0,0001*	0,0015 ± 0,0008	0,0007 ± 0,0003	0,003 ± 0,0005	0,003 ± 0,0004	0,0009 ± 0,0001	0,0010 ± 0,0003

<sup>1</sup> Média ± desvio-padrão de 3 repetições, em duplicata. <sup>2</sup> Para acerola orgânica, média de 2 repetições (4 observações); para morango convencional, média de 3 repetições (5 observações). \* Médias são estatisticamente diferentes, para cada fruta e mineral, pelo teste t de 'Student' (p≤0,05).



Para acerola convencional, os teores de Ca, Fe, Mn e Mo foram superiores ( $p < 0,05$ ) em relação à orgânica. Estudos associando a adubação mineral da aceroleira e o valor nutricional da acerola são escassos. Segundo Corrêa *et al.* (2002), a adubação fosfatada em aceroleiras é prática comum e há recomendação da adição de zinco às estas fórmulas de adubação (particularmente em regiões de deficiência); esta interação entre P e Zn afeta positivamente no acúmulo de Ca, Cu, Fe e Mn nas folhas da planta, e provavelmente nos frutos. Além disso, o maior teor de Ca encontrado na acerola convencional pode ser devido provavelmente a aplicação no solo de fertilizantes químicos que contém em sua formulação este nutriente (Corrêa *et al.*, 2002) ou devido ao processo de calagem. O maior teor de Mo pode ser explicado pela utilização de fertilizantes com micronutrientes no cultivo convencional que afetam este elemento e outros como Fe e Mn, por exemplo (Welch e Graham, 2005). Segundo He *et al.* (2005) o maior teor de Fe e Mn no cultivo convencional pode ser devido também ao uso de fungicidas, pesticidas e herbicidas.

Leterme *et al.* (2006) encontraram em acerola convencional cultivada na Colômbia, teores de minerais superiores, exceto para Na e Cu, e o Se não foi detectado. Nos estudos de Morgano *et al.* (1999) e Soares *et al.* (2004) os teores de minerais foram semelhantes ou inferiores ao do presente estudo, em sucos de acerola concentrado.

Em morango, apenas o conteúdo de Mo foi diferente ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo, sendo maior no orgânico, corroborando com os estudos de Hakala *et al.* (2003), no qual não foram observadas diferenças estatísticas no teor de Mn, Mg, Ca, K, Fe, Zn e Cu entre as três variedades de morango produzidas orgânica e convencionalmente.

Hakala *et al.* (2003) encontraram teor semelhante de Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn e Zn em morangos cultivados convencionalmente na Finlândia. Também, os resultados encontrados para morango convencional por Jorhem e Sundström (1993) apresentaram similaridade para Cu, Mn e Zn; bem como os resultados de Capar e Cunningham (2000), para Ca, Mg, Cu e Zn. Ekholm *et al.* (2007), analisando o conteúdo de minerais e elementos traços em frutas da Finlândia, encontraram para morango convencional 1550, 200, 140, 220, 2,5, 0,5, 4,2, 1, e 0,001 mg de K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn, Zn, Se em 100g de matéria seca, respectivamente.

As diferenças significativas encontradas quanto ao conteúdo de minerais em cada fruta nos dois sistemas de cultivo agrônômicos não têm grande implicação

fisiológica para a saúde humana, pois do ponto de vista nutricional o teor de minerais encontrados em frutas é baixo quando comparado à necessidade nutricional.

A variabilidade intra-específica observada nesse estudo tem sido mencionada por outros autores (Jorhem e Sundström, 1993; Morgano *et al.*, 1999; Hardisson *et al.*, 2001; Hofman *et al.*, 2002; Soares *et al.*, 2004; Hakala *et al.*, 2003; Leterme *et al.*, 2006). As diferenças encontradas, entre este estudo e relatos da literatura, quanto ao teor de minerais em frutas, podem ser atribuídas aos vários fatores que afetam seu conteúdo em alimentos, tais como espécie e variedade do vegetal, estágio de maturação, condições de cultivo, tais como fertilidade do solo e pH, suprimento de água, variações climáticas e sazonais, uso de fertilizantes e agrotóxicos, disponibilidade dos elementos no solo (Sanchez-Castillo *et al.*, 1998; Hofman *et al.*, 2002; Fraga, 2005; Ekholm *et al.*, 2007). Além disso, vale ressaltar que diferenças de metodologia de análise podem contribuir para estas variações de conteúdo.

Quanto às práticas agrônômicas, Welch e Graham (2005) afirmam que têm sido utilizadas técnicas para aumentar a produção de cultivares e sua qualidade em termos de micronutrientes para atender a necessidade humana. O tipo, a frequência e a quantidade de adubos químicos utilizados afetam o conteúdo de minerais dos cultivares. Destacaram tipo e quantidade de fertilizantes com macronutrientes (por exemplo, N, P, K, Mg, Ca, S-enxofre) que afetam níveis de proteínas, lipídios, vitaminas e anti-nutrientes; tipo, método de aplicação e quantidade de fertilizantes com micronutrientes, que são efetivos para Zn, Mo, Ni, Se, Cl-cloro, Li-lítio, I-iodo, e com efetividade limitada para Fe, Cu, Mn, B-boro, Cr e V-vanádio. Além disso, muitos fungicidas, pesticidas, e herbicidas contém Cu, Zn, Fe, Mn e As-arsênio (He *et al.*, 2005).

O processo de acumulação de micronutrientes nos solos não está completamente claro. A complexidade e o volume de dados literários dificultam tal esclarecimento (Welch e Graham, 2005). Contudo, sabe-se que a disponibilidade de nutrientes está relacionada à fertilidade do solo. Esta pesquisa não visou a avaliação da fertilidade dos solos em que as frutas foram cultivadas; mas os resultados encontrados podem ser devido à própria condição dos solos. Segundo Bataglia (2003), através do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) é possível ordenar os nutrientes de acordo com o seu grau de limitação e calcular o balanço nutricional para a planta estudada. Este autor afirma que 60% dos solos

cultivados têm limitações nutricionais ou apresentam toxicidade, e 50 % da população sofre deficiências nutricionais de micronutrientes.

Clark *et al.* (1998) encontraram que a contribuição do solo para C, P, K, Ca e Mg foi mais alta em sistemas orgânicos como resultado do tipo de adubação e práticas de cultivo. Entretanto, Mäder *et al.* (2002) reportaram menores contribuições de N, P e K em sistemas orgânicos do que em convencionais.

Smith (1993) relatou maior conteúdo de minerais em maçã e pêra orgânicas em comparação as convencionais. Hakala *et al.* (2003) concluíram que o cultivo orgânico não afetou significativamente o conteúdo de minerais em morangos. Estudos realizados por Bourn e Prescott (2002), Williams (2002), Winter e Davis (2007) e Woese *et al.* (1997) indicam que a composição nutricional de produtos orgânicos não difere significativamente dos convencionais. Williams (2002) concluiu que alguns estudos mostram algum aumento do conteúdo de micronutrientes em alimentos orgânicos, mas considera que esta pequena diferença não parece ter implicações na saúde dos consumidores.

Segundo Davis *et al.* (2004), o uso de pesticidas não causou perdas de nutrientes, e sim a habilidade dos cultivares em incorporar minerais do solo, transportá-los para as diversas partes da planta, e a sua própria síntese de nutrientes. Trewavas (2004) relata que a composição de minerais em alimentos convencionais pode variar substancialmente, dependendo das condições de crescimento e do uso de fertilizantes (Finesilver *et al.*, 1989).

Vale destacar que as comparações entre os sistemas de cultivo devem ser experimentalmente válidas, com amostragem representativa e metodologia de análise adequada, o que muitas vezes não é demonstrado em estudos (Pussemier *et al.*, 2006), além do controle experimental de fatores como tipo de variedade, manejo da cultura, práticas de colheita e pós-colheita (Warman e Havard, 1997). Caris-Veyrat *et al.* (2004) e Carbonaro *et al.* (2002) enfatizam que produtos orgânicos e não orgânicos devem ser obtidos sob as mesmas condições de cultivo (região geográfica e condição climática). Por todas estas razões, existem muitas pesquisas com alimentos que apresentam resultados contraditórios (Pussemier *et al.*, 2006), além da escassez de estudos nesta área, principalmente no segmento da fruticultura, dificultando assim a comparação da qualidade nutricional entre estes alimentos.

