



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



**EFEITO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NA  
QUALIDADE NUTRICIONAL DE ALFACE DOS GRUPOS LISA, CRESPA E  
AMERICANA**

**ANDRÉ LUIZ GOMES DE SOUZA**

**SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE - BRASIL  
2012**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



**ANDRÉ LUIZ GOMES DE SOUZA**

**EFEITO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NA  
QUALIDADE NUTRICIONAL DE ALFACE DOS GRUPOS LISA, CRESPA E  
AMERICANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre” em Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Augusto G. Carnelossi

**SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE - BRASIL  
2012**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S729e Souza, André Luiz Gomes de  
Efeito dos sistemas de produção orgânico e convencional na qualidade nutricional de alface dos grupos lisa, crespa e americana / André Luiz Gomes de Souza ; orientador Marcelo Augusto G. Carnelossi. – São Cristóvão, 2012.  
80 f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas)–  
Universidade Federal de Sergipe, 2012.

1. *Lactuca sativa*. 2. Sistemas de produção. 3. Trofobiose. 4. Hortaliças – Qualidade nutricional . I. Carnelossi, Marcelo Augusto G., orient. II. Título

CDU: 635.52:632.95.024

**ANDRÉ LUIZ GOMES DE SOUZA**

**EFEITO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NA  
QUALIDADE NUTRICIONAL DE ALFACE DOS GRUPOS LISA, CRESPA E  
AMERICANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre” em Ciências.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2012.

---

Profa. Dra. Maria Aparecida Moreira  
NEREN / UFS

---

Prof. Dr. Carlos Moacir Bonato  
UEM

---

Prof. Dr. Marcelo Augusto G. Carnellosi  
UFS  
(Orientador)

**SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL  
2012**

## **DEDICATÓRIA**

À Ana Lúcia Gomes, com muito amor, carinho  
e reconhecimento de que sem a sua passagem  
este trabalho não teria sido realizado.

## VITAE DO CANDIDATO

André Luiz Gomes de Souza, filho de Antônio Ferreira de Souza Filho e Maria Marluce Gomes de Souza, nasceu em Aracaju-SE no dia 16 de janeiro de 1984.

Iniciou em 2004 o curso de graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Sergipe (UFS) em São Cristóvão-SE, concluindo-o em 2009.

Foi bolsista do Instituto Afrânio Affonso Ferreira no período de 2007 a 2008 em projeto de extensão voltado à economia solidária com grupos associativistas.

No período entre 2008 a 2009 foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe.

Em março de 2010, iniciou o curso de Mestrado em *Ciências* na Universidade Federal de Sergipe em São Cristóvão-SE, concluindo-o em fevereiro de 2012, no qual realizou pesquisas relacionadas com a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção de Alimentos na condição de bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Em fevereiro de 2011 participou da fundação do *Instituto Pangea – Meio Ambiente, Cultura e Educação*, o qual é uma entidade não-governamental de direito privado sem fins lucrativos, formada por profissionais de diferentes áreas do conhecimento científico que tem entre os seus objetivos sociais prestar auxílio às organizações comunitárias, aos órgãos do poder público e do setor privado no desenvolvimento de projetos e ações com vistas no reconhecimento do patrimônio cultural e na valorização das manifestações artísticas locais; na preservação, conservação e recuperação de recursos naturais; e no estímulo de práticas voltadas para a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN).

Em fevereiro de 2012 foi aprovado na seleção do Projeto Agentes Locais de Inovação (ALI) implementado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) na condição de bolsista de Extensão SB em Fomento Tecnológico e Extensão Inovadora.

## AGRADECIMENTOS

Em especial, agradeço ao imensurável apoio dos familiares em minhas escolhas e durante a execução desta etapa de minha vida, principalmente minha mãe Marluce, minhas tias Ana e Lourdes e ao meu irmão Anderson. Amorosamente, agradeço à Amanda, pelo carinho incondicional, apoio e palavras de afeto e de incentivo nos momentos de dificuldade.

Também de modo especial, agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Marcelo Carnellosi, pela amizade, compartilhamento de conhecimentos, apoio e confiança depositada. Agradeço também ao Flávio Bianchini, por todas contribuições, sem as quais não teriam sido alcançados os objetivos deste trabalho, e ao Sr. Lelé, pelo cultivo das alfaces em sua bela propriedade orgânica.

Aos amigos Avelar, Wagner e Hernany, pelo compartilhamento de experiências acadêmicas, e aos membros *do Instituto Pangea*, em especial a Samir, Ana Maria, Beronildo e Chiara, pelo apoio e crescimento coletivos. Agradeço aos colegas do NEREN, pois o convívio e as discussões proporcionaram uma verdadeira ampliação do meu foco de observação das questões socioambientais.

Agradeço também aos amigos Geanderson, Karina Magna e Tamires, por sempre me incentivarem e transmitirem palavras positivas. Aos amigos feitos no LPPOV Danilo, Mateus, Anita, Patrícia, Hyrla e Crys Bery, pelas contribuições durante a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas de UFS, pelos ensinamentos repassados, principalmente a Profa. Dra. Maria Aparecida Moreira, ao Prof. Dr. Sandro Hollanda e ao Prof. Dr. Pedro Viégas, e também ao Prof. Dr. Haroldo Silveira Dórea e ao Químico Michel Rubens, por acreditarem na importância deste trabalho.

Por fim, agradeço de maneira muito especial a Profa. Dra. Sonia Meire e a Profa. Dra. Laura Jane, as quais me fizeram refletir mais profundamente sobre a importância da extensão universitária no envolvimento com as causas humanas e ambientais como meio de fomentar e atingir a sustentabilidade socioambiental.

Muito Obrigado!

## RESUMO

### EFEITO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL NA QUALIDADE NUTRICIONAL DE ALFACE DOS GRUPOS LISA, CRESPA E AMERICANA

A qualidade nutricional de produtos hortícolas está relacionada com as práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção. Segundo Teoria da Trofobiose os sistemas de produção convencional podem afetar o desenvolvimento dos vegetais proporcionando maiores teores de aminoácidos e açúcares solúveis livres tornando os produtos hortícolas mais vulneráveis ao ataque de pragas e manifestações de doenças por facilitar a disponibilização de nutrientes. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de compostos dos metabolismos primário e secundário de alfaces dos grupos Lisa, Crespa e Americana. Os grupos de alface produzidos em sistema orgânico e convencional foram coletados em propriedades rurais da região do agreste sergipano em dois ciclos de produção. Para cada sistema de produção e ciclo foram coletadas 10 cabeças de alface Lisa, Crespa e Americana. As análises realizadas foram os teores de clorofila, carotenoides, fenóis totais, ácidos orgânicos totais, ácido ascórbico, proteínas, nitrato, cinzas, fibras e sólidos solúveis totais, determinação da atividade de polifenol oxidase e fenilalanina amônia-liase. As análises foram realizadas com 5 repetições de cada sistema e ciclo de produção. Verificou-se em todos os grupos de alface que o sistema convencional pode reduzir os teores de compostos bioativos e antioxidantes, ao tempo em que pode proporcionar aumento dos teores de sólidos solúveis totais. A alface do grupo Americana apresentou os maiores efeitos relacionados aos sistemas de produção apresentando um maior comprometimento da qualidade nutricional, sendo assim pode ser considerada como a menos indicada aos sistemas de produção convencional por comprometer em maior grau o fornecimento de vitaminas e pró-vitaminas. O sistema de produção orgânico contribuiu com a potencialidade nutricional dos grupos de alface Lisa, Crespa e Americana favorecendo os teores de compostos bioativos e antioxidantes quando comparadas àquelas cultivadas em sistema de produção convencional.

**Palavras-chave:** sistema de produção; compostos bioativos; *Lactuca sativa*.

## ABSTRACT

### EFFECT OF PRODUCTION SYSTEMS ORGANIC AND CONVENTIONAL IN NUTRITIONAL QUALITY OF LETTUCE GROUPS LISA, CURLY AND AMERICAN

The nutritional quality of vegetables is related to the management practices adopted in production systems. According to theory Trofobiose conventional production systems may affect the development of plants providing higher levels of free amino acids and soluble sugars making vegetables more vulnerable to attack by pests and disease manifestations by facilitating the availability of nutrients. The objective of this study was to evaluate the effects of production systems on conventional and organic compound levels of primary and secondary metabolism of lettuce groups Lisa Crespa and Americana. Groups of lettuce produced in organic and conventional farms were collected in the wild region of Sergipe in two production cycles. For each production system and cycle were collected 10 heads of lettuce Lisa Crespa and Americana. The data were analyzed levels of chlorophyll, carotenoids, total phenols, total organic acids, ascorbic acid, protein, nitrate, ash, fiber and soluble solids, determining the activity of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia-lyase. The analyzes were performed with five repetitions of each system and the production cycle. It was found in all groups lettuce than the conventional system can reduce the levels of bioactive compounds, and antioxidants, to the time which can provide increased levels of soluble solids. Lettuce American group showed the greatest effects related to production systems having a more severe nutritional quality and thus can be regarded as less suitable conventional production systems compromise by providing a greater degree of vitamins and provitamins. The organic production system contributed to the nutritional potential of lettuce groups Lisa, and American Crespa favoring the levels of bioactive compounds and antioxidants compared to those grown in conventional production system.

**Keywords:** production system, bioactive compounds, *Lactuca sativa*.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Considerações acerca dos sistemas de produção.....	17
2.1.1 Sistema de produção orgânico.....	19
2.1.2 Sistema de produção convencional.....	21
2.2 Teoria da Trofobiose.....	24
2.3 Segurança Alimentar e Nutricional (SAN).....	26
2.4 Efeitos dos sistemas de produção sobre a qualidade nutricional dos alimentos.....	29
2.4.1 Considerações acerca da cultura da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	33
2.4.1.1. Clorofilas.....	35
2.4.1.2 Carotenoides.....	35
2.4.1.3 Compostos fenólicos totais.....	37
2.4.1.4 Fenilalanina amônia-liase (EC 4.3.1.5) (PAL).....	37
2.4.1.5 Polifenoloxidasas (EC 1.14.18.1) (PPO's).....	38
2.4.1.6 Ácidos orgânicos.....	39
2.4.1.7 Nitrato.....	40
2.4.1.8 Fibra vegetal.....	41
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1 Material vegetal.....	43
3.2 Sistemas de produção.....	43
3.3 Metodologias analíticas.....	45
3.3.1 Determinação do teor de clorofilas e carotenoides totais.....	45
3.3.2 Determinação do teor de compostos fenólicos totais.....	46
3.3.3 Determinação dos teores de ácidos orgânicos tituláveis.....	46
3.3.4 Determinação dos teores de ácido ascórbico.....	47
3.3.5 Determinação da atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL; EC 4.3.1.5).....	48
3.3.6 Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO; EC 1.14.18.1).....	48
3.3.7 Determinação dos teores de proteínas.....	49
3.3.8 Determinação dos teores de nitrato.....	49

3.3.9 Determinação dos teores de cinzas.....	50
3.3.10 Determinação dos teores de fibra total.....	50
3.3.11 Determinação dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix).....	51
3.4 Delineamento experimental.....	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de clorofilas e carotenoides totais.....	52
4.2 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de compostos fenólicos totais e nas atividades das enzimas PAL e PO's.....	58
4.3 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico.....	61
4.4 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de proteínas, nitrato e cinzas.....	64
4.5 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de fibras totais e °Brix.....	67
5. CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE.....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	52
Tabela 2. Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	54
Tabela 3. Teores clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	55
Tabela 4. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	58
Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	59
Tabela 6. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	60
Tabela 7. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	62
Tabela 8. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	63
Tabela 9. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	63
Tabela 10. Teores de proteína, nitrato e cinzas de grupos de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	64
Tabela 11. Teores de proteínas, nitrato e cinzas de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	66
Tabela 12. Teores de proteínas, nitrato e cinzas de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	67
Tabela 13. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas	

orgânico e convencional no agreste sergipano.....	68
Tabela 14. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	69
Tabela 15. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.....	69

## APÊNDICE

APÊNDICE A - Sistema de irrigação por microaspersão.....	
APÊNDICE B - Sistema de irrigação por microaspersão.....	
APÊNDICE C - Mecanização para preparo dos canteiros do sistema de produção convencional.....	
APÊNDICE D - Preparo de pesticidas para aplicação nos sistema de produção convencional.....	
APÊNDICE E - Aplicação manual de pesticidas no sistema de produção convencional.	
APÊNDICE F - Pulverizador mecanizado de pesticidas utilizado no sistema de produção convencional.....	
APÊNDICE G - Resultados das análises dos macronutrientes e micronutrientes do solo dos sistemas de produção realizadas no Instituto de Tecnologia e Pesquisa do Estado de Sergipe.....	

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade socioeconômica que utiliza como entidades multiplicadoras de insumos os seres vivos, sejam vegetais ou animais. Neste processo produtivo, as atividades realizadas se estruturam como sistemas, e, desta maneira, são denominados sistemas agrícolas ou agrossistema, nos quais podemos observar fatores biofísicos (clima, solo, flora e fauna); fatores sociais, econômicos e políticos; e aspectos técnicos influenciados pelas tecnologias de produção, pesquisas e transferências tecnológicas (SIFUENTES, 2004).

Um dos principais questionamentos acerca das diferentes formas de manifestação dos sistemas agrícolas diz respeito à sustentabilidade, ou seja, capacidade desses sistemas em conservar e melhorar os recursos produtivos, como solo, água, ar e biodiversidade, de forma que permita uma produção adequada de alimentos para as gerações futuras (TRIVELLATO & FREITAS, 2003).

O atual modelo de desenvolvimento agrário, também denominado sistema de produção convencional, tem conduzido a sociedade a problemas ambientais e instabilidades socioeconômicas, que afetam o Brasil e o mundo, proporcionando o aumento das concentrações populacionais nas zonas urbanas em paralelo à exclusão social. Isto porque este modelo agrícola limita o acesso aos meios de produção agropecuária, e ainda compromete o meio ambiente e a biodiversidade por utilizar tecnologias nocivas (HERMINIO, 2005).

Muitas das práticas de manejo adotadas nos sistemas convencionais de produção agropecuária há alguns anos têm-se mostrado insustentáveis para a preservação dos recursos naturais, pois comprometem a conservação da biodiversidade e dos ciclos biogeoquímicos, a qualidade dos solos e dos recursos hídricos, e ainda a Segurança Alimentar e Nutricional. Algumas práticas da agricultura convencional conduzem ao aumento da dependência de insumos contaminantes e não-renováveis, e ainda proporcionam efeitos toxicológicos e carcinogênicos em trabalhadores rurais e em consumidores em virtude dos níveis de exposição e de consumo dos elementos nocivos.

Em contrapartida, a agricultura orgânica é um sistema de gerenciamento da produção agrícola com vistas à preservação da biodiversidade e dos ciclos biogeoquímicos. Nesse sentido enfatiza a adoção de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos ao meio rural, especialmente a adoção de substâncias químicas ou outros materiais sintéticos que desempenhem no solo funções estranhas às desempenhadas pelo ecossistema (CODEX ALIMENTARIUS, 1999; TRIVELLATO & FREITAS, 2003).

Enquanto que nos sistemas convencionais é dada maior ênfase à sustentabilidade econômica, alcançada por meio da adição constante de insumos dos mais variados tipos ao sistema produtivo, nos sistemas orgânicos a sustentabilidade é enfocada de modo integrado às dimensões sociais, econômicas e ambientais. Assim, nos sistemas orgânicos as práticas adotadas partem de uma concepção que considera o contexto socioeconômico e cultural das pessoas envolvidas na produção, além do respeito ao direito da população de consumir alimentos saudáveis (TRIVELLATO & FREITAS, 2003).

Diante desse cenário, na Cúpula Mundial de Alimentação, ocorrida em 1996, os Chefes de Estado presentes, além de reafirmarem o direito de todos ao acesso aos alimentos seguros e nutritivos, comprometeram-se a realizar esforços que conduzissem à erradicação da fome. Naquele momento, os líderes mundiais passaram a associar novos elementos ao conceito de Segurança Alimentar e Nutricional, ao levar em consideração aspectos relacionados com a qualidade dos alimentos (física, química, biológica e nutricional), o direito à informação, valorização das opções culturais e utilização de recursos de maneira sustentável (FAO, 1996), questões que estão intimamente relacionadas com as práticas de manejo adotadas nos sistemas agrícolas de produção de alimentos.

Entretanto, a agricultura brasileira tem se destacado com números cada vez mais expressivos quanto a produção, área cultivada, volume de exportações e quantidade de tecnologias empregadas no campo. Esta condição tem proporcionado a utilização de maiores quantidades de agrotóxicos nos sistemas de produção brasileiros, o que colocou o país como o segundo maior consumidor mundial de agrotóxicos em 2006 (ANVISA, 2006).