### 3.2 Conteúdo de metais pesados

Os metais pesados Al, Pb, Cd e Ni foram encontrados nas polpas das frutas orgânicas e convencionais, com exceção do Al que não foi detectado na manga e no caqui. Na manga, não houve diferença no conteúdo de elementos tóxicos entre os sistemas de cultivo. No caqui, a diferença foi observada no conteúdo de Pb, superior ( $p < 0,05$ ) para o cultivo orgânico. Na acerola, o conteúdo de Al e Ni foram maiores ( $p < 0,05$ ) para o cultivo convencional. No morango, apenas o teor de Al foi maior ( $p < 0,05$ ) no cultivo orgânico (Tabela 2).

Leterme *et al.* (2006) encontraram teores de Ni superiores em acerola convencionais cultivadas na Colômbia (0,02 mg/100g) e manga (0,03 e 0,05 mg/100g). Na Finlândia, Hakala *et al.* (2003) observaram teores menores de Pb ( $< 0,7$  µg/100g de Pb) e de Cd ( $< 0,03-1,6$  µg/100g), em morango cultivado convencionalmente. O mesmo foi observado por Jorhem e Sundström (1993) em morangos convencionais, para Pb e Cd ( $< 0,5$  µg/100g e 0,8 µg/100g), e por Capar e Cunningham (2000) ( $< 2$  µg/100g e 1,6 µg/100g), respectivamente. Ekholm *et al.* (2007) analisando o conteúdo de elementos traços em frutas da Finlândia, encontraram para morango convencional 0,024 mg; 0,9 mg; 0,004 mg e 0,005 mg de Ni, Al, Cd e Pb, respectivamente, em 100g de matéria seca.

O uso de fertilizantes e agrotóxicos, atividades urbano-industriais, tipo de irrigação e adubação interferem no acúmulo de elementos traços nos solos (He *et al.*, 2005). Os metais pesados e dioxinas, importantes químicos encontrados no meio ambiente, especialmente nas áreas mais industrializadas (He *et al.*, 2005), podem contaminar alimentos produzidos por ambos os sistemas, orgânico e convencional (Pussemier *et al.*, 2006; Baker *et al.*, 2002), bem como água contaminada utilizada para irrigação (He *et al.*, 2005).

Além disso, contaminantes podem ser oriundos de material de embalagens utilizados nestes alimentos, ambos os sistemas estão sujeitos à contaminação por materiais plásticos e recicláveis, ou caixas de papelão. No sistema orgânico, alumínio e material de PVC são proibidos, mas embalagens recicláveis são permitidas, o que pode levar à contaminação por alguns metais pesados (Pussemier *et al.*, 2006).

Apesar de alguns estudos de revisão (Baker *et al.*, 2002 e Pussemier *et al.*, 2006) mostrarem que produtos orgânicos contêm menor quantidade de resíduos de pesticidas que os do sistema convencional, a contaminação ambiental generalizada

(FAO/OMS, 1999) e derivação de produtos químicos provenientes de propriedades convencionais podem afetar negativamente áreas de cultivo orgânico. Desta forma, apenas o uso reduzido de agroquímicos não é considerado suficiente para garantir a não contaminação dos cultivares por metais pesados (Peris *et al.*, 2007).

O uso de fertilizantes também pode contaminar o solo com Cd e Pb (He *et al.*, 2005); como os fosfatados, considerados a maior fonte de metais pesados entre todos os fertilizantes minerais (Nicholson *et al.*, 2003). A aplicação de fertilizantes pode aumentar a biodisponibilidade de metais pesados no solo devido a alterações químicas provocadas (Tu *et al.*, 2002). Desta forma, o tipo e a quantidade de fertilizante químico utilizado é uma importante via de metais pesados na cadeia alimentar. No Brasil, estão regulamentados os limites máximos de metais pesados tóxicos admissíveis em fertilizantes minerais que contenham o nutriente fósforo [0,75 de Cd e 37,5 de Pb, em mg/kg por ponto percentual de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>] e que contenham exclusivamente micronutrientes [15 de Cd, 750 de Pb e 420 de Ni, em mg/kg por ponto percentual de micronutriente] (Brasil, 2005).

De acordo com Tahvonen (1995), muitos autores têm reportado acúmulo de Cd em morangos provenientes de solos contaminados, teor acima de 5 µg/100g de Cd. De acordo com Hakala *et al.* (2003), o aumento significativo do pH do solo facilita o acúmulo de Cd em frutas. Adicionalmente, sabe-se que o acúmulo de alumínio em plantas parece ser crítico em solos ácidos (Tyler, 1994). O pH de solos cultivados organicamente mostrou-se ligeiramente mais elevado nos estudos de Clark *et al.* (1998) e Mäder *et al.* (2002). Peris *et al.* (2007) afirmaram que a elevada salinidade de alguns solos pode facilitar a mobilidade de alguns metais pesados, além do alto percentual de matéria orgânica (>2%) e presença de carbonatos (11 a 60%) aumentarem a retenção destes metais pesados.

**Tabela 2.** Conteúdo médio de metais pesados na porção comestível de frutas produzidas no sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C)<sup>1</sup> (resultados expressos em base úmida).

Conteúdo de metais pesados (mg/100g)	MANGA		CAQUI		ACEROLA		MORANGO	
	O	C	O	C	O	C	O	C
Al	nd	nd	nd	nd	0,081 ± 0,024*	0,164 ± 0,044*	0,079 ± 0,003*	0,060 ± 0,005*
Pb <sup>2</sup>	0,036 ± 0,046	0,070 ± 0,108	0,031 ± 0,014*	0,003 ± 0,002*	0,006 ± 0,006	0,004 ± 0,004	0,014 ± 0,014	0,009 ± 0,004
Cd <sup>3</sup>	0,008 ± 0,0006	0,007 ± 0,0012	0,008 ± 0,0010	0,008 ± 0,0001	0,00005 ± 0,00007	0,00 ± 0,00	0,004 ± 0,0007	0,004 ± 0,0002
Ni	0,014 ± 0,0006	0,012 ± 0,0010	0,015 ± 0,002	0,012 ± 0,001	0,003 ± 0,001*	0,006 ± 0,001*	0,005 ± 0,0002	0,006 ± 0,0004

<sup>1</sup> Média ± desvio-padrão de 3 repetições, em duplicata. nd: não detectado. <sup>2</sup> Para manga orgânica, acerola orgânica e morango convencional, média de 3 repetições (5 observações); para acerola convencional, média de 2 repetições (3 observações). <sup>3</sup> Para acerola orgânica, média de 2 repetições (3 observações); para acerola convencional, média de 2 repetições (2 observações). \* Médias são estatisticamente diferentes, para cada fruta e elemento tóxico, pelo teste t de 'Student' (p≤0,05).

### *3.3 Informação nutricional e risco de toxicidade por metais pesados*

Na acerola convencional foi observado maior conteúdo de Ca, Fe, Mg, Zn, P e Na; na manga convencional, maior teor de Mn e na orgânica de Se; na manga orgânica e acerola convencional, maior conteúdo de Cu; na acerola convencional e morango orgânico, teor superior de Mo; no caqui convencional, teor mais elevado de K; e na acerola orgânica e convencional, conteúdo superior de Cr (Tabela 1).

Apesar das frutas apresentarem baixas concentrações de minerais, a ingestão destas pode contribuir para suprir a necessidade diária de nutrientes essenciais. Considerando o percentual de atendimento destas necessidades de crianças e homens adultos (IOM, 1997, 2000, 2001 e 2004), as frutas analisadas não podem ser consideradas fonte de Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, P, Na, K, Cu e Cr para indivíduos adultos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pela Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998, permite atribuir a alimentos sólidos e prontos para consumo, a denominação de “fonte”, àquele que atender 15% da IDR (Ingestão Dietética de Referência) e “rico”, àquele que atender 30% da IDR (Brasil, 1998). Contudo, manga orgânica e acerola convencional são fontes de Cu, e acerola orgânica e convencional, fontes de Cr para crianças. Além disso, acerola convencional e morango orgânico são considerados fontes de Mo para adultos e ricos neste elemento para crianças. Manga orgânica, fonte de Se para adultos e rica fonte para crianças.

Considerando o teor de elementos tóxicos à saúde humana, as frutas orgânicas e convencionais analisadas no presente estudo apresentaram baixos teores, não representando risco para os consumidores, com exceção da manga convencional para Pb. De acordo com a ANVISA (Brasil, 1965), o limite máximo de tolerância de contaminantes inorgânicos para frutas é 0,1; 0,5 e 0,05 mg/100g de Cd, Ni e Pb, respectivamente. Segundo muitos autores, a ingestão dietética de Al não deveria exceder 6 mg/dia (Soliman e Zikovsky, 1999).

## **4. CONCLUSÕES**

Ao comparar o conteúdo de minerais entre os sistemas de cultivo observou-se que, para manga, a polpa orgânica apresentou maior conteúdo de Mg e K, e a convencional, maior teor de Cr. Para caqui, os teores de Mg, P, Na e K em polpa convencional, e Cu e Zn em polpa orgânica foram mais elevados do que o respectivo tratamento comparativo. Em acerola, Ca, Fe, Mn e Mo foram maiores para a polpa

convencional. E para morango, o conteúdo de Mo foi maior em polpa orgânica. Quanto aos elementos tóxicos, para caqui, o conteúdo de Pb em polpa orgânica foi superior à convencional; para acerola, o conteúdo de Al e Ni foram maiores na polpa convencional; e para morango, o teor de Al foi superior em polpa orgânica.

Não se pode afirmar a superioridade do conteúdo de minerais para todas as frutas cultivadas através do sistema orgânico. Contudo vale destacar que os teores de Mg e K, em manga orgânica; Cu e Zn, em caqui orgânico; e Mo, em morango orgânico se mostraram superiores. Além disso, este estudo evidenciou a presença de metais pesados em frutas orgânicas, entretanto em baixos teores, sendo que caqui e morango orgânicos apresentaram maior teor de Pb e Al, respectivamente, do que as frutas obtidas do tratamento convencional.

Ressalta-se que o tipo e as condições do solo (local de origem, pH, fertilidade, teor de matéria orgânica), a cultura (espécie e cultivar), o tipo e a quantidade de agroquímicos (fertilizantes e agrotóxicos), os tratamentos pós-colheita (armazenamento e transporte) são os fatores responsáveis pela variação do conteúdo de elementos em frutas, e não exclusivamente as técnicas de cultivo.

Desta forma, mais pesquisas devem ser realizadas para esclarecer sobre o conteúdo de minerais e metais pesados em frutas orgânicas e convencionais, em decorrência da escassez de dados científicos comparando os dois sistemas de cultivo. Destaca-se a importância de estudos como este para contribuir com os bancos de dados de composição química de alimentos.

Vale ressaltar que há necessidade de maior conhecimento sobre os possíveis fatores benéficos à retenção de minerais em frutas, ou agravantes à retenção de metais pesados, uma vez que podem afetar tanto a saúde humana quanto o meio ambiente.

Em geral, as frutas analisadas tanto orgânicas quanto convencionais podem contribuir para adequação nutricional de elementos essenciais, além de apresentarem baixos teores de elementos tóxicos, sendo recomendado o consumo pela população.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa e concessão de bolsa de mestrado e bolsa de iniciação científica. Agradecem também à FAPEMIG pela concessão de bolsa de iniciação científica.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, A. S. F., Santos, V. B., & Monteiro, R. T. R. (2007). Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European Journal of Soil Biology*, 1-6. [in press].

Baker, B. P., Benbrook, C. M., Groth, E., & Benbrook, K. L. (2002). Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Additives and Contaminants*, 19(5), 427-446.

Bataglia, O. C. (2003). Nutrição mineral de plantas: a contribuição brasileira. *O Agrônomo*, 55(1), 40-43.

Bernstein, M., Nelson, M., Tucker, K., Layne, J., Johnson, E., Nuernberger, A., *et al.* (2002). A home-based nutrition intervention to increase consumption of fruits, vegetables and calcium-rich foods in community dwelling elders. *Journal of the American Dietetic Association*, 102, 1421-1422.

Bertholf, R. I., Wills, M. R., & Savory, J. (1988). In: Seiler, H. G., & Sigel, H. (editors). *Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds*. New York: Marcel Dekker.

Borges, A. L., Fancelli, M., Ritzinger, C. H. S. P., Reinhardt, D. H., Silva, M. N. B., Trindade, A. V., & Souza, L. S. (2003). Aspectos gerais da produção orgânica de frutas. In: Stringheta, P. C., & Muniz, J. N. *Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação* (452p). Viçosa: UFV.

Bourn, D., Prescott, J. (2002). A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), 1-34.

Brasil. (1965). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965*. Modifica o Decreto nº 50040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 09 de abril de 1965.

Brasil. (1998). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998*. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação

Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. D.O.U. - Diário Oficial da União [República Federativa do Brasil], de 16 de janeiro de 1998.

Brasil. (1999). Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Instrução Normativa n° 007 de 17 de maio de 1999*. Estabelece normas para produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, n.94, p.11.

Brasil. (2005). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Portaria n° 49 de 25 de abril de 2005*. Projeto de Instrução Normativa que aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, seção 1, p.20.

Capar, S., & Cunningham, W. (2000). Element and radionuclide concentrations in food: FDA total diet study 1991-1996. *Journal of AOAC International*, 83, 157-177.

Carbonaro, M., Mattera, M., Nicoli, S., Bergamo, P., & Cappelloni, M. (2002). Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (Peach, *Prunus persica* L., and Pear, *Pyrus communis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5458-5462.

Caris-Veyrat, C., Amiot, M. J., Tyssandier, V., Grasselly, D., Buret, M., Mikolajczak, M. *et al.* (2004). Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6503-6509.

Carvalho, C. R. L., Rosseto, C. J., Mantovani, D. M. B., Morgano, M. A., Castro, J. V., & Bortoletto, N. (2004). Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparadas a outras de importância comercial. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2), 264-271.

Clark, M. S., Horwath, W. R., Sherman, C., & Scow, K. M. (1998). Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomy Journal*, 90, 662-671.

- Combs Jr., G. F. (2000). Food system-based approaches to improving micronutrient nutrition: the case for selenium. *Biofactors*, 12, 39-43.
- Corrêa, F. L. O., Souza, C. A. S., Mendonça, V., & Carvalho, J. G. (2002). Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(3), 765-769.
- Davis, D. R., Epp, M. D., & Riordan, H. D. (2004). Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *Journal of the American College of Nutrition*, 23, 669-682.
- Den Hond, E., Nawrot, T., & Staessen, J. A. (2003). Hypertension caused by low-level lead exposure: myth or fact? *Journal of Cardiovascular Risk*, 1, 87-97.
- Ekholm, P., Reinivuo, H., Mattila, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., Hellström, J., & Ovaskainen, M-L. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 487-495.
- FAO/OMS. (1999). El codex alimentarius: directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Disponível em <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- Finesilver, T., Johns, T., & Hill, S. B. (1989). Comparison of food quality of organically versus conventionally grown plant foods. Quebec: Ecological Agriculture Projects, McGill University. Disponível em: <[www.eap.mcgill.ca/Publications/EAP38.htm](http://www.eap.mcgill.ca/Publications/EAP38.htm)>. Acesso em: 11 nov. 2007.
- Fisher, P. W. F., L'Abbe, M. R., Cockell, K. A., & Gibson, R. S. (1997). *Trace elements in man and animals - Proceedings of the ninth international symposium on trace elements in man and animals*. NRC. Research Press, Ottawa, Canada.
- Fraga, C. G. (2005). Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 235-244.
- Fraga, C. G., & Oteiza, P. I. (2002). Iron toxicity and antioxidant nutrients. *Toxicology*, 180, 23-32.
- Ghidini, S., Zanardi, E., Battaglia, A., Varisco, G., Ferretti, E., Campanini, G., *et al.* (2005). Comparison of contaminant and residue levels in organic and conventional

milk and meat products from Northern Italy. *Food Additives and Contaminants*, 22, 9-14.