Atualmente o Brasil ocupa o posto de maior consumidor mundial de agrotóxicos, e ainda possui o maior mercado para estes produtos com 107 empresas autorizadas para registro de seus compostos químicos, correspondendo a 16% do mercado mundial (ANVISA, 2010). A importação de agrotóxicos em nosso País cresceu 236% entre 2000 e 2007 (ANVISA, 2010).

Segundo a Teoria da Trofobiose as práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção convencional, como a aplicação de agrotóxicos e de fertilizantes químicos altamente solúveis, têm contribuído para os atuais problemas de pragas e doenças por causar desequilíbrios fisiológicos e déficits nutricionais, com conseqüentes impactos sobre o metabolismo das plantas, conduzindo a um excesso de aminoácidos e açúcares simples e solúveis por consequência de desvios de rotas metabólicas que interferem na síntese de proteínas e polissacarídeos (CHABOUSSOU, 1987).

Assim, estudos em diferentes regiões do planeta com a finalidade de comparar a qualidade nutricional e a segurança do consumo de produtos hortícolas cultivados em diferentes sistemas de produção têm sido realizados (DAROLT, 2005; PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2006; MITCHELL *et al.*, 2007; ROSSETO *et al.*, 2009; KELLY & BATERMAN, 2010). Muitos conferem uma melhor qualidade nutricional aos produtos obtidos a partir de sistemas orgânicos, enquanto que outros apresentam que não existem acentuadas diferenças entre estes e àqueles cultivados em tipos de sistemas de produção.

Diante do exposto, tornam-se necessários estudos que estabeleçam de forma elucidativa os efeitos de diferentes sistemas de produção sobre aspectos nutricionais de produtos hortícolas, como da alface (*Lactuca sativa* L.), a qual apresenta uma grande representatividade econômica e imensurável importância nutricional, pois, corresponde à hortaliça folhosa de maior produção e consumo no Brasil. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de compostos bioativos e sobre a qualidade nutricional das alfaces dos grupos Lisa, Crespa e Americana cultivadas na região do agreste sergipano em dois ciclos de produção.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Considerações acerca dos sistemas de produção**

A agricultura foi criada entre 10 e 15 mil anos atrás, e nos últimos dois ou três mil anos evoluiu para culturas camponesas, localmente adaptadas em diversas regiões do planeta, especialmente na Europa, Ásia, América Central, Andes, e em algumas regiões da África (LUTZENBERGER, 2001).

Esta faz parte do processo social de produção cujas características e peculiaridades têm gerado evoluções históricas nas formas com que os homens têm usado diretamente a natureza para produzir suas necessidades. Neste processo existe uma estreita relação com a natureza que lhe impõe dependência acentuada aos seus elementos. A agricultura se compõe de uma diversidade de atividades específicas classificadas genericamente como agrícolas, pecuárias, florestais e extrativistas, onde todas possuem como denominador comum o uso dos recursos naturais como o meio de produção fundamental e primário (SIFUENTES, 2004).

Para Tavares (2009), a agricultura é a mais importante forma de ocupação do ambiente em todas as sociedades humanas. Se historicamente ela foi capaz de produzir alimentos para comunidades sempre crescentes, concomitantemente, foi e continua sendo uma das mais importantes atividades humanas em termos de geração de impactos.

Na agricultura estão presentes elementos (naturais, tecnológicos, sociais, políticos, ideológicos e culturais) inter-relacionados em cada componente e entre os componentes. Assim, existem inter-relações do meio natural (clima, relevo, hidrologia, solo, vegetação, fauna); dos processos de trabalho (terra, material, genética, insumos, força de trabalho, infraestrutura, ciclo de trabalho e produtos); das unidades de produção (tipos, custos, valores e lucro); dos agentes que controlam a circulação e o mercado (bancos, corretoras, instituições governamentais); e os grupos sociais e suas organizações sócio-políticas (campeiros, trabalhadores rurais, empresário agrícolas) (SIFUENTES, 2004).

Os termos sistemas agrícolas, sistemas agrários e agroecossistemas têm sido utilizados para descrever as atividades agrícolas realizadas por grupos sociais (ALTIERE, 1987). Um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos que integrem entre si e com o ambiente que o circula. Existem inúmeras definições para a palavra sistema, no entanto, todas as definições existentes incluem de alguma forma o mencionado (SIFUENTES, 2004).

O sistema é algo maior que a soma de suas partes porque além de contar com as formas em que seus componentes se apresentam contam também com as qualidades e fragilidades que emergem das interações entre seus componentes. Um sistema pode ser um subsistema (uma parte) de outro sistema, dependendo do enfoque e interesse do observador, ou pode ser um “todo”, quando se observam para o interior do sistema todas as partes que o compõem. Existem diferentes tipos e origens de sistemas: físicos, biológicos, sociológicos, psicológicos ou simbólicos; podem ser estáticos, mecânicos, com auto-regulação mecânica ou regulado pela atividade de um organismo vivo em interação com o meio ambiente que o rodeia. O tamanho pode ser desde um átomo até todo o universo (SIFUENTES, 2004).

Os sistemas de produção constituem-se em muito mais que meras aplicações de pacotes tecnológicos com fins produtivos. É o resultado das decisões tomadas pelo agricultor e/ou grupo familiar quanto à escolha das atividades e ao emprego dos fatores produtivos dentro de suas limitações ecológicas, econômicas e culturais, conformado por variáveis objetivas e quantificáveis, ou seja, tem como pilar central a lógica produtiva (PORTO, 2003). Por outro lado, os sistemas agrários possuem uma lógica de produção intimamente conectada com a racionalidade do produtor, além de uma lógica de reprodução expressa não somente por suas próprias condições, de maneira que formam um processo social que assinala seus limites e possibilidades (PORTO, 2003).

Os sistemas agrários são conformados por variáveis mensuráveis e objetivas (mão-de-obra, produção e seu destino, área cultivada, criação, etc.), e imensuráveis, representadas pela subjetividade e racionalidade do próprio sistema (formação política e cultural, anseios, visão de futuro, etc.; do agricultor e de seus familiares). A partir destas variáveis os métodos quantitativos menos sistêmicos de avaliação só conseguem analisar e interpretar as variáveis mensuráveis e suas interações (PORTO, 2003). Quanto às variáveis imensuráveis, somente o investigador com seus conhecimentos teóricos e empíricos (conhecimento das paisagens do espaço rural e de aspectos socioculturais) pode percebê-las e interpretá-las. Portanto, a conjugação de métodos quantitativos com os conhecimentos teóricos e práticos do investigador é fundamental para a identificação de sistemas agrários. Sem essa complementaridade pode-se identificar sistemas de cultivo, até mesmo sistemas de produção, mas nunca sistemas agrários (PORTO, 2003).

A diferença básica entre sistema de produção e sistema agrário é dada pela racionalidade. Agricultores empresariais e familiares podem, perfeitamente, utilizar um sistema de produção com o mesmo perfil tecnológico, pois a mão-de-obra é uma variável

externa ao sistema de produção. Entretanto, na análise da racionalidade deste sistema de produção, a mão-de-obra transforma-se em uma variável ao sistema, e, este, ao incluir na sua análise a racionalidade, transforma-se, conceitualmente, em sistema agrário. Nos sistemas agrários, a gestão e a execução dos trabalhos são realizadas pela mesma mão-de-obra. Na agricultura patronal, a mão-de-obra gestora do negócio agrícola subordina a mão-de-obra executora das práticas agrícolas ao assalariamento. No sistema agrário, a lógica da produção externa-se pela cooperação e pelo respeito à natureza, pois trabalho e residência situam-se no mesmo espaço rural; no patronal, pela apropriação do lucro (PORTO, 2003).

Rodrigues *et al.* (1997), considera que a tipificação e a caracterização de sistemas são estágios intermediários e acessórios de um trabalho mais abrangente que deve possibilitar a recomendação de tecnologias (sistemas modificados) adaptáveis aos sistemas em questão. Para que se atinja esse objetivo, torna-se necessário conhecer qual (tipificação) e como (caracterização) são esses sistemas, para que saiba onde e como intervir de maneira justa e sustentável.

### **2.1.1 Sistema de produção orgânico**

A agricultura orgânica é um sistema de gerenciamento da produção agrícola com vistas em promover e realçar a saúde do meio ambiente preservando a biodiversidade e os ciclos biogeoquímicos. Nesse sentido, a agricultura orgânica enfatiza o uso de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos às paisagens naturais do meio rural. Exclui a adoção de substâncias químicas ou outros materiais sintéticos que desempenhem funções estranhas às desempenhadas pelos ecossistemas (CODEX ALIMENTARIUS, 2006).

O conceito de produção orgânica é sugerido como uma estratégia para alcançar a sustentabilidade dos agroecossistemas. Atualmente, o termo “*sistema orgânico*” é comumente definido como um sistema holístico de manejo da unidade de produção agrícola, que promove a agrobiodiversidade e os ciclos biológicos, visando a sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção no tempo e no espaço (ALMEIDA *et al.*, 2000).

O sistema de produção orgânico foi proposto pelo engenheiro agrônomo Albert Howard, que trabalhou com pesquisa agrícola no início do século XX na Índia durante quase 40 anos. Observou-se logo nos primeiros anos de pesquisa que os agricultores que não utilizavam fertilizantes químicos e agrotóxicos nos cultivos obtinham em seus sistemas de

produção menores incidências de doenças que os sistemas conduzidos de forma convencional em estações experimentais, assim, considerando os conhecimentos campesinos, reconheceu que fator essencial para eliminação de doenças em plantas era a fertilidade do solo (TRIVELLATO & FREITAS, 2003).

Segundo Altieri & Nicholls (2003), a agricultura orgânica refere-se a um sistema de produção cujo objetivo é manter a produtividade agrícola evitando significativamente a aplicação de substâncias sintéticas, considerando a filosofia original que guiou este tipo de agricultura, a qual enfatizava o uso de recursos disponíveis ou próximos das propriedades agrícolas que incluem utilização de energia solar e eólica, rotação de culturas, controle biológico, compostagem, fixação biológica de nitrogênio (adubação verde) e de outros nutrientes liberados pela decomposição da matéria orgânica ou oriundos da reserva mineral do solo.

A matéria orgânica utilizada como adubo neste sistema exerce importantes efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois, influencia as propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo. Assim, com relação às propriedades físicas, o solo tende a reduzir a sua densidade aparente e melhorar sua estruturação, aeração e drenagem, possibilitando o aumento da capacidade de retenção da água ao alterar sua consistência com consequente redução da tenacidade, plasticidade e aderência, com melhoria também na friabilidade (KIEHL, 1985).

Quanto às propriedades físico-químicas, as mais relevantes são a adsorção iônica, a capacidade de troca catiônica e os íons ligados à superfície específica. Com relação às propriedades químicas e biológicas do solo, a matéria orgânica constitui uma fonte de energia e de nutrientes para a fauna e flora terrestres que participam dos ciclos biogeoquímicos, mantendo o solo em constante dinamismo por exercer um importante papel na fertilidade e na produtividade das plantas (KIEHL, 1985).

As práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção também influenciam de forma direta e indireta a fauna do solo. Os impactos diretos são causados pela ação mecânica, aração e gradagem, como também pelos efeitos tóxicos advindos do uso de agrotóxicos. Os efeitos indiretos estão relacionados a modificações da estrutura do habitat e dos recursos alimentares (GIRACCA *et al*, 2003). Entretanto, os sistemas de produção que preservam as paisagens naturais e a biodiversidade proporcionam uma maior densidade de predadores, como arachnida e chilopoda, que são capazes de promover o controle de diversas pragas

agrícolas, enquanto que a densidade populacional da minhoca está bastante associada com solos sem muita interferência com alto teor de matéria orgânica e ao volume de raízes, contribuindo com aportes de matéria orgânica (SILVA *et al*, 2006).

A macrofauna invertebrada do solo desempenha um papel chave no ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo afetando a produção primária de maneira direta e indireta, alterando as populações e a atividade de microrganismos responsáveis pela mineralização e humificação, assim, por consequência, exerce influência no ciclo da matéria orgânica, bem como na disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (SILVA *et al*, 2006). Casalinho *et al*. (2007), observaram efeitos positivos de sistemas orgânicos sobre a capacidade do solo em exercer suas funções no ecossistêmicas, sugerindo tendências tanto de recuperação quanto de melhorias nas condições dos indicadores estudados.

Os agricultores orgânicos que seguem um enfoque agroecológico têm conseguido resultados satisfatórios em vários aspectos ligados à sustentabilidade (TRIVELLATO & FREITAS, 2003). Aliado ao selo de certificação orgânica, que é um indicativo de que os alimentos foram produzidos de acordo com as normas estabelecidas, os produtos orgânicos transparecem superior qualidade agrônômica quando comparado ao alimento produzido em sistemas de produção convencional (DAROLT, 2003). Este grau de aceitação foi detectado em numerosos estudos e pesquisas realizados em países desenvolvidos a fim de conhecer o nível de aceitação desses alimentos e a razão dessa tendência (FAO, 2000).

### **2.1.2 Sistema de produção convencional**

Conceito intimamente relacionado com a *Revolução Verde*, iniciada na década de 60 do Século XX, a agricultura convencional é um modelo de produção agrícola onde prevalece a busca de uma maior produtividade através da utilização intensa de insumos externos, o que em curto prazo conduz a resultados econômicos visíveis como o aumento da produtividade e da eficiência agrícola (SOUZA, 2005).

Apoiada em uma promessa de aumento da oferta de alimentos que proporcionaria a erradicação da fome, a *Revolução Verde* resultou em um novo modelo tecnológico de produção agrícola que implicou na criação e no desenvolvimento de novas atividades de produção de insumos (químicos, mecânicos e biológicos) ligados à agricultura. Esse modelo produtivo passou, no entanto, a apresentar limites de crescimento a partir da década de 1980,

com a diminuição do ritmo de inovações, com o aumento dos gastos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e com a identificação de impactos ambientais em consequência do uso intensivo de insumos, em especial, o uso dos agrotóxicos (ALBERGONI, 2007).

Nos momentos iniciais da instauração da Revolução Verde, o governo brasileiro oferecia aos agricultores interessados em adotar o pacote tecnológico oferecido um financiamento destinado à compra de sementes. Uma pré-condição para que um agricultor recebesse financiamentos associados à adoção dos princípios da Revolução Verde era o direcionamento de uma parte dos recursos concedidos para a aquisição de adubos e agrotóxicos. Essa medida adotada pelo governo federal brasileiro incentivou a prática da monocultura voltada para exportação, e promoveu altos índices de degradação e contaminação ambiental (AQUINO *et al.*, 2006).

No entanto, este sistema de produção, juntamente com todas as estratégias disseminadas durante a Revolução Verde, não cumpriu com seu objetivo social de melhorar a qualidade de vida da população rural, marginalizando contingentes enormes dessa população, que vivem o drama do êxodo e da vida marginal nos grandes centros urbanos, com as consequências em termos de qualidade de vida e de deterioração ambiental (AQUINO e ASSIS, 2005).

Este processo de instauração das práticas fomentadas pela Revolução Industrial (aplicação de agroquímicos, motomecanização, manipulação genética, etc.) ficou conhecido no Brasil como modernização conservadora, pois em nosso País relações trabalhistas e formas de organização remontam à idade média (parceria, meia, terça, etc.) e até semi-servidão, sem falar na escravidão, vez ou outra relatada pela imprensa (AQUINO e ASSIS, 2005).

De acordo com Gleissman (2000), o sistema de produção convencional está construído em torno de dois objetivos que se relacionam: a maximização da produção e a maximização do lucro. Assim, para atingir estas metas algumas práticas foram desenvolvidas sem que fossem consideradas suas conseqüências não intencionais em longo prazo, e sem considerar a dinâmica ecológica dos agroecossistemas. Seis práticas básicas formam a espinha dorsal dos sistemas convencionais e contribuem individualmente com o aumento da produtividade, mas, como um todo, formam um sistema no qual cada uma depende das outras reforçando a necessidade de aplicá-las, são elas: cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle químico de pragas e manipulação genética das plantas cultivadas (GLIESSMAN, 2000).

Como consequência, este tipo de sistema de produção de alimentos é responsável por problemas ambientais com diversas formas de manifestação. Atualmente são observadas contaminações de lençóis freáticos, de rios e de oceanos, diminuição da fertilidade do solo (erosão, compactação e desertificação), alterações genéticas em plantas e animais, efeitos toxicológicos, aumento da dependência de energia não-renovável, e também um ciclo de dependência de insumos químicos (GLIESSMAN, 2000).