Hakala, M., Lapveteläinen, A., Huopalahti, R., Kallio, H., & Tahvonen, R. (2003). Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 67-80.

Hardisson, A., Rubio, C., Baez, A., Martin, M., Alvarez, R., & Diaz, E. (2001). Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 73, 153-161.

He, Z. L., Yang, X. E., & Stoffella, P. J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19, 125-140.

Hofman, P., Vuthapanich, S., Whiley, A., Klieber, A., & Simons, D. (2002). Tree yield and fruit mineral concentrations influence Hass avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92, 113-123.

Institute of Medicine (IOM-U.S.) (2001). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington, D.C., National Academy Press.

Institute of Medicine (IOM-U.S.). (1997). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington, D.C., National Academy Press.

Institute of Medicine (IOM-U.S.). (2000). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, D.C., National Academy Press.

Institute of Medicine (IOM-U.S.). (2004). Food and Nutrition Board. *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes*. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Washington, D.C., National Academy Press.

Instituto Biodinâmico (IBD). (2007). A agricultura orgânica no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibd.com.br/News\\_Detalhe.aspx?idnews=4](http://www.ibd.com.br/News_Detalhe.aspx?idnews=4)>. Acesso em: 09 nov. 2007.

Jorhem, L., & Sundström, B. (1993). Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the Swedish market 1983-1990. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6, 223-241.

Lee, M. S. (1990). *Metals in Food: A Literature Survey*. Br. Food Manufacturing Ind. Res. Assoc. Food Focus, n.12.

Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., & Londoño, A. M. (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95, 644-652.

Mäder, P., Fliebbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296, 1694-1697.

Magkos, F., Arvaniti, F., & Zampelas, A. (2006). Organic food: buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(1), 23-56.

Millis, P. R., Ramsey, M. H., & John, E. A. (2004). Heterogeneity of cadmium concentration in soil as a source of uncertainty in plant uptake and its implications for human health risk assessment. *The Science of the Total Environment*, 326, 49-53.

Milton, K. (2003). Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? *Comparative Biochemistry and Physiology*, part A, 136, 47-59.

Moreira, F. R., & Moreira, J. C. (2004). Effects of lead exposure on the human body and health implications. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 15, 119-129.

Morgano, M. A., Quiroz, S. C. N., & Ferreira, M. M. C. (1999). Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(3), ISSN 0101-2061.

Neves, M. C. P., Almeida, D. L., De-Polli, H., Guerra, J. G. M., & Ribeiro, R. L. D. (2004). *Agricultura orgânica: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis*. Seropédica: EDUR. 98p.

- Nicholson, F. A., Smith, S. R., Alloway, B. J., Carlton-Smith, C., & Chambers, B.J. (2003). An inventory of heavy metal trace metal inputs to agricultural soils in England and Wales. *The Science of the Total Environment*, 311, 205-219.
- Nriagu, J. O. (1990). Global metal pollution. Poisoning the biosphere? *Environment*, 32, 28-33.
- Oteiza, P.I., Mackenzie, G.G., & Verstraeten, S.V. (2004). Metals in neurodegeneration: involvement of oxidants and oxidant-sensitive transcription factors. *Molecular Aspects of Medicine*, 25, 103-115.
- Peris, M., Micó, C., Recatalá, L., Sánchez, R., & Sánchez, J. (2007). Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European Mediterranean region. *The Science of the Total Environment*, 378, 42-48.
- Pussemier, L., Larondelle, Y., Peteghem, C. V., & Huvghaert, A. (2006). Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control*, 17, 14-21.
- Ribeiro, S. M. R. (2006). *Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas (Mangifera indica L.) cultivadas no estado de Minas Gerais*. Viçosa, 166p. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, MG].
- Sanchez-Castillo, C. P., Dewey, P. J. S., Aguirre, A., Lara, J. J., Vaca, R., Barra, P. L. de la., Ortiz, M., Escamilla, I., & James, W. P. T. (1998). The mineral content of mexican fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 340-356.
- Siddiqui, M. K., Srivastava, S., & Mehrotra, P. K. (2002). Environmental exposure to lead as a risk for prostate cancer. *Biomedical and environmental sciences*, 15, 298-305.
- Silva, A. L. O., Barrocas, P. R. G., Jacob, S. C., & Moreira, J. C. (2005). Dietary intake and health effects of selected toxic elements. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 79-93.
- Skoog, D. A. (1992). *Principles of instrumental analysis*. Philadelphia: Saunders College. 848p.
- Smith, B. L. (1993). Organic foods vs supermarket foods: elemental levels. *Journal of Applied Nutrition*, 45, 35-39.

- Soares, L. M. V., Shishido, K., Moraes, A. M. M., & Moreira, V. A. (2004). Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(2), 202-206.
- Soliman, K., Zikovsky, L. (1999). Concentrations of Al in food sold in Montreal, Canada, and its daily dietary intake. *Journal Radional Nuclear Chemistry*, 242(3), 807-809.
- TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2006) – Versão 2. Disponível em <[www.unicamp.br/nepa/taco](http://www.unicamp.br/nepa/taco)>.
- Tahvonen, R. (1995). Lead and cadmium in some berries and vegetables on the Finnish market in 1991-1993. *Food Additives and Contaminants*, 12, 263-279.
- Telisman, S., Jurasovic, J., Pizent, A., & Cvitkovic, P. (2001). Blood pressure in relation to biomarkers of lead, cadmium, copper, zinc, and selenium in men without occupational exposure to metals. *Environmental Research*, 87, 57-68.
- Tolonen, M. (1990). *Vitamins and minerals in health and nutrition* (231p.). Ellis Horwood: New York.
- Trewavas, A. (2004). A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potencial environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, 23, 757-781.
- Trewavas, A. (2004). A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potencial environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, 23, 757-781.
- Tu, C., Zheng, C. R., & Chen, H. M. (2002). Effect of applying chemical fertilizers on forms of lead and cadmium in red soil. *Chemosphere*, 41, 133-138.
- Tyler, G. (1994). Plant uptake of aluminum from calcareous soils. *Experientia*, 50, 701-703.
- USDA United States Department of Agriculture (2007). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20. Nutrient Data Laboratory Home Page, <<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>>.
- Vincent, J. B. (2004). Recent advances in the nutritional biochemistry of trivalent chromium. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63, 41-47.

- Waalkes, M. P. (2003). Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research*, 533, 107-120.
- Warman, P. R., & Havard, K. (1997). A. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabagge. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 61, 155-162.
- Welch, R. M., & Graham, R. D. (2005). Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 299-307.
- WHO. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO, Geneva.
- Willett, W. C. (2002). Balancing life-style and genomics research for disease prevention. *Science*, 296, 695-698.
- Williams, C. M. (2002). Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? *Proceedings of the Nutrition Society*, 61, 19-24.
- Winter, C. K., & Davis, S. F. (2007). Are organic foods healthier? *CSA News*, 52(4), 2-13.
- Winter, C.K., & Davis, S.F. (2006). Organic foods. *Journal of Food Science*, 71(9), R117-R124.
- Woese, K., Lange, D., Boess, C., & Bogl, K. W. (1997). A comparison of organically and conventionally grown foods: results of a review of the relevant literature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 281-293.