Um dos principais inconvenientes associados ao sistema de produção convencional é a persistência de determinados agrotóxicos no meio ambiente e nos alimentos. Considerando-se que além dos fatores intencionais existam outras fontes de contaminação ambiental, pode-se afirmar que produzir um alimento completamente livre de substâncias nocivas tende a tornar-se um grande desafio para a humanidade (HIGASHI, 2002). Determinadas moléculas presentes nas composições dos agrotóxicos apresentam a capacidade de deslocar-se por distâncias de até 30 km e contaminar humanos e animais. Em um estudo realizado, 124 (cento e vinte quatro) pacientes foram analisados em uma clínica ortomolecular, e foram observadas presenças de pelo menos algum tipo de pesticida no organismo dos pacientes em praticamente 100% dos casos examinados (HIGASHI, 2002).

Em paralelo, os fertilizantes lixiviados dos campos de produção também apresentam efeitos comprometedores ao meio ambiente. Em ecossistemas aquáticos, o fósforo e o nitrogênio lixiviados promovem a eutrofização, o que causa o crescimento excessivo de algas e morte de muitos tipos de organismos aquáticos em virtude da redução dos níveis de oxigênio dissolvido, acarretando em alterações profundas nos ecossistemas (GLIESSMAN, 2000).

Além das contaminações químicas, Gore (2006) afirma que nos últimos 30 anos cerca de trinta novas espécies de doenças surgiram em consequência de inúmeras práticas adotadas pela sociedade contemporânea, outras que já estavam controladas voltaram a se manifestar. Existem ainda algumas doenças que foram disseminadas por regiões onde nunca tinham sido registradas por razão da proliferação de seus respectivos vetores como algas, mosquitos, roedores, moluscos, etc.

Assim, as consequências das práticas adotadas pelos sistemas de produção convencional se manifestam como graves problemas para a sociedade. Estes efeitos estão conduzindo as paisagens agrícolas ao declínio da biodiversidade e estão perturbando o equilíbrio natural dos ecossistemas e também as bases de recursos naturais das quais os seres humanos dependem (GLIESSMAN, 2000).

## 2.2 Teoria da Trofobiose

A Teoria da Trofobiose proposta por Chaboussou (1987) afirma que aplicações de agrotóxicos e de fertilizantes químicos altamente solúveis têm contribuído com as atuais manifestações de pragas e doenças por causar desequilíbrios fisiológicos e déficits nutricionais nos vegetais. Estas práticas interferem no metabolismo proporcionando excesso de aminoácidos e açúcares simples e livres em decorrência de desvios de rotas metabólicas que impedem que estes sejam consolidados de forma eficiente com proteínas e polissacarídeos.

A idéia básica da relação entre estado nutricional dos vegetais e sua resistência às pragas e patógenos defende que toda circunstância desfavorável à formação de nova quantidade de citoplasma, isto é, desfavorável ao crescimento, tende a provocar na solução vacuolar um acúmulo de compostos solúveis, como açúcares e aminoácidos. Este acúmulo de produtos solúveis parece favorecer a nutrição de pragas e, portanto, diminuir a resistência da planta às doenças parasitárias (CHABOUSSOU, 1987).

O acúmulo de substâncias solúveis ocorre por perturbações no processo de síntese protéica (proteossíntese) e no metabolismo dos hidratos de carbono, provocadas por desequilíbrios minerais no solo, principalmente pelo uso de adubos minerais de alta solubilidade e, na planta, pelo uso de agrotóxicos (CHABOUSSOU, 1987).

O uso de agrotóxicos torna as plantas mais vulneráveis, não só para os insetos, mas também para as bactérias, fungos e vírus. Esta vulnerabilidade das culturas é agravada pela prática de monocultura, pela compactação do solo, e por outros tipos de estresses que a agricultura moderna submete o sistema solo (CHABOUSSOU, 1987).

Os vegetais saudáveis respondem ao logo de seus ciclos de vida a vários desafios físicos, químicos e biológicos advindos do ambiente. As reações das plantas a estresses ou alterações ambientais normalmente são em direção à proteção, por exemplo, prevenções da perda da umidade, adaptações à extremos de temperatura ou desenvolvimentos de barreiras físicas e químicas contra agentes patogênicos (BRECHT *et al.*, 2010). Diversos estressores tendem a ativar respostas similares, que incluem a produção de proteínas do estresse e metabólitos antioxidantes (BRECHT *et al.*, 2010).

Diferentemente dos fertilizantes altamente solúveis, os adubos orgânicos possibilitam o fornecimento de todos os nutrientes que as plantas necessitam para a realização de suas atividades metabólicas. Assim, as culturas adubadas com materiais orgânicos tendem a

apresentar metabolismos mais equilibrados, com reduções nos teores de substâncias solúveis (PASCHOAL, 1996 *apud* SILVA, 2008).

Estudos apontam para a existência de relações diretas entre os distúrbios metabólicos causados pelos estresses fisiológicos das plantas com a produtividade dos sistemas de produção e com a sustentabilidade dos agroecossistemas (VILANOVA & SILVA JUNIOR, 2010). Uma diversidade de condições ambientais pode causar estresses em produtos hortícolas (LARCHER, 2000), por exemplo, àqueles advindos de fatores abióticos, como climáticos (radiação, temperaturas, precipitação, seca, ventos, etc.), àqueles relacionados com as condições do solo (concentração de minerais, acidez, compactação, tipo, etc.); e outros advindos de fatores bióticos, com adensamento de plantas, microrganismos, insetos, ações antrópicas.

Na natureza dificilmente ocorre um fator de estresse de maneira isolada sem influência de outros fatores de estresse, e, a análise individualizada de uma prática agrícola que possa minimizar um fator de estresse é uma análise parcial que deve ser ampliada para o conjunto de práticas adotadas no sistema de produção, de modo que os múltiplos estressores possam ser contornados (LARCHER, 2000).

Dentre os estressores capazes de promover o desequilíbrio metabólico Chaboussou (1987) destaca os fatores intrínsecos, que são os que envolvem a constituição genética da planta (espécie, variedade, idade); fatores abióticos, os quais estão relacionados o clima (radiação, temperatura, umidade, precipitação, influencias cósmicas); e fatores culturais, nos quais relacionam-se a estrutura física e composição química do solo, aplicação de fertilizantes (minerais ou compostos orgânicos) e de agrotóxicos, enxertia, entre outros.

Segundo Deffune (2007) *apud* Silva (2008), a sanidade dos vegetais e a qualidade de seus produtos não dependem somente das práticas de manejo dos sistemas de produção, mas da aplicação consciente do conhecimento dos processos vitais envolvidos e da natureza dos problemas (pragas, doenças, ambiente, entre outros) que necessitem ser resolvidos.

A resistência vegetal representa uma questão sistêmica que deve considerar que o ambiente que uma planta é cultivada é composto por inúmeros fatores que interagem entre si, e que o manejo sustentável do agroecossistema requer o reconhecimento da complexidade do ambiente e das formas com que fatores relacionados podem ser manejados (VILANOVA e SILVA JUNIOR, 2009). O enfoque sistêmico é cada vez mais necessário às análises dos sistemas agrícolas devido à crescente complexidade de sistemas organizados e manejados

pelo homem e da emergência da compreensão do conceito de sustentabilidade (VILANOVA e SILVA JUNIOR, 2009).

Diante do exposto, observa-se que as práticas adotadas nos sistemas de produção convencionais podem exercer pressões sobre o metabolismo de espécies olerícolas. Por conseqüência, estes sistemas são expostos ao comprometimento da sustentabilidade ambiental, econômica e social em virtude da crescente dependência de insumos contaminantes e não-renováveis que são utilizados, sem considerar os efeitos sobre relações agroecossistêmicas dos elementos presentes nos sistemas de produção.

### **2.3 Segurança Alimentar e Nutricional (SAN)**

Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) é um conceito que foi construído ao longo da segunda metade do Século XX à medida que a humanidade discutia as crises alimentares em paralelo ao crescimento dos ideais que defendiam a necessidade de ampliar sua denominação. As contínuas discussões sobre a base conceitual da SAN demonstram a necessidade de uma abordagem sistêmica e da necessidade em desenvolver ações que possibilitem consolidação de estratégias voltadas para seu controle, diagnóstico, monitoramento e tomada de decisões prévias ou mitigadoras.

As primeiras discussões sobre a SAN ocorreram em 1974 na I Conferência Mundial de Alimentação, em decorrência da crise da oferta de alimentos no início da década de 1970. Diante do contexto apresentado, os representantes das nações associaram o seu conceito à capacidade de produção agrícola (FAO, 1974; MALETTA e GOMÉZ, 2004).

Assim, as prioridades inicialmente estabelecidas como medidas de combate a insegurança alimentar seriam a intensificação da produção de alimentos; a ampliação da utilização de insumos modernos e da pesquisa agrônômica; melhorias nas atividades de extensão e capacitação aos agricultores; políticas e programas para melhorar o quadro nutricional da população; carta mundial dos solos e avaliação do potencial de produção das terras; ordenamento científico das águas; irrigação, armazenamento e luta contra as inundações; ampliar o papel da mulher; equilíbrio entre a população e a oferta de alimentos; fomento da indústria de sementes; redução dos gastos militares para aumentar a produção de alimentos; ajuda alimentar às vítimas das guerras coloniais na África; criação do Sistema Mundial de Informação e Alerta sobre a Alimentação e Agricultura; e melhoria das condições de acesso ao comércio internacional de alimentos (FAO, 1974; MALETTA e GOMÉZ, 2004).

A persistência dos problemas relacionados com as ofertas e a distribuição de alimento que manifestavam-se com a fome em diversas regiões do planeta conduziu à ampliação do conceito de Segurança Alimentar na XII Conferência Mundial da Alimentação, em 1989. Segundo Menezes (2001), a partir deste momento o conceito de SAN passou a levar em consideração a pertinência de aspectos relacionados com a garantia do acesso da população aos alimentos, e assim foi proposto que o objetivo final da SAN seria assegurar que todas as pessoas tenham ininterruptamente acesso físico e econômico aos alimentos básicos de que necessitem sustentando três propósitos específicos, que são: a garantia da produção alimentar adequada; a garantia da máxima estabilidade no fluxo de tais alimentos; e a garantia do acesso aos alimentos disponíveis aos que necessitam.

Posteriormente, em 1996, na Cúpula Mundial de Alimentação, os Chefes de Estado presentes, além de reafirmarem o direito de todos ao acesso a alimentos seguros e nutritivos, também se comprometeram a realizar esforços que conduzissem à erradicação da fome e solução de outras questões sociais e ambientais em todos os países (FAO, 1996). A partir deste momento o conceito de SAN passou a reconhecer a necessidade da realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos com qualidade e em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômico e ambientalmente sustentáveis (FAO, 1996; BRASIL, 2007). O novo conceito passou a associar novos elementos com a SAN, levando em consideração aspectos relacionados com a qualidade dos alimentos (física, química, biológica e nutricional), o direito à informação, valorização das manifestações culturais das comunidades tradicionais e a utilização de recursos naturais de maneira sustentável (FAO, 1996; BRASIL, 2007).

Para Keple e Segall-Corrêa (2011), o conceito de SAN representa um desafio para sua abordagem, especialmente ao levar em consideração que cada área de conhecimento, tais como, economia, agricultura, educação, saúde, nutrição, assistência social, sociologia, antropologia, entre outras, tem sua própria perspectiva e expectativa na compreensão e utilização desse conceito. As bases conceituais e disciplinares, bem como seus indicadores, tomados isoladamente, não são suficientes para sua compreensão integral (KEPLE e SEGALL-CORRÊA, 2011).

Atualmente existe uma iniciativa internacional multidisciplinar que reconhece o papel essencial da biodiversidade e a promoção de seu uso sustentável como meio para alcançar a

SAN. Esta iniciativa contraria a simplificação de dietas de sistemas agroalimentares e de ecossistemas, além de evitar a erosão das culturas alimentares (RODRIGUE-AMAYA, 2008).

A avaliação conjunta da nutrição e da biodiversidade, utilizando uma série de indicadores passou a ocupar o foco central da *Iniciativa Interdisciplinar sobre a Biodiversidade para Alimentação e Nutrição* promovida pela FAO, *Biodiversity International* e outros associados, que tem como base o vínculo reconhecido entre biodiversidade, alimentação e nutrição, com foco na necessidade de potencializar a utilização sustentável da biodiversidade para combater a insegurança alimentar. Esta iniciativa tem como um dos princípios a sensibilização sobre a biodiversidade ao setor de nutrição, contribuindo assim com a valorização, promoção sustentável e conservação da diversidade biológica de nosso planeta com vista na garantia SAN (FAO, 2008).

A biodiversidade e a nutrição desempenham suas funções em três níveis: os ecossistemas, as espécies presentes e a diversidade genética intra-específica. Assim, o objetivo da iniciativa é preparar instrumentos de medição e indicadores nestes três níveis, abordando a composição de nutrientes e o consumo de alimentos naturalmente presentes subutilizados e/ou não cultivados. Os indicadores que estão sendo desenvolvidos podem ser utilizados para mensurar progressos na biodiversidade, pois consideram o número de alimentos com descrições suficientemente detalhadas para identificar e selecionar o gênero, espécie, subespécie e variedade/cultivar, com base em pelo menos um dado quantitativo referente a algum nutriente e outro referente a algum componente bioativo (FAO, 2008).

Os efeitos positivos da diversificação da ingestão de produtos hortícolas para a saúde humana foram descobertos a partir de observações epidemiológicas de populações. A observação nutricional de uma população é conhecida como epidemiologia nutricional. Na maioria dos casos, a epidemiologia nutricional estuda doenças relacionadas a um ou a vários nutrientes (RISSANEN *et al.*, 2003). Assim, pesquisas de epidemiologia nutricional mostraram que fatores ambientais, em especial componentes alimentares, exercem um grande impacto sobre os hormônios que agem na prevenção do câncer, e que o baixo consumo de vegetais está associado a índices altos de mortalidade por doenças cardiovasculares (HO, RAFI e GHAI, 2010). Os sistemas de defesa funcionam por meio de uma complexa rede entre as vitaminas C e vitamina E, carotenóides, enzimas antioxidantes dependentes de zinco, cobre, selênio e magnésio, e outros fitoquímicos, os quais executam reações integradas de renovação e regeneração celular, otimizando a proteção contra radicais livres. A deficiência de qualquer um dos componentes essenciais antes mencionados pode ocasionar o

comprometimento do sistema imunológico (CALDER e KEW, 2002; DE LA FUENTE, 2002).

Atualmente, os pequenos agricultores somam algo em torno de 2,5 bilhões de pessoas, ou seja, mais de um terço da população mundial. Portanto, a contribuição destes no incremento da produção de alimentos é uma questão de imensurável relevância, principalmente ao considerar a necessidade de incremento de 70% da atual produção mundial de alimentos até o ano de 2050 para suprir as demandas alimentares de uma população prospectiva de 9 bilhões de pessoas para 2050 (FAO, 2010).

Recentemente, a FAO (2011) apresentou a necessidade de utilizar a SAN como indicador de vulnerabilidade relacionada às mudanças climáticas, pois considera-se que os sistemas de produção de alimentos e os ecossistemas dos quais os sistemas são dependentes são muito sensíveis a variabilidade do clima e às mudanças climáticas, assim, modificações atualmente observadas na temperatura, pluviosidade, manifestações de pragas e de fitopatologias, obviamente contribuem com a redução na produção de alimentos (FAO, 2011).

#### **2.4 Efeitos dos sistemas de produção sobre a qualidade nutricional dos alimentos**

Em diversas regiões do planeta estudos com a finalidade de comparar a qualidade nutricional e a segurança do consumo de produtos hortícolas obtidos a partir de diferentes tipos de sistemas de produção têm sido realizados (DAROLT, 2005; PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2006; ROSSETO *et al.*, 2009; MITCHELL *et al.*, 2007; KELLY, 2010). Muitos conferem uma melhor qualidade nutricional aos produtos cultivados em sistemas de produção orgânico, outros apresentam que não existem significativas diferenças entre estes e àqueles produzidos em outros sistemas de produção.

Alimento orgânico é um termo designado para definir alimentos de alta qualidade biológica, isentos de resíduos de substâncias nocivas à saúde humana e provenientes de sistemas agrícolas onde os recursos produtivos locais são manejados de forma integrada e harmônica, visando sempre a sustentabilidade econômica, ambiental, social e cultural. Assim, uma série de normas foi criada para orientar o produtor e, ao mesmo tempo, proteger o consumidor contra possíveis enganos e fraudes (TRIVELLATO e FREITAS, 2003).