#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Não se pode afirmar a superioridade da qualidade nutricional para todas as frutas provenientes do cultivo orgânico. Contudo, destaca-se que manga orgânica apresentou maior teor de  $\beta$ -caroteno e de provitamina A, de Mg e K; caqui orgânico mostrou maior conteúdo de Cu e Zn; acerola orgânica mostrou conteúdo superior de AA e vitamina C total; e morango orgânico apresentou teor superior de Mo. Também não se pode afirmar que frutas orgânicas são isentas de elementos tóxicos, já que caqui e morango orgânicos apresentaram maior teor de Pb e Al, respectivamente.

Manga convencional mostrou maior teor de Cr; caqui convencional apresentou teores mais elevados de ADA e vitamina C total, de Mg, P, Na e K.; acerola convencional apresentou maior teor de  $\beta$ -caroteno e valor provitamínico A, de Ca, Fe, Mn e Mo, e de Al e Ni; morango convencional mostrou-se superior quanto ao teor de AA e vitamina C total.

Condição de cultivo, tipo e fertilização do solo, irrigação, utilização de defensivos agrícolas podem explicar as diferenças encontradas entre os sistemas de produção orgânico e convencional.

A literatura científica mostra a escassez de dados de composição nutricional de frutas entre os dois sistemas de cultivo. Assim, percebe-se a necessidade de maior preocupação das instituições de pesquisa e maior investimento do governo nesta área. Mais pesquisas devem ser realizadas para esclarecer sobre o conteúdo de nutrientes e elementos tóxicos em frutas orgânicas e convencionais, a fim de contribuir com os bancos de dados de composição química de alimentos, e informar à população sobre os efeitos benéficos à saúde humana e ao meio ambiente devido ao sistema de produção orgânica em contraposição ao cultivo convencional.

Contudo, quanto ao valor nutricional, é recomendado o consumo das frutas analisadas, orgânicas e convencionais, pela população, uma vez que se mostraram excelentes fontes de vitamina C, podem contribuir com o atendimento das necessidades diárias de vitamina A e de minerais, e apresentaram baixos teores de elementos tóxicos.

## APÊNDICES

**Apêndice 1 (Metodologia).** Representação fotográfica das frutas cultivadas através do sistema de produção orgânico e convencional.



**Manga Convencional / Manga Orgânica**



**Morango Orgânico**



**Morango Convencional**



**Acerola Orgânica**



**Acerola Convencional**



**Caqui Orgânico**

**Caqui Convencional**

**Apêndice 2 (Artigo 2).** Conteúdo e teste de médias de ácido ascórbico (AA), ácido desidroascórbico (ADA), licopeno,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno em frutas produzidas através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C).

	Frutas	Tratamento	Teste de médias				
			x	S(x)	CV	Valor de t	Probabilidade
AA (mg/100g)	Manga	O	25,9850000	5,5208179	21,2461723	2,01	0,0722 <sup>ns</sup>
		C	38,5350000	14,2614975	37,0092058		
	Caqui	O	11,8483333	0,4817226	4,0657415	0,60	0,5620 <sup>ns</sup>
		C	11,9916667	0,3325307	2,7730149		
	Acerola	O	4023,3900000	198,6189600	4,9366092	-18,02	<,0001*
		C	2294,5300000	125,6169808	5,4746240		
Morango	O	30,7416667	3,6838752	11,9833295	4,75	0,0008*	
	C	42,4483333	4,7770259	11,2537420			
ADA (mg/100g)	Manga	O	6,7133333	5,1785854	77,1388092	0,09	0,9305 <sup>ns</sup>
		C	6,9216667	2,3939876	34,5868665		
	Caqui	O	0,9600000	1,3022442	135,6504392	5,39	0,0003*
		C	7,4950000	2,6688181	35,6079799		
	Acerola	O	739,4450000 <sup>c</sup>	455,6394330	61,6191107	---	---
		C	nd	nd	nd		
Morango	O	24,3316667	3,3433421	13,7407034	-1,09	0,2997 <sup>ns</sup>	
	C	22,1950000	3,4232485	15,4235119			
Lic <sup>a</sup> (mcg/ 100g)	Caqui	O	567,8683333	269,5873960	47,4735745	-1,01	0,3529 <sup>ns</sup>
		C	453,2716667	63,3211382	13,9697984		
$\alpha^b$ (mcg/ 100g)	Manga	O	17,2866667	8,4494631	48,8784985	-1,03	0,3260 <sup>ns</sup>
		C	13,4250000	3,5333256	26,3189991		

β-caroteno (mcg/100g)	Manga	O	1491,0100000	330,2659070	22,1505319	-2,70	0,0224*
		C	1010,2600000	285,5055044	28,2605967		
	Caqui	O	703,2433333	86,6390581	12,3199260	-1,46	0,1743 <sup>ns</sup>
		C	645,5950000	42,5849470	6,5962325		
	Acerola	O	2486,3800000	272,4799166	10,9588861	14,35	<,0001*
		C	6130,2400000	559,1651428	9,1214258		
	Morango	O	54,0766667	7,7081533	14,2541206	-0,32	0,7574 <sup>ns</sup>
		C	53,0183333	2,1475886	4,0506527		

x: Média de 6 repetições; S(x): Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação (%) =  $S(x)/x * 100$ ; Probabilidade:  $P > 0,05$ : não significativo (ns) ou \*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t de 'Student'. nd: Não detectado. (---): Não calculado. <sup>a</sup> Não foi detectado licopeno (lic) em manga, acerola e morango. <sup>b</sup> Não foi detectado α-caroteno (α) em caqui, acerola e morango. <sup>c</sup> Média de 4 repetições.

**Apêndice 3 (Artigo 3).** Conteúdo e teste de médias de minerais e metais pesados em manga liofilizada e *in natura* (se refere a polpa da fruta) produzida através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C).

Conteúdo (mg/100g)	Manga	Tratamento	Teste de médias				
			x	S(x)	CV	Valor de t	Probabilidade
Ca	Liofilizada	O	27,1833333	8,0841841	29,7394880	2,30	0,0826 ns
		C	40,3533333	5,7160505	14,1650021		
	<i>In natura</i>	O	5,4766667	1,5888465	29,0111967	1,19	0,2984 ns
		C	7,0100000	1,5561812	22,1994468		
Fe	Liofilizada	O	0,3776667	0,0697591	18,4710793	1,75	0,1556 ns
		C	0,6940000	0,3057842	44,0611293		
	<i>In natura</i>	O	0,0760000	0,0140000	18,4210526	1,35	0,2489 ns
		C	0,1186667	0,0529937	44,6576211		
Mg	Liofilizada	O	41,6166667	4,2558235	10,2262478	-0,39	0,7166 ns
		C	39,9800000	5,8996695	14,7565520		
	<i>In natura</i>	O	8,3900000	0,6502307	7,7500683	-3,07	0,0374*
		C	6,8333333	0,5918051	8,6605631		
Mn	Liofilizada	O	0,5946667	0,1786234	30,0375740	4,09	0,0149*
		C	1,3166667	0,2478575	18,8246192		
	<i>In natura</i>	O	0,1196667	0,0337244	28,1819273	2,65	0,0568 ns
		C	0,2303333	0,0638775	27,7326282		
Se	Liofilizada	O	0,0783333	0,0156312	19,9546793	-0,29	0,7843 ns
		C	0,0746667	0,0150444	20,1487216		
	<i>In natura</i>	O	0,0156667	0,0030551	19,5003221	-1,52	0,2028 ns
		C	0,0126667	0,0015275	12,0594097		
Cu	Liofilizada	O	0,3816667	0,0790021	20,6992427	-1,56	0,1944 ns
		C	0,2943333	0,0565361	19,2081962		
	<i>In natura</i>	O	0,0770000	0,0163707	21,2606566	-2,75	0,0513 ns
		C	0,0500000	0,0045826	9,1651514		
Mo	Liofilizada	O	0,0293333	0,0045092	15,3724423	-1,05	0,3545 ns
		C	0,0263333	0,0020817	7,9050608		
	<i>In natura</i>	O	0,0059333	0,000873689	14,7251038	-2,42	0,0730 ns
		C	0,0045333	0,000493288	10,8813593		