Segundo Bourn e Prescott (2002), com a possível exceção dos teores do nitrato e do teor de matéria seca, não existem fortes evidências de que alimentos orgânicos e convencionais apresentem diferenças nas concentrações da maioria dos nutrientes

pesquisados. Em contrapartida, no que concerne às concentrações de substâncias bioativas que apresentam funções de proteção aos organismos vegetais e humanos, como é o caso dos compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e do ácido ascórbico, a maioria dos estudos realizados apresentam um teor mais elevado desses elementos em alimentos obtidos por sistemas orgânicos de produção (DUCASSE-COURNAC *et al.*; 2001; REN *et al.*, 2001; DAROLT, 2005; PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2006; MITCHELL *et al.*, 2007; BENBROOK *et al.*, 2008; ROSSETO *et al.*, 2009; KELLY, 2010).

BENBROOK *et al.* (2008) realizaram uma revisão com 191 publicações que tratavam dos efeitos dos sistemas de produção sobre a qualidade nutricional do alimentos. Verificou-se que o percentual de publicações que conferem superior qualidade nutricional aos alimentos produzidos por sistemas orgânicos foi de 24% considerando-se os teores de compostos fenólicos totais, 13% para quercetina, 7% para kaempferol, 37% para ácido ascórbico, 50% para  $\beta$ -caroteno, e 38% para vitamina E, quando comparados com publicações que não apresentam diferenças significativas entre os efeitos dos sistemas de produção ou com publicações que apresentam que os sistemas produção convencional proporcionam superior qualidade nutricional considerando-se os referidos compostos.

Foram observados efeitos de diferentes sistemas de produção sobre a síntese de carotenoides de pimentões cultivados em sistemas de produção orgânico, integrado e convencional durante três estádios de desenvolvimentos. Observaram-se em todos os estádios maiores concentrações de carotenóides em amostras cultivadas em sistema de produção orgânico (PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2006).

Em tomates cultivados em diferentes sistemas de produção durante dez anos foi verificado que os teores de flavonoides foram superiores em amostras cultivadas em sistema orgânico em todos os períodos analisados (MITCHEL *et al.*, 2007).

Estudos realizados na Suíça durante 20 anos avaliaram o desempenho agrônômico e ecológico dos sistemas biodinâmico, orgânico e convencional. O experimento foi instalado entre 1978 até 1998 e apresentou resultados muito consistentes, como por exemplo: a produtividade do sistema orgânico tende a ser 20% menor, no entanto, o consumo de energia por hectare é 50% maior nas plantações convencionais, os quais dependem do uso de fertilizantes e agrotóxicos (MADER *et al.*, 2002). Sistemas biodinâmicos e orgânicos são mais eficientes na conservação da fertilidade do solo, apresentando maior estabilidade de agregados e alta biodiversidade da fauna do solo, além de maior atividade microbiana

(MADER *et al.*, 2002). Mesmo produzindo menos, a agricultura orgânica é mais eficiente e menos agressiva ao meio ambiente (MADER *et al.*, 2002).

Avaliações de parâmetros de qualidade física e química de maçãs do cultivar “Golden Delicious” destacaram que as amostras cultivadas em sistema orgânico tendem a apresentar valores mais favoráveis com relação aos seguintes parâmetros: teores de fósforo 31,9% superiores nas frutas frescas; 14,1% mais firmes com tempo de armazenamento 12% superior; teores de fibra 8,5% superiores; teores de fenólicos 18,6% superiores (maior proteção natural ao organismo); e superioridade de 15,4% em testes sensoriais de qualidade, avaliando-se os atributos sabor, aroma e firmeza da polpa e casca (WEIBEL *et al.*, 1999).

Observa-se uma tendência na redução do teor de nitratos e aumento no teor de vitamina C em alimentos produzidos em sistema orgânico (WILLIAMS, 2002). Em uma revisão de dezoito estudos comparativos verificou-se um percentual de 83,3% de estudos que apontam que os alimentos produzidos em sistema convencional apresentam maiores concentrações de nitrato, enquanto que 85,2% dos trabalhos apresentaram que os sistemas convencionais proporcionam maiores teores de proteínas (BENBROOK *et al.*, 2008).

Diferenças nos teores de vitamina C em alimentos produzidos por diferentes sistemas de produção podem estar relacionados com a aplicação de fertilizantes nitrogenados, os quais conduzem à redução do teor de ácido ascórbico na maioria das hortaliças, pois, a maior disponibilidade de nitrogênio implica em aumento da síntese de proteínas e carboidratos e, conseqüentemente, menor uso de fotoassimilados na produção de compostos do metabolismo secundário (LEE & KADER, 2000).

Os compostos bioativos presentes nos vegetais, como ácido ascórbico, carotenoides, flavonóides, compostos fenólicos e tocoferóis, existem para protegê-los de estresse oxidativo e outros tipos de estresse, e destas, são cada vez mais reconhecidas suas capacidades de proteção contra doenças crônicas não-transmissíveis como aterosclerose, doenças coronárias e algumas neoplasias (BRECHT *et al.*, 2010).

Os estudos relacionados com os compostos bioativos presentes em alimentos inspirou o conceito de alimentos funcionais. O termo alimento funcional originou-se no Japão em 1980, quando foi utilizado para descrever alimentos fortificados com ingredientes específicos, inferindo-lhes benefícios à saúde. Compostos bioativos são constituintes extranutricionais e ocorrem tipicamente em pequenas quantidades nos alimentos. Os estudos epidemiológicos que abordam as dietas ricas em alimentos de origem vegetal apresentam resultados interessantes, sugerindo que o consumo diversificado de vegetais é capaz de exercer

influência na redução do risco do desenvolvimento de doenças crônicas não-transmissíveis (CARRATU e SANZINI, 2005).

Estes compostos são classificados como nutracêuticos e tóxicos. Os nutracêuticos são compostos ativos e derivados naturais que promovem a saúde, previnem doenças, têm propriedades medicinais e causam impactos positivos na saúde humana. Dependendo da fonte, a quantidade de substâncias bioativas que possuem propriedades farmacológicas diversificadas é variável (HO, RAFI e GHAI, 2010).

Os compostos bioativos podem agir de diferentes formas, tanto no que se refere aos alvos fisiológicos quanto aos seus mecanismos de ação. A ação antioxidante, comum nesses compostos, deve-se, por exemplo, ao potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, à capacidade dessas moléculas em competir por sítios ativos e receptores nas diversas estruturas celulares ou, ainda, à modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra processos oxidativos degenerativos de estruturas celulares (DNA, membranas) (BASTOS *et al.*, 2009).

A proteção antioxidante dos compostos bioativos contra danos ocasionados por radicais livres é vital para a integridade das estruturas celulares (HO, RAFI e GHAI, 2010). Além da capacidade antioxidante, os compostos bioativos exercem outras ações do ponto de vista biológico, como modulação de enzimas de destoxificação, estimulação do sistema imunológico, redução da agregação plaquetária, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão sanguínea, e atividade antibacteriana e antiviral (HOF *et al.*, 1999).

Haddad *et al.* (2011) verificaram efeitos positivos da exposição dos carotenoides licopeno e beta-caroteno sobre a redução da proliferação do ciclo celular de células cancerígenas presentes em tumor de hipófise diante da exposição prolongada aos referidos compostos químicos. Por sua vez, Teodoro *et al.* (2010) verificaram efeitos dos carotenoides na proliferação e no ciclo celular de linhagens de células de adenocarcinoma de cólon humano. Neste sentido, práticas de manejo que possibilitam a obtenção de alimentos com maiores benefícios funcionais devem ser continuamente fomentadas.

Muitos estudos realizados verificaram efeitos dos sistemas de produção sobre a qualidade nutricional de alface (*Lactuca sativa* L.). Na maioria dos estudos não foram verificadas diferenças significativas entre os teores de macromoléculas como proteínas, fibras, cinzas e lipídeos, no entanto, com relação aos compostos bioativos, como carotenoides, ácido ascórbico, compostos fenólicos e tocoferol, são observadas tendências negativas dos sistemas de produção convencional sobre os teores deste elementos.

### 2.4.1 Considerações acerca da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)

Dentre as hortaliças folhosas a alface (*Lactuca sativa* L.) é a mais consumida no Brasil, sendo componente básico de saladas preparadas tanto nos domicílios domésticos quanto nos comerciais. Em algumas centrais de distribuição o conjunto das espécies de alface representa quase 50% de todas as hortaliças folhosas que são comercializadas (MORETTI *et al.*, 2007).

A alface é uma planta da família *Asteraceae* originária de espécies silvestres ainda encontradas em regiões de clima temperado da Europa e da Ásia Ocidental. É uma planta herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas que são amplas e crescem em roseta em volta do caule. As cultivares desta hortaliça folhosa podem desenvolver-se com ou sem formação de cabeça, com folhas lisas ou crespas, com colorações variando do verde-claro ao verde-escuro, e ainda, algumas cultivares apresentam pigmentações roxa nas bordas ou na folha como um todo. As alfases podem ser classificadas nos seguintes grupos: Crespa, Lisa, Mimosa, Romana e Americana (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo da alface vem sendo realizado nas formas convencional, hidropônica e orgânica, as quais apresentam características diferenciadas em suas práticas de manejo e podem influenciar os parâmetros de qualidade desta hortaliça (MIYAZAWA *et al.*, 2001). Nos últimos anos, o interesse por produtos cultivados em sistemas de produção orgânicos vem crescendo intensamente. Assim, os consumidores passaram a ter mais opções nos pontos de venda, no entanto, a não ser pelas diferenças entre as práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção, o consumidor não possui dados objetivos referentes à qualidade das hortaliças cultivadas nos diferentes sistemas de produção (SANTANA *et al.*, 2006).

A alface possui uma fase de crescimento vegetativo que corresponde ao intervalo entre a semeadura e o ponto de colheita comercial de 60 a 90 dias. A fase reprodutiva é caracterizada pela emissão da haste floral, que chega a alcançar até 1m de altura, com inflorescência ramificada e grande número de flores perfeitas. A transição entre as duas fases é caracterizada pela formação de látex, que provoca a sensação do sabor amargo (MALUF, 1996).

Os principais tratamentos culturais aplicados à cultura da alface são a irrigação e o controle de plantas espontâneas. É uma hortaliça altamente exigente em água, o que influencia de forma decisiva a produtividade e a qualidade comercial. Portanto, as irrigações devem ser frequentes e abundantes, devido à ampla área foliar, à evapotranspiração intensiva, aos

sistemas radiculares delicados e superficiais, e à elevada capacidade de produção. A irrigação pode ser realizada por sulcos, por aspersão, microaspersão e por gotejamento (MALUF, 1996; FILGUEIRA, 2008), recomendando-se que o teor de água útil no solo seja mantido acima de 80% ao longo do ciclo da cultura, inclusive durante a colheita (FILGUEIRA, 2008). O controle de plantas espontâneas pode ser realizado por ações mecânicas ou manuais, e deve ser realizada superficialmente prevenindo danos ao sistema radicular (COELHO, 2001; FILGUEIRA, 2008).

O controle de plantas espontâneas pode ser realizado com a utilização de cobertura morta ou *mulch*, e pela aplicação de agrotóxicos. A utilização de cobertura morta, além de controlar as plantas daninhas, mantém a umidade do solo, evita o contato das folhas com a terra e diminui as oscilações bruscas de temperatura. Quando o controle é realizado por meio de agrotóxicos, a aplicação pode ser feita nos períodos de pré-plantio, pré-emergência, pós-plantio ou quando a planta estiver bem enraizada, observando-se o período de carência (SGANZERLA, 1997).

No que se refere ao ponto de colheita, sendo um produto não climatérico, este corresponde ao máximo desenvolvimento da cabeça, quando as folhas apresentam-se ainda tenras e antes de qualquer indício de florescimento (DAREZZO, 2004).

Uma pesquisa de mercado realizada sobre o consumo das hortaliças folhosas em Aracaju/SE verificou que a alface Americana representa o grupo mais consumido (42%), seguida do grupo Crespa (32%). Sendo assim, estes dois grupos de alface representam uma importante fonte de vitaminas e pró-vitaminas para a região (SOUZA, 2010).

A alface é um dos alimentos com maiores teores de água (94,9%). São observados reduzidos conteúdos energético ( $\sim 16 \text{ Kcal.100g}^{-1}$ ) e reduzidos teores de lipídeos ( $\sim 0,2\%$ ) (ROGER, 2010). É uma importante fonte de vitaminas e sais minerais para a população. Tradicionalmente consumida crua, fornece inúmeros componentes essenciais, tais como: vitaminas A, B1, B2, C, e sais minerais como ferro e cálcio (OHSE, 1999).

Os potenciais nutricionais e dietoterapêuticos da alface estão relacionados com os teores das provitaminas A, pois a alface fornece em média  $260\mu\text{g ER.100g}^{-1}$  (equivalente de retinol por 100 gramas), o que supõe a quarta parte das necessidades diárias. Fornece vitaminas do complexo B, sendo verificados teores de  $0,1 \text{ mg.100g}^{-1}$  de vitamina B<sub>1</sub> e  $0,1 \text{ mg.100g}^{-1}$  de vitamina B<sub>2</sub>, e ainda  $135,7\mu\text{g.100g}^{-1}$  de folatos. Também é fonte de vitamina C, pois verificam-se teores médios de  $24 \text{ mg.100g}^{-1}$ , um pouco menos da metade que os teores apresentados pela laranja ou limão (ROGER, 2010).

Com relação aos sais minerais, apresenta destaque para os teores de potássio (290 mg.100g<sup>-1</sup>) e do ferro (1,1 mg.100g<sup>-1</sup>), apresentado também teores significativos de cálcio, fósforo e magnésio, assim como dos oligoelementos zinco e cobre (ROGER, 2010).

#### **2.4.1.1 Clorofilas**

As clorofilas são os principais pigmentos absorvedores de luz nos vegetais, algas e bactérias fotossintéticas, e diferentes formas são encontradas na natureza. Suas estruturas diferem entre si em torno dos substituintes de núcleo forbina (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010). A *clorofila a* e a *clorofila b* são encontradas em plantas verdes folhosas, como a alface, em uma proporção aproximada de 3:1, e diferem-se entre si no substituinte do carbono C-3. A *clorofila a* apresenta uma grupo metil, enquanto que a *clorofila b* apresenta um grupo formil (CHITARRA e CHITARRA, 2005). São receptores de energia luminosa transformado-a em energia química através da fotossíntese pela fixação do dióxido de carbono com liberação de oxigênio e produção de glicose, a qual é utilizada em processos metabólicos vitais, como a produção de celulose e de amido (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As clorofilas estão associadas aos carotenóides, lipídeos e lipoproteínas (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010). Apresentam entre si e essas moléculas ligações fracas, ou não covalentes, assim podem ser facilmente extraídas pela maceração do material vegetal na presença de solventes orgânicos (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010).

As identificações da clorofila e de seus derivados baseiam-se, em grande parte, nas características de absorção da luz visível. Os espectros visíveis das *clorofilas a* e *b* e de seus derivados são caracterizados pelas bandas acentuadas de absorção da luz entre 600 e 700 nm (regiões do vermelho) e entre 400 e 500 nm (regiões do azul) (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010).

#### **2.4.1.2 Carotenoides**

Os carotenoides fazem parte de outra classe de pigmentos amplamente distribuídos na natureza. Estima-se que sua produção terrestre anual de carotenóides seja de 100 milhões de toneladas (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010). Estes elementos desempenham importantes funções na fotossíntese e na fotoproteção de tecidos vegetais, assim, em todos os tecidos que

contêm clorofila, os carotenoides funcionam como pigmentos secundários na coleta de energia luminosa (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010; CHITARRA e CHITARRA, 2005). Seu efeito fotoprotetor está associado à capacidade de desativação ou inativação das espécies reativas de oxigênio (especialmente o oxigênio singlete), formados pela exposição à luz e ao ar (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010; HO, RAFI e GHAI, 2010).

O principal papel dos carotenoides na dieta humana é a capacidade de originarem a partir deles moléculas de vitamina A. Embora o carotenoide  $\beta$ -caroteno apresente a maior atividade pró-vitáminica A, em virtude de seus dois anéis  $\beta$ -ionona, outros carotenóides de consumo comum, como o  $\alpha$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina, também desempenham esta atividade. Estima-se que os carotenoides pró-vitáminicos A presentes em frutas e hortaliças forneçam de 30% a 100% da exigência de vitamina A das populações humanas (SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010).

A estrutura da vitamina A (retinol) é a metade da molécula do  $\beta$ -caroteno, com uma molécula de água adicionada no final da cadeia poliênica. Conseqüentemente, o  $\beta$ -caroteno é o carotenoide de maior potencial pró-vitáminico A. A exigência mínima para um carotenoide possuir atividade pró-vitáminica A é ter um anel- $\beta$  não substituído, com uma cadeia poliênica de 11 carbonos. Assim, o  $\alpha$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina tem cerca de 50% da atividade do  $\beta$ -caroteno, ao passo que a luteína, zeaxantina e licopeno não possuem atividade, porém apresentam outras propriedades funcionais (RODRIGUES-AMAYA, 2008).