Zn	Liofilizada	O	0,2220000	0,0308058	13,8765061	1,04	0,3553 ns
		C	0,2843333	0,0986931	34,7103612		
	<i>In natura</i>	O	0,0446667	0,0058595	13,1182058	0,38	0,7207 ns
		C	0,0480000	0,0138564	28,8675135		
P	Liofilizada	O	38,8333333	4,6153476	11,8850152	0,11	0,9161 ns
		C	39,4633333	8,5662847	21,7069466		
	<i>In natura</i>	O	7,8500000	1,0551303	13,4411506	-1,51	0,2060 ns
		C	6,7066667	0,7814303	11,6515454		
Na	Liofilizada	O	1,7100000	0,2893095	16,9186855	0,12	0,9094 ns
		C	1,7333333	0,1662328	9,5903520		
	<i>In natura</i>	O	0,3450000	0,0596322	17,2846974	-1,37	0,2429 ns
		C	0,2970000	0,0115326	3,8830177		
K	Liofilizada	O	560,6733333	60,0249701	10,7058721	-3,84	0,0185*
		C	393,3333333	45,8690989	11,6616353		
	<i>In natura</i>	O	113,0666667	10,7145337	9,4762975	-7,33	0,0162*
		C	67,2800000	1,5336558	2,2795121		
Cr	Liofilizada	O	0,0025667	0,0017474	68,0797009	3,03	0,0388*
		C	0,0065333	0,0014468	22,1454433		
	<i>In natura</i>	O	0,000500000	0,000360555	72,1110255	2,78	0,0499*
		C	0,0011000	0,000100000	9,0909091		
Pb <sup>1</sup>	Liofilizada	O	0,1733333	0,2186466	126,1422661	0,58	0,5957 ns
		C	0,3770000	0,5724483	151,8430374		
	<i>In natura</i>	O	0,0356667	0,0457857	128,3712136	0,50	0,6412 ns
		C	0,0696667	0,1076770	154,5602671		
Cd	Liofilizada	O	0,0406667	0,0023094	5,6788551	0,11	0,9158 ns
		C	0,0410000	0,0045826	11,1770139		
	<i>In natura</i>	O	0,0082000	0,000624500	7,6158512	-1,49	0,2102 ns
		C	0,0070667	0,0011590	16,4012629		
Ni	Liofilizada	O	0,0686667	0,0049329	7,1838100	0,04	0,9693 ns
		C	0,0690000	0,0132288	19,1721109		
	<i>In natura</i>	O	0,0136667	0,000577350	4,2245142	-2,50	0,0668 ns
		C	0,0120000	0,0010000	8,3333333		

x: média de 3 repetições (6 observações); S(x): desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%) =  $S(x)/x * 100$ ; Probabilidade:  $P > 0,05$ : não significativo (ns); \*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t de 'Student'. <sup>1</sup> Para manga orgânica, média de 3 repetições (5 observações). Não foi detectado Al em manga.

**Apêndice 4 (Artigo 3).** Conteúdo e teste de médias de minerais e metais pesados em caqui liofilizado e *in natura* (se refere a polpa da fruta) produzida através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C).

Conteúdo (mg/100g)	Caqui	Tratamento	Teste de médias				
			x	S(x)	CV	Valor de t	Probabilidade
Ca	Liofilizado	O	55,5400000	6,8142571	12,2690982	-2,33	0,0805 ns
		C	46,0800000	1,7782295	3,8590049		
	<i>In natura</i>	O	10,9300000	1,2716525	11,6345148	-1,33	0,2551 ns
		C	9,9200000	0,3469870	3,4978531		
Fe	Liofilizado	O	0,3050000	0,0485695	15,9244386	0,61	0,5719 ns
		C	0,3666667	0,1667853	45,4868976		
	<i>In natura</i>	O	0,0600000	0,0090000	15,0000000	0,90	0,4207 ns
		C	0,0790000	0,0355949	45,0568905		
Mg	Liofilizado	O	43,3800000	1,2574180	2,8986122	1,05	0,3541 ns
		C	44,6300000	1,6408230	3,6765023		
	<i>In natura</i>	O	8,5400000	0,1824829	2,1368018	5,37	0,0058*
		C	9,6066667	0,2916048	3,0354416		
Mn	Liofilizado	O	1,0120000	0,1421689	14,0483116	-2,84	0,0470*
		C	0,7273333	0,0998516	13,7284450		
	<i>In natura</i>	O	0,1996667	0,0275015	13,7737137	-2,30	0,0829 ns
		C	0,1563333	0,0175594	11,2320402		
Se	Liofilizado	O	0,0593333	0,0176163	29,6903601	0,25	0,8133 ns
		C	0,0633333	0,0210792	33,2829721		
	<i>In natura</i>	O	0,0120000	0,0034641	28,8675135	0,48	0,6570 ns
		C	0,0136667	0,0049329	36,0942648		
Cu	Liofilizado	O	0,0980000	0,0127671	13,0276993	-9,83	0,0006*
		C	0,0176667	0,0061101	34,5854769		
	<i>In natura</i>	O	0,0193333	0,0025166	13,0169559	-9,22	0,0008*
		C	0,0036667	0,0015275	41,6597790		
Mo	Liofilizado	O	0,0306667	0,000577350	1,8826639	-1,06	0,3486 ns
		C	0,0286667	0,0032146	11,2135474		
	<i>In natura</i>	O	0,0059667	0,000152753	2,5600982	0,51	0,6401 ns
		C	0,0061333	0,000550757	8,9797346		
Zn	Liofilizado	O	0,1630000	0,0190000	11,6564417	-4,87	0,0082*
		C	0,0963333	0,0142244	14,7658050		

Zn	<i>In natura</i>	O	0,0320000	0,0036056	11,2673477	-4,58	0,0101*
		C	0,0206667	0,0023094	11,1745213		
P	Liofilizado	O	76,9866667	1,8252762	2,3708992	2,37	0,0772 ns
		C	89,2200000	8,7697035	9,8293023		
	<i>In natura</i>	O	15,1600000	0,4203570	2,7728034	3,61	0,0226*
		C	19,2133333	1,8999035	9,8884638		
Na	Liofilizado	O	2,0500000	0,1135782	5,5403984	6,38	0,0031*
		C	2,5600000	0,0793725	3,1004898		
	<i>In natura</i>	O	0,4040000	0,0196977	4,8756722	8,41	0,0011*
		C	0,5513333	0,0230723	4,1848277		
K	Liofilizado	O	524,0733333	11,2761178	2,1516298	5,30	0,0061*
		C	698,1200000	55,7839359	7,9905941		
	<i>In natura</i>	O	103,2100000	1,6380476	1,5871017	6,01	0,0248*
		C	150,3900000	13,4956030	8,9737369		
Cr	Liofilizado	O	0,0076000	0,0040951	53,8831453	-1,67	0,1711 ns
		C	0,0034667	0,0013051	37,6476384		
	<i>In natura</i>	O	0,0015000	0,000781025	52,0683312	-1,58	0,1885 ns
		C	0,000733333	0,000305505	41,6597790		
Pb	Liofilizado	O	0,1540000	0,0707672	45,9527429	-3,46	0,0709 ns
		C	0,0113333	0,0089629	79,0842921		
	<i>In natura</i>	O	0,0306667	0,0141892	46,2691232	-3,37	0,0280*
		C	0,0026667	0,0023094	86,6025404		
Cd	Liofilizado	O	0,0420000	0,0045826	10,9108945	-2,38	0,1369 ns
		C	0,0356667	0,000577350	1,6187391		
	<i>In natura</i>	O	0,0082667	0,0010263	12,4151648	-0,95	0,4400 ns
		C	0,0077000	0,000100000	1,2987013		
Ni	Liofilizado	O	0,0736667	0,0061101	8,2942547	-3,30	0,0298*
		C	0,0570000	0,0062450	10,9561368		
	<i>In natura</i>	O	0,0146667	0,0015275	10,4149448	-2,11	0,1024 ns
		C	0,0123333	0,0011547	9,3624368		

x: média de 3 repetições (6 observações); S(x): desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%) =  $S(x)/x * 100$ ; Probabilidade:  $P > 0,05$ : não significativo (ns); \*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t de 'Student'. Não foi detectado Al em caqui.



**Apêndice 5 (Artigo 3).** Conteúdo e teste de médias de minerais e metais pesados em acerola liofilizada e *in natura* (se refere a polpa da fruta) produzida através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C).

Conteúdo (mg/100g)	Acerola	Tratamento	Teste de médias				
			x	S(x)	CV	Valor de t	Probabilidade
Ca	Liofilizada	O	137,8466667	11,4559606	8,3106548	6,86	0,0024*
		C	290,4966667	36,8250028	12,6765664		
	<i>In natura</i>	O	14,1233333	1,8561878	13,1427037	6,03	0,0038*
		C	27,8733333	3,4850299	12,5030970		
Fe	Liofilizada	O	1,7166667	0,2302897	13,4149324	4,56	0,0103*
		C	2,8200000	0,3500000	12,4113475		
	<i>In natura</i>	O	0,1746667	0,0120968	6,9256669	4,39	0,0118*
		C	0,2710000	0,0360139	13,2892569		
Mg	Liofilizada	O	153,7766667	7,2378542	4,7067311	5,07	0,0071*
		C	183,6333333	7,1977936	3,9196553		
	<i>In natura</i>	O	15,7066667	0,9152231	5,8269722	2,77	0,0504 ns
		C	17,6200000	0,7712976	4,3773985		
Mn	Liofilizada	O	0,2896667	0,0480139	16,5755651	6,99	0,0022*
		C	0,6633333	0,0790970	11,9241689		
	<i>In natura</i>	O	0,0290000	0,0020000	6,8965517	6,87	0,0023*
		C	0,0636667	0,0085049	13,3584825		
Se <sup>1</sup>	Liofilizada	O	0,0430000	0,0141421	32,8886875	-0,07	0,9453 ns
		C	0,0413333	0,0282902	68,4439432		
	<i>In natura</i>	O	0,0042000	0,000848528	20,2030509	-0,06	0,9557 ns
		C	0,0040667	0,0029023	71,3679821		
Cu	Liofilizada	O	0,6743333	0,0141892	2,1041816	2,06	0,1738 ns
		C	0,8493333	0,1467867	17,2825777		
	<i>In natura</i>	O	0,0690000	0,0065574	9,5035341	1,44	0,2235 ns
		C	0,0813333	0,0133167	16,3729380		
Mo	Liofilizada	O	0,0460000	0,0017321	3,7653278	4,87	0,0388*
		C	0,1103333	0,0228108	20,6744557		
	<i>In natura</i>	O	0,0046667	0,000577350	12,3717915	4,02	0,0158*
		C	0,0106667	0,0025166	23,5932326		
Zn	Liofilizada	O	1,0156667	0,1000716	9,8528035	4,46	0,0112*
		C	1,3333333	0,0723418	5,4256336		

Zn	<i>In natura</i>	O	0,1030000	0,0010000	0,9708738	3,92	0,0578 ns
		C	0,1283333	0,0111505	8,6886902		
P	Liofilizada	O	198,8433333	12,8218888	6,4482367	4,81	0,0086*
		C	252,5433333	14,5013114	5,7421082		
	<i>In natura</i>	O	20,2966667	1,2296476	6,0583724	2,68	0,0554 ns
		C	24,2766667	2,2624397	9,3194001		
Na	Liofilizada	O	5,1200000	0,4464303	8,7193415	4,36	0,0121*
		C	7,1366667	0,6651566	9,3202703		
	<i>In natura</i>	O	0,5263333	0,0889288	16,8959108	2,36	0,0779 ns
		C	0,6860000	0,0765049	11,1523180		
K	Liofilizada	O	1449,79	107,3557875	7,4049198	1,30	0,2644 ns
		C	1534,62	36,1569841	2,3560871		
	<i>In natura</i>	O	147,9566667	9,8251735	6,6405750	-0,10	0,9273 ns
		C	147,3066667	6,1613500	4,1826688		
Cr	Liofilizada	O	0,0296667	0,0015275	5,1489615	1,89	0,1318 ns
		C	0,0330000	0,0026458	8,0174282		
	<i>In natura</i>	O	0,0030333	0,000461880	15,2268203	0,49	0,6481 ns
		C	0,0032000	0,000360555	11,2673477		
Al	Liofilizada	O	0,7906667	0,2344234	29,6488288	2,92	0,0433*
		C	1,7066667	0,4903400	28,7308604		
	<i>In natura</i>	O	0,0806667	0,0241730	29,9665137	2,85	0,0464*
		C	0,1636667	0,0442869	27,0592321		
Pb <sup>2</sup>	Liofilizada	O	0,0513333	0,0502925	97,9723595	-0,26	0,8088 ns
		C	0,0400000	0,0395980	98,9949494		
	<i>In natura</i>	O	0,0055667	0,0057099	102,5736443	-0,38	0,7324 ns
		C	0,0038000	0,0038184	100,4835952		
Cd <sup>3</sup>	Liofilizada	O	0,0010000	0,0000	0,0000	-Infy	<,0001*
		C	0,0000	0,0000	sv		
	<i>In natura</i>	O	0,000050000	0,000070711	141,4213562	-1,00	0,5000 ns
		C	0,0000	0,0000	sv		
Ni	Liofilizada	O	0,0306667	0,0080829	26,3572949	5,71	0,0047*
		C	0,0640000	0,0060828	9,5043165		
	<i>In natura</i>	O	0,0031333	0,000971253	30,9974517	4,44	0,0114*
		C	0,0062000	0,000700000	11,2903226		

x: média de 3 repetições (6 observações); S(x): desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%) = S(x)/x \* 100; Probabilidade: P>0,05: não significativo (ns); \*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t de 'Student'. sv: sem variação. <sup>1</sup> Para acerola orgânica, média de 2 repetições (4 observações). <sup>2</sup> Para acerola orgânica, média de 3 repetições (5 observações); para acerola convencional, média de 2 repetições (3 observações). <sup>3</sup> Para acerola orgânica, média de 2 repetições (3 observações); para acerola convencional, média de 2 repetições (2 observações).

**Apêndice 6 (Artigo 3).** Conteúdo e teste de médias de minerais e metais pesados em morango liofilizado e *in natura* (se refere a polpa da fruta) produzida através do sistema de cultivo orgânico (O) e convencional (C).

Conteúdo (mg/100g)	Morango	Tratamento	Teste de médias				
			x	S(x)	CV	Valor de t	Probabilidade
Ca	Liofilizado	O	155,2900000	5,2052666	3,3519651	-4,60	0,0100*
		C	139,8400000	2,5889573	1,8513711		
	<i>In natura</i>	O	13,5033333	0,5600298	4,1473446	0,31	0,7736 ns
		C	13,6100000	0,2163331	1,5895156		
Fe	Liofilizado	O	2,4833333	0,3225420	12,9882679	0,91	0,4155 ns
		C	2,6566667	0,0737111	2,7745727		
	<i>In natura</i>	O	0,2163333	0,0300056	13,8700563	2,28	0,0848 ns
		C	0,2586667	0,0115902	4,4807574		
Mg	Liofilizado	O	133,8866667	4,5991557	3,4351111	-4,78	0,0088*
		C	119,6866667	2,3130571	1,9325938		
	<i>In natura</i>	O	11,6400000	0,4444097	3,8179529	0,03	0,9750 ns
		C	11,6533333	0,5312564	4,5588361		
Mn	Liofilizado	O	1,5066667	0,0723418	4,8014457	-0,31	0,7743 ns
		C	1,4933333	0,0208167	1,3939728		
	<i>In natura</i>	O	0,1310000	0,0087178	6,6548075	2,74	0,0521 ns
		C	0,1453333	0,0025166	1,7316134		
Se <sup>1</sup>	Liofilizado	O	0,0820000	0,0183576	22,3872680	-0,52	0,6308 ns
		C	0,0743333	0,0177858	23,9270342		
	<i>In natura</i>	O	0,0071667	0,0016197	22,6000570	0,09	0,9311 ns
		C	0,0073000	0,0019157	26,2428001		
Cu	Liofilizado	O	0,4750000	0,0269629	5,6764079	-3,58	0,0232*
		C	0,4116667	0,0145717	3,5396750		
	<i>In natura</i>	O	0,0413333	0,0028868	6,9840758	-0,66	0,5467 ns
		C	0,0400000	0,0020000	5,0000000		
Mo	Liofilizado	O	0,1240000	0,0210000	16,9354839	-4,54	0,0436*
		C	0,0686667	0,0020817	3,0315524		
	<i>In natura</i>	O	0,0110000	0,0017321	15,7459164	-4,11	0,0147*
		C	0,0066667	0,000577350	8,6602540		
Zn	Liofilizado	O	1,0160000	0,0982242	9,6677395	-3,84	0,0185*
		C	0,7796667	0,0415251	5,3260059		