Todos os carotenoides são compostos lipofílicos, ou seja, são solúveis em óleos e solventes orgânicos. São moderadamente estáveis ao calor, sujeitos a perdas por oxidação. Como sua faixa de cor varia do amarelo ao vermelho, os comprimentos de onda utilizados para análises costumam variar de 430nm a 480nm (RODRIGUE-AMAYA, 2008).

Os carotenoides apresentem propriedades antioxidantes em virtude da facilidade de serem oxidados. Além da proteção celular e *in vitro* contra o oxigênio singlete, os carotenóides, sob baixas pressões parciais de oxigênio, também inibem a peroxidação lipídica. Em virtude de seus efeitos contra danos oxidativos, propõem-se que estas moléculas desempenham atividades de proteção contra riscos de câncer, catarata, aterosclerose e processos de envelhecimento (RODRIGUE-AMAYA, 2008; SCHWARTZ, ELBE e GIUSTI, 2010).

As hortaliças verdes, folhosas ou não, possuem um perfil qualitativo definido, sendo o  $\beta$ -caroteno, a violaxantina, a luteína e a neoxantina os carotenóides principais. Podem conter também carotenóides minoritários como o  $\alpha$ -caroteno,  $\alpha$ -criptoxantina,  $\beta$ -criptoxantina,

zeaxantina, anteraxantina e luteína-5,6-epóxido. Nestes vegetais, os carotenóides encontram-se em cloroplastos e não são esterificados. Os principais carotenóides presentes na alface aumentam suas concentrações entre 3 e 4 vezes com a maturação (RODRIGUE-AMAYA, 2008).

#### **2.4.1.3 Compostos fenólicos totais**

Os compostos fenólicos presentes nos vegetais apresentam um amplo espectro de atividades funcionais. Tradicionalmente, esses compostos são considerados importantes devido ao impacto sobre o sabor e a cor, no entanto, atualmente, existe um grande interesse em seus potenciais efeitos positivos à saúde humana, em sua atividade antioxidante e em seus efeitos antimicrobianos (BRECHT *et al.*, 2010).

Os compostos fenólicos constituem uma faixa muito ampla de metabólitos vegetais que apresentam radicais hidroxila ligados a um anel benzênico agrupados em diferentes classes de acordo com sua estrutura química. Variam desde fenóis simples, ácidos fenólicos, flavonoides e cumarinas, até polímeros complexos como a lignina, e alguns são responsáveis pelas cores amarela, vermelha ou púrpura características dos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2006; PIMENTEL *et al.*, 2005).

Segundo Arbos *et al.* (2010), o teor de compostos fenólicos foi superior em alfaces cultivadas em sistema orgânico, com valores 18% superiores quando comparados à alfaces cultivadas em sistema convencional. As hortaliças produzidas em sistemas orgânicos são importantes fontes de antioxidantes naturais e de compostos fenólicos (ARBOS *et al.*, 2010). Concomitantemente, Melo *et al.* (2006), verificaram teores de compostos fenólicos de 22,6mg.100 g<sup>-1</sup> e de 13,85mg.100 g<sup>-1</sup>, em alfaces crespa e lisa, respectivamente.

#### **2.4.1.4 Fenilalanina amônia-liase (EC 4.3.1.5) (PAL)**

A fenilalanina amônia-liase (PAL) é considerada uma enzima-chave para no metabolismo de fenilpropanoide responsável pela biossíntese de compostos fenólicos (CHITARRA e CHITARRA, 2006). Catalisa a desaminação da L-fenilalanina com produção de ácidos trans-cinâmicos, os quais são precursores de uma grande variedade de compostos fenólicos, como ácido fumárico, ácido ferrúlico, antocianinas, lignina, flavonoides, (CHITARRA e CHITARRA, 2006), taninos, ácido gálico, ácidos caféico, ácido clorogênico e

ácido cinâmico (BASHA *et al.*, 2006). É uma etapa reguladora importante entre os metabolismos primário e secundário e sua atividade é mais acentuada em cultivares mais resistentes ao ataque de patógenos, pois está associada aos mecanismos de defesa vegetal (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

A ativação do metabolismo do fenilpropanóide com síntese de compostos fenólicos é uma das principais respostas de defesa dos tecidos vegetais ao estresse. Estes compostos proporcionam a reestruturação dos tecidos visando à manutenção da integridade celular, pois atuam como fitoalexinas, tóxicos aos patógenos; e como compostos tóxicos ao próprio tecido, isolando áreas necrosadas ou formando barreira química que propiciam resistência ao ataque de pragas. Alguns fenólicos complexam proteínas funcionando como reguladores de sistemas enzimáticos, ou atuam como sinalizadores em condições de estresse (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

A PAL é induzida por uma variedade de condições ambientais, incluindo radiação, temperatura, hormônios vegetais, injúrias e fitopatologias (BOO *et al.*, 2011). Em alface, verificaram-se induções da atividade da PAL diante de situações de estresse, com consequente aumento da concentração de compostos fenólicos (BOO *et al.*, 2011; KE e SALTVEIT, 1989). O acúmulo de compostos fenólicos pode aumentar a suscetibilidade ao escurecimento por serem substratos naturais de oxidação pelas polifenoloxidasas e peroxidases. (KE e SALTVEIT, 1989).

#### **2.4.1.5 Polifenoloxidasas (EC 1.14.18.1) (PPO's)**

As polifenoloxidasas (PPO's) são enzimas do grupo das óxido-redutase (1,2-benzenodiol: oxigênio redutase, EC 1.14.18.1) que atuam sobre compostos fenólicos na presença de oxigênio causando a oxidação. As PPO's são também denominadas como fenolase, catecolase, cresolase difenoloxidase, de acordo com o substrato. Catalisam a hidroxilação de monofenóis a ortodifenóis (atividade cresolase) e a oxidação de ortodifenóis (atividade catecolase) a ortoquinonas, as quais polimerizam-se e formam melanoidinas, causadoras de escurecimento dos tecidos, ou reagem com aminoácidos e proteínas causando redução do potencial nutricional. Os substratos usuais são os ésteres de ácidos cinâmicos, as catequinas, a 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA) e a tirosina (CHITARRA & CHITARRA, 2006).

Segundo HAMMER (1993), as PPO's normalmente estão presentes no interior de plastídios e também podem ser encontradas no citoplasma celular em condições de senescência ou degeneração dos tecidos vegetais.

#### **2.4.1.6 Ácidos orgânicos**

Os ácidos orgânicos são compostos que possuem de um a três grupos carboxílicos (COOH). Encontram-se na forma livre ou combinada como sais, ésteres, glicosídeos, etc. Existem situações em que apresentam-se cristalizados na forma de oxalato de cálcio ou bitartarato de potássio (CHITARRA & CHITARRA, 2006).

Embora uma grande variedade de ácidos orgânicos possa estar presente nos tecidos vegetais, os mais comuns são cítrico, málico, tartárico e oxálico (BLEINROTH *et al.*, 1992; CHITARRA & CHITARRA, 2006). Os teores de ácidos orgânicos podem variar de modo considerável dependendo de variedade cultivada, condições apresentadas nos sistemas de produção e da exposição pós-colheita (BRECHT *et al.*, 2010). Em cada espécie de fruta ou hortaliça há a predominância de algum desses ácidos (BLEINROTH *et al.*, 1992).

Os ácidos orgânicos são importantes para o metabolismo respiratório e como compostos de reserva energética para as frutas e as hortaliças. Esses ácidos ocorrem em plantas como intermediário de metabólitos de diferentes processos, como o ciclo de Krebs, o ciclo do glioxalato ou rota do ácido chiquímico (BRECHT *et al.*, 2010).

O ácido ascórbico é uma substância que apresenta propriedades redutoras e de acidez proporcionadas pela porção 2,3-enediol. Esse composto é altamente polar, dessa forma é bastante solúvel em soluções aquosas e insolúvel em solventes apolares (GREGORY III, 2010).

Dentre inúmeras funções, o ácido ascórbico tem a capacidade de ceder elétrons e atuar como antioxidante. Nos organismos humanos relata-se a capacidade de reciclar os tocoferóis (vitamina E), além de ser necessário para a produção e manutenção de colágeno. Esta substância participa da hidroxilação da prolina, da oxidação da fenilalanina, da tirosina e da conversão da folacina em ácido tetra-hidrofólico (THFA). Também é necessário na redução do ferro-férrico em ferro-ferroso que ocorre no trato intestinal. Essas características fazem com que frequentemente o ácido ascórbico seja recomendada como suplementação alimentar (GERUDE, 1995; MANELA-AZULAY, 2003).

A manutenção de hábitos alimentares que reduzem a ingestão do ácido ascórbico está associada à manifestação de uma doença denominada escorbuto. Desencadeada pela deficiência no organismo, essa doença caracteriza-se por manifestações hemorrágicas (petéquias, equimoses, sangramento das gengivas), edema nas articulações, fadiga, lassidão, tonteiras, anorexia, alterações cutâneas, infecções e morte (MANELA-AZULAY, 2003).

#### **2.4.1.7 Nitrato**

O nitrato é um elemento químico absorvido pelas raízes das plantas e armazenado nos vacúolos de células vegetais. As plantas usualmente não podem transformar todo o nitrogênio presente nos sistemas de produção, assim existe a possibilidade deste permanecer em alguma quantidade na forma de nitrato (CHITARRA e CHITARRA, 2006). As hortaliças cultivadas em solo altamente fertilizado com nitrogênio podem acumular nitratos, o que reduz a sua qualidade e em alguns casos a vida útil do produto. O nitrato é facilmente reduzido à nitrito, o qual é um elemento químico nocivos à saúde humana (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

Antes de constituir compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados, o nitrato absorvido pelas raízes deve ser primeiramente reduzido para amônio (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

A redução do nitrato a amônio ocorre em sua maior parte nas folhas e em duas etapas. A primeira etapa ocorre no citoplasma, onde o nitrato é reduzido a nitrito com ação da enzima nitrato redutase, a segunda etapa ocorre nos cloroplastos, em que o nitrito é reduzido a amônio por ação da enzima nitrito redutase (FAQUIN e ANDRADE, 2004). Na primeira etapa, o agente redutor é o  $\text{NADH}^+$ , originado na respiração, e na segunda etapa o agente redutor é a ferredoxina, cujos elétrons são originados no fotossistema I da fase fotoquímica da fotossíntese (FAQUIN e ANDRADE, 2004). Na seqüência o amônio combina-se a compostos (ou cadeias) orgânicos formando a glutamina, e posteriormente outros aminoácidos.

As hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato. As espécies folhosas como alface e espinafre podem conter altos níveis de nitrato (TURAZI *et al.*, 2006). O risco associado ao consumo do nitrato está relacionado com a possibilidade do nitrito combinar-se com aminas formando "nitrosaminas", substâncias caracterizadas por atividades carcinogênicas e mutagênicas. Como o íon nitrato pode ser reduzido a nitrito na saliva pela ação de complexos redutores presentes na boca, esse nitrito pode formar nitrosaminas a partir de aminas secundárias, causando câncer gastrointestinal,

como foi verificado experimentalmente em animais tratados com dietas ricas em compostos N-nitrosos (LUZ *et al.*, 2008).

Algumas medidas têm sido estudadas no sentido de reduzir o teor de nitrato em alface, como por exemplo, adequar a adubação, colher as plantas em horários de menor acúmulo, atentar para as condições de armazenamento, selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais buscando ativar o processo assimilatório (BYRNE *et al.*, 2002 *apud* TURAZI *et al.*, 2006).

#### **2.4.1.8 Fibra vegetal**

Fibra vegetal é uma denominação generalizada dada ao citoesqueleto vegetal composto por polissacarídeos não amiláceos (PIMENTEL, 2005). As fibras são diferenciadas em relação à solubilidade em água, viscosidade, geleificação, potencial de retenção de água e à capacidade de incorporar substâncias moleculares ou minerais (WAITZBERG, 2001).

A celulose é o principal componente fibrilar da parede celular dos vegetais (WAITZBERG, 2001). É uma substância formada por uma cadeia linear de glicose que funciona como material estrutural extremamente estável (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A hemicelulose é um grupo heterogêneo de compostos polissacarídeos associados a celulose que também se apresentam como um dos principais componentes das paredes celulares. As hemiceluloses são compostas principalmente por glicose, manose, xilose e arabinose, ligadas com várias combinações e com vários graus de ramificação (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os polissacarídeos não celulósicos são substâncias pécticas, gomas e mucilagens, os quais também constituem a matriz da parede celular (WAITZBERG, 2001) como materiais “cimentantes” que proporcionam a coesão entre as células (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Atualmente, acredita-se que o consumo prolongado de fibras pode proporcionar uma série de benefícios à saúde, em especial na redução do risco de câncer (NEWELL-McGLOUGHLIN, 2010). A ingestão de fibras com a finalidade terapêutica tem sido bastante aplicada, pois acredita-se que possa exercer uma série de ações positivas sobre o funcionamento do sistema digestivo com benefícios observados em situações como Diabete Melito, doenças cardiovasculares, obesidade e em doenças do cólon. (PIMENTEL, 2005).

Os sólidos solúveis totais (°Brix) correspondem aos componentes que se encontram dissolvidos na seiva vacuolar. Como são constituídos principalmente por carboidratos, o °Brix

representa indiretamente o teor de açúcares dissolvido nos produtos de origem vegetal (CHITARRA e CHITARRA, 2006).

O °Brix é um importante parâmetro de determinação da qualidade de fruta e hortaliças, tendo em vista que indica a concentração dos teores de açúcares durante o processo de maturação, seja por biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos (KLUGE *et al*, 2002).

As análises do °Brix possibilitam verificar os efeitos das práticas de manejo dos sistemas de produção sobre a consolidação de carboidratos estruturais. Teores elevados de °Brix é um indicativo de uma menor consolidação de açúcares simples em elementos estruturais como celulose, hemicelulose, pectinas, e outros (CHABOSSOU, 1987).

Assim, as práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção de hortaliças podem interferir significativamente nos teores dos compostos bioativos como carotenóides, vitamina C, compostos fenólicos totais, e também nos teores de macromoléculas como proteínas, fibras, cinzas, °Brix, etc. As consequências não-intencionais das estratégias adotadas nos diferentes tipos de sistemas de produção precisam ser levadas em consideração ao serem implementadas com o propósito de favorecer as potencialidades nutricionais dos produtos hortícolas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material vegetal**

Alfaces dos grupos Lisa, Crespa e Americana foram obtidas em sistemas de produção orgânico e convencional localizados na região do agreste sergipano. Alface do grupo Lisa *var.* Saia Veia, do grupo Crespa *var.* Veneranda e do grupo Americana *var.* Tainá foram cultivadas por produtores locais em dois ciclos de produção correspondentes aos períodos de Abril/Junho e Maio/Junho. Em ambos os sistemas de produção, as mudas das alfaces foram semeadas em bandejas de isopor e mantidas em casas de vegetação durante 15 (quinze) dias. Posteriormente, foram transplantadas para os canteiros e colhidas 45 dias após o transplante de maneira aleatória descartando-se as alfaces presentes nas bordaduras.

Durante as colheitas das alfaces foi padronizado o horário das 9hs da manhã para ambos os sistemas de produção e para os três grupos de alface. Em cada amostragem foram colhidas 10 cabeças de alfaces.

As amostras selecionadas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade. Em seguida foram conduzidas em veículo refrigerado à  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  ao Laboratório de Processamento de Produtos de Origem Vegetal e ao Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe, nos quais foram realizadas as análises previstas imediatamente após a recepção, trituração e homogeneização das amostras.

#### **3.2 Sistemas de produção**

Os sistemas de produção onde foram cultivadas as alface estão localizados na mesorregião do Agreste Sergipano no Estado de Sergipe. O sistema de produção orgânico está caracterizado pelo cultivo diversificado de hortaliças (alface, coentro, cebolinha, tomate, mandioca e outros) e pela adoção de práticas de manejo inerentes à agricultura orgânica desde a década de 80 (Figura 1). A propriedade faz parte da ASPOAGRE (Associação de Produtores Orgânicos do Agreste), a qual possui certificação do Instituto Biodinâmico – IBD. Foram identificadas no sistema orgânico as seguintes práticas de manejo: preparo dos canteiros com enxada, adubação orgânica (esterco bovino e torta de mamona) durante o preparo do canteiro e 15 dias após o transplante, raleio quinze dias após o transplante e irrigação por microaspersão. Outras práticas adotadas no sistema de produção orgânico foram a rotação das

culturas e o pousio, além da presença de barreiras naturais visando isolar a área de produção orgânica e da criação de abelhas e aves.

Figura 1 – Sistema de produção orgânico localizado no município de Itabaiana-SE.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

O sistema de produção convencional faz parte do conjunto de propriedades que fornecem hortaliças folhosas para as redes de supermercado mais representativas do Estado de Sergipe e presente também em outros Estados brasileiros (Figura 2). As práticas de manejo identificadas foram as seguintes: monocultura, cultivo intensivo, mecanização (APÊNDICE C), adubação orgânica (esterco bovino e torta de mamona) durante o preparo do canteiro e 15 dias após o transplante, aplicação de agrotóxicos, irrigação por microaspersão.

Figura 2 – Sistema de produção convencional localizado no município de Itabaiana-SE.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

### **3.3 Metodologias analíticas**

#### **3.3.1 Determinação do teor de clorofilas e carotenoides totais**

Os teores de clorofilas a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais foram analisados de acordo com Lichtenthaler (1987). Amostras de 2g do material vegetal foram maceradas em almofariz e adicionados de 0,2g de carbonato de cálcio e 7mL de acetona 80%. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro qualitativo diretamente em balão de 25 mL envolto com papel alumínio, sendo que, após a primeira filtragem o resíduo do papel de filtro foi lavado três vezes com 5 mL de acetona 80%. Posteriormente, o balão foi aferido com acetona 80%. Na sequência, foram realizadas leituras das absorvâncias dos extratos obtidos nos comprimentos de onda 470 nm, 647 nm e 663 nm.

Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides totais foram estimados com base na seguintes equações (LICHTENTHALER, 1987):

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/g}) = 12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647}$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g/g}) = 21,50 \times A_{647} - 5,10 \times A_{663}$$

$$\text{Clorofila T } (\mu\text{g/g}) = 7,15 \times A_{663} + 18,71 \times A_{647}$$

$$\text{Carotenóides } (\mu\text{g/g}) = \{1000 \times A_{490} - (1,82 \times Ca - 104,96 \times Cb)\}/198$$

### 3.3.2 Determinação do teor de compostos fenólicos totais

Os teores dos compostos fenólicos totais foram determinados de acordo com Kubota (1995). Amostras de 5g do material vegetal foram maceradas e homogeneizadas com 10 mL de água destilada. Em seguida filtrou-se o homogeneizado com duas camadas de gaze em balão de 50mL, o qual teve seu volume aferido com água destilada.

Para determinação dos teores dos compostos fenólicos totais foi construída uma curva padrão de D-catequina com concentrações de 0 mg.L<sup>-1</sup>, 25 mg.L<sup>-1</sup>, 50 mg.L<sup>-1</sup>, 75 mg.L<sup>-1</sup>, 100 mg.L<sup>-1</sup>, 125 mg.L<sup>-1</sup>, 150 mg.L<sup>-1</sup> e 175mg.L<sup>-1</sup>. A curva padrão foi preparada utilizando-se 1 mL de cada solução de D-catequina, adicionadas de 5 mL de solução diluída 2:8 de Folin-Ciocalteu 1N e homogeneizados em vortex, em seguida adicionou-se após 30 segundos da adição do reativo Folin-Ciocalteu 4mL de solução de carbonato de sódio 10%, homogeneizando-se novamente em vortex. Os tubos foram mantidos durante 1 hora a 30°C e logo em seguida foram transferidos para recipiente a 0°C em banho com gelo por aproximadamente 1 hora. Posteriormente realizou-se leituras das absorvâncias em comprimento de onda 700 nm.

As análises dos teores dos compostos fenólicos totais das amostras de alface foi realizada pipetando-se 1mL da diluição 1:10 dos extratos obtidos após maceração e filtração, com posterior realização dos procedimentos aplicados na construção de curva padrão de D-catequina.

### 3.3.3 Determinação dos teores de ácidos orgânicos tituláveis

As análises dos teores dos ácidos orgânicos tituláveis foram realizadas com base na metodologia apresentada pelo IAL (2008). Macerou-se 5g de amostra com 10mL de água destilada em almofariz. Em seguida o extrato foi filtrado em duas camadas de gaze diretamente para um balão volumétrico de 50 mL. O extrato residual foi levada duas vezes com 15 mL de água destilada em cada lavagem, em seguida completou-se o volume do balão

com água destilada. Na sequência, o extrato obtido foi homogeneizada e transferido para um erlenmeyer de 125 mL adicionando-se 3 (três) gotas do indicador fenolftaleína 1%. Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1N até mudança para a coloração rósea. Os cálculos para verificação dos teores de ácidos orgânicos tituláveis levaram em consideração que o ácido cítrico é o ácido orgânico em maior proporção da alface, e foram verificados com base na seguinte equação:

$$\text{Ácidos orgânicos (g de ácido cítrico/100 g)} = \frac{V \times F \times N \times PM}{10 \times P \times nh}$$

Onde:

V = volume da solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação;

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

N = normalidade da solução de NaOH;

PM = peso molecular do ácido correspondente em g (ácido cítrico = 192);

P = massa da amostra em g;

n = número de hidrogênios ionizáveis (ácido cítrico = 3).

### 3.3.4 Determinação dos teores de ácido ascórbico

As análises dos teores de ácido ascórbico foram realizadas conforme a metodologia proposta por AOAC (1984) com adaptações de Benassi (1988). Macerou-se 5 gramas de alface em almofariz com 10 mL de solução ácido oxálico 2% (solução de extração). Em seguida filtrou-se o homogeneizado com duas camadas de gaze em balão volumétrico de 50 mL, realizando-se duas lavagens consecutivas com 10 mL de solução de extração. Na sequência completou-se o balão com o ácido oxálico 2%. Para a titulação, transferiu-se 7mL da amostra filtrada para erlenmeyer de 125 mL e titulou-se rapidamente com 2,6-dicloroindofenol (1mg.mL<sup>-1</sup>), previamente padronizada com solução padrão de ácido ascórbico (1mg.mL<sup>-1</sup>), até viragem para a coloração rosa com persistência de cor por dez segundos..

O 2,6 diclorofenolindofenol (DCPIP) foi preparado adicionando-se 50 mg de sal sódio 2,6-dicloroindofenolindofenol em 50 mL de água destilada contendo 42 mg de NaHCO<sub>3</sub> e armazenado em ambiente refrigerado protegido da luminosidade. A padronização da solução de DCPIP foi realizada titulando-se uma alíquota de 2,0 mL de solução padrão de ácido ascórbico adicionada de 5,0 mL de solução de extração.

### **3.3.5 Determinação da atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL; EC 4.3.1.5)**

A extração e ensaio da PAL foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Ke e Salveit (1986) com adaptações de Simões (2008). O extrato enzimático foi obtido homogeneizando-se 2,0 g do material vegetal em 5 mL de tampão borato de sódio (0,1M) pH 8,8, contendo  $\beta$ -mercaptanol (5 mM), EDTA (2 mM) e polivinil pirrolidona insolúvel (PVPP) 1% (p/v). Em seguida, o extrato foi filtrado em duas camadas de gaze e centrifugado a 12.500 g por 40 minutos, a 4°C.

No ensaio 1,5 mL de L-fenilalanina (60 mM) em tampão borato (0,1M) pH 8,8 foi mantido antes da reação a 40 °C, por 15 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL do extrato enzimático e, após 1 hora de incubação a 40 °C, mediu-se a absorbância a 290 nm. Como controle foi utilizado o extrato previamente fervido.

A unidade da atividade enzimática foi definida como a atividade capaz de produzir de 1  $\mu$ mol de ácido trans-cinâmico por hora para cada grama de massa fresca ( $\mu$ mol de ácido trans-cinâmico . h<sup>-1</sup>. g<sup>-1</sup>).

### **3.3.6 Determinação da atividade da polifenoloxidase (PPO; EC 1.14.18.1)**

A extração e ensaio da PPO foram realizados conforme metodologia proposta por Simões (2004). O extrato enzimático foi obtido homogeneizando-se 1,0g do material vegetal em 6 mL de tampão fosfato 0,2M pH 6 gelado. Em seguida, o extrato foi filtrado centrifugado a 10.000g por 21 minutos, a 4°C. Posteriormente, o sobrenadante foi colocado em banho com gelo. Em outro tubo de ensaio, adicionouse 1,3mL de tampão fosfato 0,2M pH 6 e 1,5mL de catecol 0,2 M. O tubo de ensaio com tampão e catecol foi mantido em banho termostático a 25 °C até a estabilização da temperatura, aproximadamente 5 minutos. Em seguida adicionou-se ao tubo de ensaio 30  $\mu$ L do sobrenadante, homogenizou-se imediatamente, e efetuou-se 4 leituras de absorvância a 425 nm de 30 em 30 segundos.

A unidade enzimática de PPO foi definida como a quantidade de enzima no extrato capaz de aumentar a absorbância em 0,001 unidade por minuto (UE.min<sup>-1</sup>.mL<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>MF).

### 3.3.7 Determinação dos teores de proteínas

A determinação dos teores de proteínas foi realizada de acordo com a metodologia apresentada pelo IAL (2008). Foram pesados em tubo de digestão Kjeldahl 1,0 g de material vegetal, 2 g de mistura catalisadora e em seguida pipetou-se 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os tubos de ensaio foram mantidos em bloco digestor a 350 °C por tempo suficiente até que os conteúdos apresentassem coloração verde-azulado. Após o término da digestão foram adicionados 10 ml de água destilada ao tubo de digestão Kjeldahl e acoplou-o ao destilador de nitrogênio, onde realizou-se a neutralização da amostra com alíquotas de hidróxido de sódio a 40% até o aparecimento da coloração escura característica do óxido de cobre. Em seguida, realizou-se a destilação até a obtenção de 100 mL do destilado em erlenmeyer de 250 mL contendo 25 mL de ácido bórico 4%, 2 gotas de indicador vermelho de metila 0,25% e 2 gotas de indicador verde de bromocresol 0,2%. Posteriormente, realizou-se a titulação do destilado usando ácido clorídrico a 0,1 N até coloração lilás.

O cálculo de determinação dos teores de proteínas foi realizado da seguinte maneira:

$$P (\%) = \frac{V (\text{HCl}) \times f (\text{HCl}) \times N (\text{HCl}) \times 0,14}{\text{Peso da amostra}}$$

Onde:

%P = Percentual de proteína;

V (HCl) = volume gasto na titulação com ácido clorídrico 0,1 N;

f = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N;

N = normalidade do ácido clorídrico;

F = fator de correspondência nitrogênio-proteína. O valor de F para alimentos em geral é 6,25;

P = peso da amostra.

### 3.3.8 Determinação dos teores de nitrato

Os teores de nitrato foram determinados com base na metodologia proposta por Cataldo *et al.* (1975). A extração do nitrato foi realizada com 0,1 g de material vegetal desidratado e triturado em 10 mL de água destilada mantido em banho termostaticado a 60°C

durante uma hora com agitações a cada 15 minutos. Após o período de extração foi adicionado 0,25 g de carvão ativado e realizada agitação por 1 minuto, para obtenção de extratos incolores. Após 10 minutos de repouso, o material foi filtrado em papel filtro quantitativo de filtragem lenta para precipitados finos (C42 - Faixa Azul). Alíquotas de 0,2 mL de extrato receberam 0,8 mL de solução de ácido salicílico ( $\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ )  $50 \text{ g.L}^{-1}$  em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e em seguida 19 mL de  $\text{NaOH}$   $2 \text{ mol.L}^{-1}$ . Posteriormente, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 410 nm. Os resultados foram convertidos em teores de nitrato com o auxílio de uma curva padrão preparada a partir de soluções diluídas de  $\text{NaNO}_3$  (0, 25, 50, 75, 100, 125  $\text{mg.L}^{-1}$ ), que receberam o mesmo tratamento dado às amostras.

### **3.3.9 Determinação dos teores de cinzas**

A determinação dos percentuais de cinzas foi realizada conforme metodologia proposta por IAL (2008). Depositou-se 2g de discos vegetais em base úmida em cadinhos de porcelana previamente aquecidos em mufla à  $550^\circ\text{C}$ , resfriados e tarados. Logo após, incinerou-se os discos foliares a  $550^\circ\text{C}$  em mufla, até o momento que não pudesse observar resíduos pretos característicos da matéria orgânica ainda em processo de incineração. Em seguida, os conjuntos foram retirados da mufla e colocados num dessecador para esfriar, posteriormente, ao atingirem a temperatura ambiente, foram pesados e os resultados expressos em termos percentuais.

### **3.3.10 Determinação dos teores de fibra total**

A determinação dos teores de fibras totais foi realizada pelo método da AOAC (1975). Transferiu-se 5 gramas de alface para um tubo de digestão de fibras com 200 mL de solução ácida de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 1,25% (p/v) e levados à ebulição branda em digestor de fibras. Após 30 minutos, foi retirada do bloco de aquecimento e filtrada em papel de filtro qualitativo ( $\varnothing = 18,5 \text{ cm}$ ). O material foi lavado com aproximadamente 500 mL de água destilada quente e posicionado novamente no tubo de digestão de fibras com 200 mL de solução de  $\text{NaOH}$  1,25% (p/v) para ebulição branda por mais 30 minutos.

Finalizando o tempo de digestão em  $\text{NaOH}$  1,25%, a fibra foi filtrada novamente com 500 mL de água destilada quente em papel filtro qualitativo previamente tarado e mantido em

estufa a 105°C por 1 hora. O papel de filtro com a fibra foi colocado em placa de Petri e submetido à secagem em estufa a 105°C até a desidratação completa. Em seguida, o material foi esfriado em dessecador, pesado e efetuado o seguinte cálculo:

$$\text{Fibra total (\%)} = \frac{(\text{peso do papel com o resíduo seco} - \text{peso do papel})}{\text{massa da amostra}} \times 100$$

### **3.3.11 Determinação dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix)**

As análises dos teores de sólidos solúveis totais foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pelo IAL (2008). Macerou-se 2g da amostra para obtenção de extratos líquidos, os quais foram utilizados para leitura do °Brix em refratômetro Abbé de bancada.

## **3.4 Delineamento experimental**

O delineamento experimental adotado foi o Delineamento em esquema Fatorial 2x2x3, sendo dois sistemas de produção (Orgânico e Convencional), dois ciclos de produção (Abril/Junho e Maio/Julho), e três grupos de alface (Lisa, Crespa e Americana) com cinco repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos ao teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) com o software Assistat (Assistência Estatística), versão 7.5 beta.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de clorofilas e carotenóides totais

Verificou-se efeitos dos sistemas de produção nos teores de clorofila a, clorofila b e carotenóides totais nos grupos de alface analisados (Tabela 1). Observam-se diferenças significativas entre os teores de clorofila b em todos os grupos de alface, entre os teores de clorofila a nos grupos Lisa e Crespa, e entre os teores de carotenóides totais nos grupos Lisa e Americana (Tabela 1).

Sendo assim, são observadas diferenças de até 80% de clorofila a, de 156% de clorofila b e de 100% de clorofila total para a alface Lisa, e de 153% de carotenóides totais para a alface Americana entre as amostras cultivadas nos diferentes sistemas, com resultados superiores para amostra cultivadas em sistema orgânico (Tabela 1).

As médias dos resultados obtidos nos sistemas de produção considerando os três grupos de alface analisados permitem considerar que o sistema de produção orgânica contribui com maiores teores de clorofilas e de carotenóides em alfaces (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Clorofila a ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )				
Orgânica	28,69aA*	21,71aB	24,29aAB	24,90a
Convencional	15,98bB	15,64bB	20,65aA	17,42b
CV (%) = 19,50				
Clorofila b ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )				
Orgânica	14,19aB	10,98aB	25,13aA	16,77a
Convencional	5,53bB	5,28bB	11,43bA	7,41b
CV (%) = 25,28				
Clorofila total ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )				
Orgânica	42,20aA	32,20aA	48,84aA	41,09a
Convencional	21,16aA	20,59aA	31,62aA	24,45b
CV (%) = 19,35				
Carotenóides totais ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )				
Orgânica	26,27aB	16,19aC	42,03aA	28,16a
Convencional	12,05bA	11,32aA	16,56bA	13,31b
CV (%) = 31,18				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os resultados dos teores de clorofila total e carotenóides totais verificados neste experimento foram superiores àqueles apresentados por Souza (2008) e por Yagui (2008). Os teores de clorofila total das amostras de alface Crespa cultivadas em sistema orgânico apresentados por Souza (2008) e por Yagui (2008) foram  $9,8 \mu\text{g.g}^{-1}$  e  $10,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ , e de carotenóides totais foram  $5,0 \mu\text{g.g}^{-1}$  e  $5,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente. Entretanto, Caldwell & Britz (2006) verificaram teores de  $33,5 \mu\text{g.g}^{-1}$  de clorofila a em alface *var* Concept e de  $25,1 \mu\text{g.g}^{-1}$  de clorofila b em alface *var* Concept, os quais são próximos aos teores verificados no presente trabalho em amostras de alface do grupo Lisa e do grupo Americana cultivadas em sistema orgânico, respectivamente (Tabela 1).