Zn	<i>In natura</i>	O	0,0886667	0,0090738	10,2335771	-2,01	0,1150 ns
		C	0,0760000	0,0060828	8,0036349		
P	Liofilizado	O	262,5166667	15,9666663	6,0821534	-5,10	0,0070*
		C	213,8166667	4,3000620	2,0110977		
	<i>In natura</i>	O	22,8166667	1,2749248	5,5876910	-2,19	0,0939 ns
		C	20,8200000	0,9343982	4,4879837		
Na	Liofilizado	O	5,1933333	0,4768997	9,1829212	-0,74	0,501 ns
		C	4,9433333	0,3407834	6,8937979		
	<i>In natura</i>	O	0,4513333	0,0356417	7,8969873	1,04	0,3580 ns
		C	0,4813333	0,0351615	7,3050274		
K	Liofilizado	O	1205,27	42,0651511	3,4901115	-3,95	0,0168*
		C	1104,24	13,8695434	1,2560300		
	<i>In natura</i>	O	104,7800000	3,6459704	3,4796434	0,86	0,4383 ns
		C	107,5300000	4,1701439	3,8781213		
Cr	Liofilizado	O	0,0110000	0,0010000	9,0909091	-0,21	0,8416 ns
		C	0,0106667	0,0025166	23,5932326		
	<i>In natura</i>	O	0,000933333	0,000115470	12,3717915	0,63	0,5655 ns
		C	0,0010333	0,000251661	24,3543046		
Al	Liofilizado	O	0,9063333	0,0282902	3,1213862	-7,05	0,0021*
		C	0,6210000	0,0641327	10,3273229		
	<i>In natura</i>	O	0,0790000	0,0034641	4,3849388	-5,27	0,0062*
		C	0,0600000	0,0051962	8,6602540		
Pb <sup>2</sup>	Liofilizado	O	0,1600000	0,1620957	101,3097817	-0,70	0,5253 ns
		C	0,0930000	0,0399625	42,9704112		
	<i>In natura</i>	O	0,0140000	0,0141067	100,7623999	-0,59	0,5840 ns
		C	0,0090000	0,0036056	40,0616808		
Cd	Liofilizado	O	0,0423333	0,0090738	21,4341064	-0,43	0,6910 ns
		C	0,0400000	0,0026458	6,6143783		
	<i>In natura</i>	O	0,0036667	0,000702377	19,1557341	0,48	0,6550 ns
		C	0,0038667	0,000152753	3,9504963		
Ni	Liofilizado	O	0,0583333	0,0020817	3,5685703	-1,30	0,2641 ns
		C	0,0556667	0,0028868	5,1857809		
	<i>In natura</i>	O	0,0051000	0,000200000	3,9215686	1,41	0,2318 ns
		C	0,0054667	0,000404145	7,3928998		

x: média de 3 repetições (6 observações); S(x): desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%) =  $S(x)/x * 100$ ; Probabilidade:  $P > 0,05$ : não significativo (ns); \*: significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste t de 'Student'. <sup>1</sup> Para morango convencional, média de 3 repetições (5 observações). <sup>2</sup> Para morango convencional, média de 3 repetições (5 observações).

## ANEXOS

### Anexo 1 (Metodologia). Protocolo de cultivo das plantas

Os procedimentos de preparo do solo, nutrição da planta e controle de pragas e de doenças do morangueiro, para 1 hectare de terra, utilizados no **sistema de cultivo orgânico** estão descritos abaixo:

1. Primeiramente, realizou-se a análise do solo, não sendo necessário corrigi-lo.
2. Passou-se subsolador (40 a 50 cm) (prática de preparo do solo).
3. Semeou-se milheto (gramínea), em torno de 3 a 4 meses antes do plantio da fruta, como adubação verde.
4. Adubou-se com 'Bokashi' (composto orgânico em japonês), em torno de 100g/m<sup>2</sup>. Esse fertilizante orgânico apresentava a seguinte composição: farelo de arroz, farelo de mamona, farinha de pena e vísceras, casca de arroz e melão.
5. Em seguida, roçou-se, no mês de plantio, esse 'Bokashi' composto.
6. Passou-se a grade niveladora e deixou-se por em torno de 15 dias em repouso.
7. Levantaram-se os canteiros (1,20m largura e vão de 40 cm)
8. Adubou-se com mais 'Bokashi' em torno de 100g/m<sup>2</sup>.
9. Passou-se mais uma vez a encanteiradora.
10. Colocou-se os plásticos e deixou-se por 15 dias em repouso.
11. Furou-se os plásticos e fez-se o plantio das mudas.
12. As mudas foram usadas em tubetes e outra parte, raiz nua.
13. O controle fitossanitário foi feito usando Calda Viçosa. Obs: uso restrito. As principais características da Calda Viçosa são: mistura de pós solúveis, compreendendo a calda bordalesa (sulfato de cobre e cal hidratada para neutralizar a calda), acrescentada de micronutrientes (sulfato de zinco, sulfato de magnésio e boro). O produtor deve acrescentar os micronutrientes de acordo com a exigência da cultura.
14. O controle de insetos foi feito usando plantas companheiras compatíveis.
15. Acompanhamento de micronutrientes (boro, magnésio), foi feito via foliar.
16. O sistema de irrigação foi do tipo gotejamento.

Os procedimentos de preparo do solo, nutrição da planta e controle de pragas e de doenças do morangueiro, para 1 hectare de terra, utilizados no **sistema de cultivo convencional** estão descritos abaixo:

1. Não realizou-se a análise do solo.
2. Usou-se arado para lavrar a terra.
3. A forma de adubação utilizada foi 40 kg de nitrogênio, 600 kg de fósforo, 240 kg de potássio.
4. Em seguida, passou-se grade niveladora e encanteiradora.
5. Fez-se o plantio das mudas.
6. Durante a produção, aplicou-se 30 kg de nitrogênio e 15 kg de potássio (6 aplicações) na terra; algumas vezes por via foliar.
7. Colocaram-se os plásticos.
8. O controle de pragas e doenças na planta foi feito usando defensivo químico.

OBS: Para as demais plantas, os procedimentos de preparo do solo, nutrição da planta e controle de pragas e de doenças foram similares aos descritos acima para o cultivo do morango. Segundo o fornecedor, a quantidade utilizada/ha pode sofrer alguma alteração de acordo com a planta a ser cultivada.

**Anexo 2 (Artigo 2).** Sobreposição de espectros de absorção dos padrões e dos picos dos analitos nas amostras de frutas, através do detector de arranjos de diodos (1:  $\beta$ -caroteno em acerola convencional; 2: licopeno em caqui orgânico; 3: AA em manga convencional; linha contínua: padrão; linha tracejada ou pontilhada: amostra).