Os teores de carotenóides totais de alface do grupo Americana *var* Tainá cultivadas em sistema de produção orgânico (Tabela 1) estão mais próximos aos teores observados por Caldwell & Britz (2006), que foram de  $54,3 \mu\text{g.g}^{-1}$  em *var* Black Jack, de  $58,1 \mu\text{g.g}^{-1}$  em *var* Galactic,  $44,3 \mu\text{g.g}^{-1}$  em *var* Impuls,  $45,4 \mu\text{g.g}^{-1}$  em *var* Lollo Rossa, e  $50,7 \mu\text{g.g}^{-1}$  em *var* Rave, os quais correspondem no referido trabalho ao somatório dos carotenóides majoritários da alface, que segundo Rodrigue-Amaya (2008) são luteína, neoxantina e  $\beta$ -caroteno.

Os teores de clorofilas das alfaces estão relacionados à disponibilidade dos nutrientes do solo (TROEH & THOMPSON, 2007; LARCHER, 2000). Análises dos nutrientes do solo do sistema orgânico apresentaram maiores teores de fósforo quando comparado aos teores de fósforo presentes no solo do sistema convencional, que foram  $346 \text{mg.dm}^{-3}$  e  $212,60 \text{mg.dm}^{-3}$ , respectivamente (Apêndice II).

A diferença verificada entre a disponibilidade dos teores de fósforo nos solos dos sistemas de produção pode ter influenciado o teor de clorofilas, pois o fósforo é um elemento que apresenta interações com moléculas de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio para dar forma às moléculas orgânicas complexas (TROEH & THOMPSON, 2007), como ácidos nucleicos, fosfolipídios e ATP, sendo um elemento-chave de várias vias metabólicas e reações bioquímicas, tais como inúmeras etapas das vias fotossintéticas C3 e C4 e da glicólise (HOLFORD, 1997). O teor de fósforo orgânico no solo está relacionado ao teor de matéria orgânica, pH, clima e com as práticas de manejo (TROEH & THOMPSON, 2007).

Práticas de manejo adotadas nos sistemas afetaram os teores de carotenóides em couve. A couve produzida em sistema orgânico apresentou teores mais elevadas em seu perfil de carotenóides quando comparada com couve da mesma cultivar produzida com técnicas convencionais (RODRIGUE-AMAYA, 2008). No entanto, nenhuma diferença significativa foi

observada entre alface produzida por técnicas convencionais e alface da mesma cultivar produzida por hidroponia (RODRIGUE-AMAYA, 2008).

Verificou-se efeitos dos ciclos de produção sobre os teores de clorofila a quando comparadas as média obtidas pelas amostras cultivadas no Ciclo 1 e no Ciclo 2 no sistema de produção convencional (Tabela 2). Verificou-se também efeitos dos ciclos de produção sobre os teores de carotenóides totais tanto na média das amostras convencionais quanto na média das amostras orgânicas obtidas no Ciclo 1 e no Ciclo 2 (Tabela 2). As amostras cultivadas no sistema orgânico apresentaram teores superiores de clorofila a e de carotenóides totais superiores nos dois ciclos de produção (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Ciclo 1	Ciclo 2
Clorofila a ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )		
Orgânico	26.11aA*	23.68aA
Convencional	14.82 bB	20.03bA
Média	20,46A	21,86A
CV (%) = 19,50		
Clorofila b ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )		
Orgânico	14,00aA	19,42aA
Convencional	5,53 aA	9,29aA
Média	9,82B	14,36A
CV (%) = 25.28		
Clorofila total ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )		
Orgânico	39,63aA	42,55aA
Convencional	20,03aA	28,88aA
Média	29,83B	35,72A
CV (%) = 19.35		
Carotenóides totais ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )		
Orgânico	16,30aB	40,03aA
Convencional	9,82bB	16,80bA
Média	13,06B	28,42A
CV (%) = 31,18		

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais de todos os grupos alface aumentaram entre o Ciclo 1 e o Ciclo 2 (Tabela 3), no entanto só foram verificadas diferenças significativas entre os teores de clorofila b e carotenóides totais (Tabela 3). Verifica-se que os grupos de alfaces Lisa e Americana apresentaram maiores teores de clorofila b e de carotenóides totais no Ciclo 2 de produção (Tabela 3).

Os teores de carotenóides totais das amostras de alface do grupo Americana apresentou o maior efeito dos ciclos de produção, com um acréscimo de 58% no Ciclo 2 (Tabela 3).

Tabela 3. Teores clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Clorofila a ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
Ciclo 1	22,88aA*	17,09aA	21,42aA	20,46a
Ciclo 2	21,78aA	20,26aA	23,52aA	21,86a
CV (%) = 19,50				
Clorofila b ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
Ciclo 1	8,27bB	6,70bB	14,49bA	9,82b
Ciclo 2	11,44aB	9,56aB	22,07aA	14,36a
CV (%) = 25,28				
Clorofila total ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
Ciclo 1	30,65aA	23,41aA	35,42aA	29,83b
Ciclo 2	32,74aA	29,38aA	45,04aA	35,72a
CV (%) = 19,35				
Carotenóides totais ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )				
Ciclo 1	12,52bA	11,13aA	15,54bA	13,06b
Ciclo 2	25,81aB	16,39aC	43,05aA	28,42a
CV (%) = 31,18				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os teores de clorofilas e de carotenóides podem sofrer influência das práticas de manejo e das condições ambientais (SCHWARTZ, ELBE & GIUSTI, 2010). Os menores teores de clorofilas e carotenóides observados nas amostras cultivadas em sistema convencional podem está relacionados com a aplicação de agrotóxicos, o que não ocorre nos

sistemas orgânicos. Foi observado nos trabalhos de campo que as aplicações de agrotóxicos proporcionam a deposição de camadas sólidas formadas pelos princípios ativos dos agrotóxicos na superfície foliar das alfaces quando as formulações dos agrotóxicos foram desidratadas naturalmente por efeitos dos ventos e das radiações solares (Figura 3, Figura 4).

Considera-se que estas deposições superficiais podem reduzir a incidência das radiações solares (LARCHER, 2000) e a interferência da incidência destas radiações altera a síntese de clorofilas e de carotenóides, conforme discutido por Caldwell & Britz (2006), os quais observaram aumentos nos teores de clorofilas e de carotenóides em algumas variedades da alface quando submetidas a diferentes dosagens de radiações ultravioletas (UV-A e UV-B).

Figura 3 – Alface Lisa cultivada em sistema convencional no agreste de sergipano com deposição superficial de pesticida.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

Figura 4 – Alface Lisa cultivada em sistema convencional no agreste sergipano com deposição superficial de pesticida.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

Durante os trabalhos de campo foram verificadas aplicações de agrotóxicos com os seguintes princípios ativos: metamidofós, mancozebe, tiametoxan, azoxistrobina, lambda-cialotrina, deltametrina e acefato, sendo que somente tiametoxan e azoxistrobina são princípios ativos permitidas para cultivo de alface segunda a Instrução Normativa nº 21, de 2 de setembro de 2010 do MAPA.

A intensidade da radiação solar absorvida pelos vegetais é dependente das radiações incidentes advindas de diferentes fontes, como a radiação solar direta, radiação que sofreu espalhamento na atmosfera, radiação difusa em dias nublados e radiação refletida da superfície do solo. Os receptores de radiação solar para fotossíntese são as clorofilas e os carotenóides, e a intensidade da absorção depende em grande parte da concentração de pigmento fotossinteticamente ativos, e, a deficiência da clorofila pode ser reconhecida pela presença de colorações pálidas ou mesmo esbranquiçada da folha (clorose), o que ocasiona uma considerável redução na intensidade fotossintética (LARCHER, 2000).

## 4.2 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de compostos fenólicos totais e nas atividades das enzimas PAL e PPO's

A alface do grupo Americana cultivada em sistema de produção orgânico apresentou teores de compostos fenólicos totais superiores quando comparada com a alface do grupo Americana cultivada em sistema convencional, com teores de 12,18 mg D-catequina.g<sup>-1</sup> e de 5,20 mg D-catequina.g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4), sendo a única variedade que apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

Verificou-se também que a alface do grupo Americana apresentou o metabolismo secundário mais sensível aos efeitos dos sistemas de produção. Observa-se um aumento de até 134% nos teores de fenóis totais, de 230% de atividade de PAL e de 236% da atividade da PPO em alface Americana cultivada em sistema orgânico (Tabela 4).

Observa-se que as médias dos teores de compostos fenólicos totais e das atividades da PAL e das PPO's do sistemas orgânico, considerando os três grupos de alface analisados, foram superiores quando comparados com as médias obtidas pelas amostras de alface cultivadas em sistemas convencional (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Fenólicos totais (mg D-catequina.g <sup>-1</sup> )				
Orgânica	20,21aA*	15,33aB	12,18aB	15,91a
Convencional	17,33aA	16,10aA	5,20bB	12,87b
CV (%) = 26,70				
PAL (µmol de ácido trans-cinâmico.h <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )				
Orgânica	0,15aAB	0,11aB	0,20aA	0,15a
Convencional	0,16aA	0,10aB	0,06bB	0,11b
CV (%) = 43,29				
PPO (UE.min <sup>-1</sup> .mL <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )				
Orgânica	2200,0aAB	1320,0aB	2740,0aA	2086,66a
Convencional	1920,0aA	1080,0aA	840,0bA	1280,00b
CV (%) = 66,0				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Souza (2008) observou em amostras de alface Americana cultivadas no agreste sergipano teores de fenóis totais de 15 mg D-catequina.g<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos indicam que o metabolismo secundário da alface do grupo Americana pode ser o mais sensível às práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção.

A atividade da PAL verificada neste trabalho está próxima dos valores observados por Ritenour *et al.* (1995) em alface *var.* Iceberg recém colhidas, com resultados próximos a 0,1 μmol de ácido trans-cinâmico.h<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>. Loaiza-Velarde *et al.* (1997), verificaram a mesma tendência, com resultados variando entre 0,08 e 0,1 μmol de ácido trans-cinâmico.h<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>.

A indução da atividade da PAL pode estar associada ao aumento dos teores de fenóis totais, como taninos, ácido gálico, ácido caféico, ácido clorogênico, e ácido cinâmico (BASHA *et al.*, 2006). Esta enzima sofre influência de uma variedade de estímulos, incluindo radiação, temperatura, hormônios vegetais, injúrias e fitopatologias (BOO *et al.*, 2011).

Os maiores teores de fenóis totais verificados em alfaces cultivadas em sistema orgânico também podem ter sido influenciados pelos maiores teores de manganês observado no solo do sistema de produção orgânico (Apêndice II), pois o manganês influencia a síntese de compostos cíclicos precursores de aminoácidos aromáticos, hormônios (auxinas), fenóis e ligninas (HEENAN & CAMPBELL, 1980).

Não foram verificadas diferenças significativas entre os efeitos dos ciclos de produção sobre os teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's ao considerar as médias obtidas pelos sistemas de produção e nem ao considerar as médias obtidas por cada variedade cultivada (Tabela 5, Tabela 6).

Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Ciclo 1	Ciclo 2
Fenólicos totais (mg D-catequina.g <sup>-1</sup> )		
Orgânica	13,99aA*	17,82aA
Convencional	11,3 aA	14,45aA
Média	12,65B	16,13A
CV (%) = 26,70		
PAL (μmol de ácido trans-cinâmico.h <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )		
Orgânica	0,15aA	0,16aA
Convencional	0,11aA	0,11aA
Média	0,13A	0,13A
CV (%) = 43,29		

Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano. Continuação.

PPO's (UE.min <sup>-1</sup> .mL <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )		
Orgânica	2360,0aA	1813,33aA
Convencional	1280,0aA	1280,00aA
Média	1820,00A	1546,66A
CV (%) = 66,0		

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Teores de compostos fenólicos totais e atividades da PAL e das PPO's de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Fenóis totais (mg D-catequina.g <sup>-1</sup> )				
Ciclo 1	18,11aA*	13,15aA	6,68aA	12,65b
Ciclo 2	19,43aA	18,28aA	10,70aA	16,13a
CV (%) = 26,70				
PAL (µmol de ácido trans-cinâmico.h <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )				
Ciclo 1	0,15aA	0,10aA	0,13aA	0,13a
Ciclo 2	0,16aA	0,11aA	0,13aA	0,13a
CV (%) = 43,29				
PPO's (UE.min <sup>-1</sup> .mL <sup>-1</sup> .g <sup>-1</sup> )				
Ciclo 1	2420,0aA	1340,0aA	1700,0aA	1820,00a
Ciclo 2	1700,0aA	1060,0aA	1880,0aA	1546,66a
CV (%) = 66,0				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Nos resultados da análise da atividade das PPO's verificou-se que os valores obtidos são próximos àqueles apresentados por Reinoso (2011) (~1600 UE.g<sup>-1</sup>) e por Souza (2008) (~1400 UE.g<sup>-1</sup>), para amostras de alface Americana *var.* Tainá cultivadas na região do agreste sergipano. Entretanto, Souza (2005) verificou valores inferiores em alface Americana *cv.* Raider cultivada em Lavras-MG (~80 UE.g<sup>-1</sup>), como também foi verificado por Mattos *et al.* (2007) em alface Crespa *cv.* Verônica em cultivadas nas proximidades de Brasília (~28 UE.g<sup>-1</sup>).

Os teores de compostos fenólicos totais podem sofrer efeitos das temperaturas dos sistemas de produção. Boo *et al* (2011) verificaram teores de 29,14 mg ácido gálico.g<sup>-1</sup> em amostras cultivadas em temperaturas mais amenas (10°- 13°C), e teores de 2,48 mg ácido gálico.g<sup>-1</sup> em temperaturas mais elevadas (25°- 30°C). Os teores de compostos fenólicos totais e da atividade da PAL são afetados diante da necessidade do desenvolvimento dos sistemas naturais de defesa e de adaptação (CHITARRA & CHITARRA, 2005; BOO *et al*, 2011; OH, CAREY & RAJASHEKAR, 2009).

Maiores teores de compostos fenólicos totais são respostas tanto a agentes estressores quanto reflexos de um sistema de defesa eficiente, pois muitos dos compostos fenólicos apresentam características de adstringência, acidez e amargor, os quais dificultam ataques de pragas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Os tecidos com maiores concentrações de compostos fenólicos são mais resistentes ao ataque de patógenos, ao tempo que estes contribuem com o aumento da atividade da fenilalanina amônia-liase (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Estresses ambientais (aquecimento, refrigeração e luminosidade) podem proporcionar efeitos sobre a síntese de compostos fenólicos com melhoria da qualidade nutricional, conforme observado na alface *cv. Baronet* (OH, CAREY & RAJASHEKAR, 2009). Em resposta às tensões aplicadas, foram observado aumentos de duas a três vezes dos teores de fenólicos totais, além de um aumento significativo na capacidade antioxidante na alface *cv. Baronet*. Dentre os tratamentos aplicados, àquele que proporcionou um maior acúmulo de compostos fenólicos foi manipulação da luminosidade, apresentando uma relação diretamente proporcional (OH, CAREY & RAJASHEKAR, 2009).

#### **4.3 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico**

Verificou-se efeitos dos sistemas de produção sobre os teores de ácidos orgânicos tituláveis em todos os grupos de alface analisados (Tabela 7). O sistema de produção orgânico proporcionou maiores teores de ácidos orgânicos tituláveis nos grupos de alface *Crespa* e *Americana* (Tabela 7). Não foram observado efeitos dos sistemas de produção sobre os teores de ácido ascórbico em quaisquer grupos de alface analisados (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Ácidos orgânicos tituláveis (g.100g <sup>-1</sup> )				
Orgânica	0,012bA*	0,013aA	0,012aA	0,012a
Convencional	0,017aA	0,011bB	0,009bC	0,012a
CV (%) = 11,02				
Ácido ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )				
Orgânica	43,69aA	47,21aA	36,87aA	42,59a
Convencional	33,69aA	30,95aA	20,95aA	28,53b
CV (%) = 18,83				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Os teores de ácidos orgânicos tituláveis verificados diferiram dos resultados apresentados por Souza (2010), que foi de 0,2 g de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup> em amostras de alface do Americana *var.* Tainá cultivada no agreste sergipano, e também mantiveram-se abaixo dos resultados apresentados por Yaguiu (2008), a qual verificou pequenas diferenças entre amostras cultivadas em sistemas orgânicos (0,09g.100g<sup>-1</sup>) e amostras cultivadas em sistemas convencionais (0,06 g.100g<sup>-1</sup>), também cultivadas no agreste sergipano.

Silva *et al.* (2011) verificaram teores de ácido ascórbico em alface do grupo Crespa superiores em amostras cultivadas em sistema orgânico (42,9 mg.100g<sup>-1</sup>) quando comparadas com amostras cultivadas em sistema convencional (29,7 mg.100g<sup>-1</sup>) com uma diferença de 30,7%. Arbos *et al.* (2010) verificaram teores médios de 20,96 mg.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico em alface orgânica.

Diferenças nos teores de ácido ascórbico de produtos cultivadas em diferentes sistemas de produção podem estar relacionadas com as taxas de absorção das radiações solares. A enzima L-galactose desidrogenase (L-GalDH) é a enzima responsável pela síntese de ácido ascórbico e sua atividade sofre efeito das diferentes taxas de luminosidade, conforme observado em alface cv. Baronet (OH, CAREY & RAJASHEKAR, 2009).

Com relação aos efeitos dos ciclos de produção foram verificadas diferenças significativas nos teores de ácidos orgânicos tituláveis entre as médias do Ciclo 1 e do Ciclo 2 obtidas pelos sistemas de produção orgânico e convencional (Tabela 8).

Tabela 8. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Ciclo 1	Ciclo 2
Ácidos orgânicos tituláveis (g.100g <sup>-1</sup> )		
Orgânico	0,013aA*	0,012bB
Convencional	0,011bB	0,014aA
Média	0,012B	0,013A
CV (%) = 11,02		
Ácido ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )		
Orgânico	46,07aA	39,11aA
Convencional	30,96 aA	26,11aA
Média	38,51A	32,61B
CV (%) = 18,83		

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Todos os grupos de alface analisados apresentaram efeitos dos ciclos de produção sobre os teores de ácidos orgânicos tituláveis (Tabela 9). Por outro lado, apenas a alface do grupo Crespa apresentou diferenças significativa nos resultados dos teores de ácido ascórbico quando comparados os dois ciclos de produção (Tabela 9).

Tabela 9. Teores de ácidos orgânicos tituláveis e ácido ascórbico de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Ácidos orgânicos tituláveis (g.100g <sup>-1</sup> )				
Ciclo 1	0,015aA*	0,011bB	0,009bC	0,012b
Ciclo 2	0,014bA	0,013aAB	0,012aB	0,012a
CV (%) = 11,02				
Ácido ascórbico (mg.100g <sup>-1</sup> )				
Ciclo 1	39,72aB	47,69aA	28,12aC	38,51a
Ciclo 2	37,65aA	30,46bAB	29,71aB	32,61b
CV (%) = 18,83				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

#### 4.4 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de proteínas, nitrato e cinzas

Verificou-se efeitos dos sistemas de produção nos teores de proteínas e de nitrato apenas nas alfaces do grupo Lisa, sendo que os maiores resultados foram observados em amostras cultivadas no sistema orgânico (Tabela 10).

Com relação aos teores de cinzas, verificou-se que apenas a alface do grupo Americana sofreu efeito dos sistemas de produção, o que proporcionou uma maior concentração nas amostras cultivadas no sistema orgânico (Tabela 10).

A alface Lisa cultivada em sistema orgânico apresentou teores de proteínas 20% maiores quando comparada com a alface Lisa cultivada em sistema convencional, assim como a superioridade de 26% na concentração de nitrato (Tabela 10). As médias dos resultados dos teores de proteínas obtidos foram superiores aos valores apresentados por Arbos *et al.* (2010), que observaram uma média global de 0,96% de proteínas em alfaces cultivadas em sistemas orgânicos.

Tabela 10. Teores de proteína, nitrato e cinzas de grupos de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Proteína (%)				
Orgânica	2,35aA*	1,65aB	1,72aB	1,90a
Convencional	1,92bA	1,80aA	1,50aB	1,74b
CV (%) = 15,31				
Nitrato (mg.Kg massa seca <sup>-1</sup> )				
Orgânica	170,88aB	112,10aC	261,04aA	181,34a
Convencional	134,79bB	141,88aB	269,99aA	182,22a
CV (%) = 19,63				
Cinzas (%)				
Orgânica	0,83aB	1,09aA	0,81aB	0,91a
Convencional	0,97aA	1,05aA	0,56bB	0,86a
CV (%) = 18,14				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os teores de nitrato verificados nos três grupos de alface (Tabela 10) estão acima dos valores apresentados por Silva *et al.* (2011), e dentro da faixa apresentada por Miyazawa *et al.* (2001). De acordo com Silva *et al.* (2011), a alface produzida em sistema orgânico apresenta teor de nitrato de  $66,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ , enquanto que a alface produzida em sistema convencional apresenta um teor de nitrato de  $113,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Miyazawa *et al.* (2001) apresentaram teores de nitrato em uma faixa entre  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $11.600 \text{ mg.kg}^{-1}$ , verificando-se também os menores teores de nitrato em amostras cultivadas em sistema orgânico.

Como citado anteriormente, a aplicação de agrotóxicos podem ter interferido na absorção de radiações solares e ter alterado os processos fotossintéticos. Diferenças nas taxas de luminosidade podem afetar os teores de nitrato, que por consequência apresentam efeitos sobre os teores de proteína, pois, o nitrogênio advindo do nitrato é reduzido ao nitrito, o qual posteriormente será reduzido a amônio com a participação da enzima *nitrito redutase* e energia proveniente da respiração, e, em células que contém cloroplastos, da fotossíntese, posteriormente, o amônio participará do metabolismo de moléculas de aminoácidos e amins (LARCHER, 2000).

A alface do grupo Americana apresentou o maior efeito dos sistemas de produção sobre os teores de cinzas (Tabela 10). O aumento no teor de cinzas observado na alface Americana orgânica pode favorecer sua potencialidade nutricional, pois, segundo Cechi (1999), os teores de cinzas representam o fornecimento de importantes sais minerais, como potássio, sódio, cálcio e magnésio, e, em menores proporções, alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco.

Os resultados dos teores de cinzas estão próximo aos valores apresentados por Arbos *et al.* (2010), com uma média global de 0,96%. O aumento de 44% nos teores de cinzas observado em alface Americana orgânica (Tabela 10) pode estar relacionado com as diferenças entre as concentrações dos nutrientes do solo, tendo vista que as análises realizadas dos macronutrientes e micronutrientes do solo destacaram maiores concentrações de fósforo, manganês e sódio no solo do sistema orgânico, que foram de  $346 \text{ mg.dm}^{-3}$ ,  $91,04 \text{ mg.dm}^{-3}$  e de  $101,95 \text{ mg.dm}^{-3}$ , respectivamente, quando comparadas com as concentrações destes elementos no solo do sistema convencional, que foram  $212,60 \text{ mg.dm}^{-3}$  de fósforo,  $78,92 \text{ mg.dm}^{-3}$  de manganês e  $37,35 \text{ mg.dm}^{-3}$  de sódio (APÊNDICE G).

Benbrook *et al.* (2008) observaram em uma revisão com 191 publicações acerca dos efeitos dos sistemas de produção sobre os sais minerais que os teores de fósforo foram superiores em 31% dos estudos em amostras produzidas em sistema orgânico.

Com relação aos ciclos de produção, foram verificados efeitos sobre os teores de proteínas apenas no Ciclo 1 quando comparados o sistema orgânico com o sistema convencional, enquanto que apenas no Ciclo 2 foi verificado efeito sobre os teores de cinzas, e em ambos os ciclos foram observados efeitos dos sistemas de produção sobre os teores de nitrato (Tabela 11).

Os ciclos de produção afetaram os teores de nitrato nos três grupos de alface (Tabela 12), sendo que a alface do grupo Americana foi a mais sensível aos efeitos dos períodos de cultivo (Tabela 12). Os maiores teores de nitrato verificados na alface do grupo Americana pode estar relacionada com sua anatomia, pois a disposição de suas folhas popularmente denominada “*cabeça fechada*” faz com que ocorra a redução da incidência de radiações solares sobre as mesmas. Esta redução de incidência de radiações solares pode interferir processos envolvidos com a redução do nitrato a nitrito (LARCHER, 2000). Segundo Larcher (2000), os teores de nitrato nos vegetais podem estar relacionados com as condições edafoclimáticas dos ambientes de cultivo (LARCHER, 2000).

Tabela 11. Teores de proteínas, nitrato e cinzas de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Ciclo 1	Ciclo 2
<b>Proteína (%)</b>		
Orgânico	1,98aA*	1,82aA
Convencional	1,56bB	1,92aA
Média	1,77A	1,87A
CV (%) = 15,31		
<b>Nitrato (mg.Kg<sup>-1</sup> massa seca)</b>		
Orgânico	303,13aA	59,56bB
Convencional	270,13bA	94,31aB
Média	282,63A	76,93B
CV (%) = 19,63		
<b>Cinzas (%)</b>		
Orgânico	0,78aB	1,03aA
Convencional	0,88aA	0,84bA
Média	0,83B	0,93A
CV (%) = 18,14		

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 12. Teores de proteínas, nitrato e cinzas de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
<b>Proteína (%)</b>				
Ciclo 1	2,05aA*	1,57bB	1,70aB	1,77a
Ciclo 2	2,21aA	1,89aB	1,52aC	1,87a
CV (%) = 15,31				
<b>Nitrato (mg.kg<sup>-1</sup> massa seca)</b>				
Ciclo 1	224,50aB	186,60aB	448,80aA	286,63a
Ciclo 2	81,18bA	67,39bA	82,23bA	76,93b
CV (%) = 19,63				
<b>Cinzas (%)</b>				
Ciclo 1	0,92aA	1,01aA	0,57bB	0,83b
Ciclo 2	0,88aB	1,13aA	0,79aB	0,93a
CV (%) = 18,14				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os efeitos dos ciclos de produção sobre os teores de nitrato podem estar relacionados com o fotoperíodo ou com interferências nas absorções de radiações solares (LARCHER, 2000). Alterações na absorção de radiações solares podem afetar os teores de nitrato por interferir na atividade da enzima *nitrato redutase*, a qual reduz o nitrato ao nitrito, e é estimulada pela citocinina e regulada pela luminosidade (LARCHER, 2000).

Os teores de nitrato em alface também podem sofrer variações com a idade, com o tipo do tecido (interno e externo), com a estação de cultivo e com relação a disponibilidade de nitrogênio no solo, conforme foi observado por Konstantopoulou *et al.* (2010) em alface Cos *cv.* Parris Island.

#### 4.5 Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional sobre os teores de fibras totais e °Brix

Os teores de fibras não sofreram influência dos sistemas de produção (Tabela 13), entretanto, verificou-se que as práticas adotadas nos sistemas convencionais contribuíram com maiores teores de sólidos solúveis totais nos três grupos de alface analisados, sendo que a

alface do grupo Americana apresentou a maior sensibilidade em relação aos efeitos dos sistemas de produção (Tabela 13).

Tabela 13. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Fibra total (%)				
Orgânica	0,83aA*	0,85aA	0,83aA	0,84a
Convencional	0,88aA	0,84aA	0,83aA	0,85a
CV (%) = 11,62				
°Brix				
Orgânica	2,97aA	2,92aA	3,02aA	2,97b
Convencional	3,75aA	3,47aA	4,00aA	3,74a
CV (%) = 12,00				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Verificou-se que os teores de fibras das amostras de alface são inferiores àqueles apresentados por Arbos *et al.* (2010), os quais verificaram uma média global de 2,06% em alface cultivada em sistema orgânico. Os teores de sólidos solúveis totais verificadas por Silva *et al.* (2011) apresentaram tendência similar ao presente trabalho, com teores de 3,5°Brix para as alfaces cultivadas em sistema orgânico, e de 4,0°Brix para amostras cultivadas em sistema convencional. Souza (2010) também observou teores sólidos solúveis totais próximos a 4,0°Brix em alface do grupo Americana cultivada em sistemas convencionais do agreste sergipano.

Observa-se diferenças significativas nos teores de açúcares solúveis totais cultivadas no Ciclo 2 quando comparadas as médias obtidas pelo sistema orgânico com as médias obtidas pelo sistema convencional (Tabela 14). Observou-se ainda que a alface do grupo Crespa pode ser a mais sensível com relação aos efeitos dos ciclos de produção sobre o °Brix (Tabela 15).

Tabela 14. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Ciclo 1	Ciclo 2
Fibra total (%)		
Orgânico	0,85aA*	0,82aA
Convencional	0,87aA	0,83aA
Média	0,86A	0,83A
CV (%) = 11,62		
°Brix		
Orgânico	3,43aA	2,51bB
Convencional	3,71aA	3,76aA
Média	3,57A	3,14B
CV (%) = 12,00		

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 15. Teores fibra total e °Brix de grupos de alface cultivadas em sistemas orgânico e convencional no agreste sergipano.

	Lisa	Crespa	Americana	Média
Fibra (%)				
Ciclo 1	0,87aA*	0,87aA	0,84aA	0,86a
Ciclo 2	0,84aA	0,82aA	0,82aA	0,83a
CV (%) = 11,62				
°Brix				
Ciclo 1	3,67aAB	3,75aA	3,30bB	3,57a
Ciclo 2	3,05bB	2,65bB	3,72aA	3,14b
CV (%) = 12,00				

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A aplicação de agrotóxicos pode ter contribuído com as diferenças no °Brix. De acordo com a teoria da Trofobiose as aplicações de agrotóxicos interferem na síntese de carboidratos estruturais e contribui com acréscimo dos teores de açúcares solúveis totais, os quais tornam as alfaces mais vulneráveis ao ataque de pragas por disponibilizar nutrientes que serão mais facilmente aproveitados (CHABOSSOU, 1987).

Diversos experimentos demonstram que a maior parte dos insetos e ácaros de plantas depende de substâncias solúveis como aminoácidos e açúcares redutores. Espécies de pulgões, cochonilhas, cigarrinhas, aleurodídeos, cigarras, tripés e outros insetos fitófagos, não são capazes de desdobrar proteínas em aminoácidos para serem posteriormente recombinados à conveniência de cada um; por isso eles dependem de aminoácidos livres existentes na seiva das plantas ou no suco celular (SILVA, 2008). Outros experimentos demonstram que as necessidades nutricionais de diferentes fungos, bactérias, vírus fitopatogênicos e nematóides aos aminoácidos livres e açúcares redutores presentes no suco celular (SILVA, 2008). Assim sendo, observa-se que as alfaces cultivadas no sistema convencional podem apresentar maior instabilidade frente aos inimigos naturais presentes no campo.

Diante das diferenças verificadas entre os teores de carotenóides totais, ácido ascórbico e fenóis totais de alfaces cultivadas em sistemas de produção orgânico e convencional, possivelmente relacionadas com as práticas de manejo dos sistemas de produção, verifica-se o comprometimento da potencialidade nutricional dos três grupos de alface analisadas.

## 5 CONCLUSÕES

O sistema de produção convencional comprometeu a potencialidade nutricional das alfaces dos grupos Lisa, Crespa e Americana, quando comparadas àquelas cultivadas em sistema orgânico, principalmente ao considerar o fornecimento de pró-vitaminas e compostos antioxidantes. Em contrapartida, o sistema orgânico possibilitou a obtenção de hortaliças folhosas com maiores teores de compostos bioativos, os quais apresentam importantes funções metabólicas nos organismos vegetais e atividades funcionais nos organismos humanos.

A alface do grupo Americana pode ser considerada a mais sensível aos sistemas de produção convencional por reduzir em maior grau a sua potencialidade nutricional, conforme verificado nas análises de carotenóides totais e compostos fenólicos totais, sendo assim é a menos indicada ao cultivo em sistemas de produção convencional na região do agreste sergipano.

Os resultados obtidos neste trabalho contribuem com a Teoria da Trofobiose, uma vez que foi verificado que o sistema de produção convencional proporcionou maiores teores de açúcares solúveis totais, o que pode tornar as alfaces mais vulneráveis ao ataque de pragas e manifestações de doenças.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERGONI, L.; PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia**, Curitiba, v. 33, n. 1 (ano 31), p. 31-53, jan./jun. 2007.
- ALMEIDA, D.L.; AZEVEDO, M.S.F.R.; CARDOSO, M.O.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; MEDEIROS, C.A.B.; NEVES, M.C.P.; NUNES, M.U.C.; RODRIGUES, H.R.; SAMINEZ, T.C.O; VIEIRA, R.C.M.; Agricultura Orgânica: instrumento para a sustentabilidade dos sistemas de produção e valoração de produtos agropecuários. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000. 22p.
- ALTIERI, M.A. **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture**. Boulder: Westview Press, 1987. 227 p.
- ALTIERE, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 141 - 152. jul/dez, 2003.
- AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2005. 517p.
- AQUINO, S. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CANELA, M. C.; SILVA, I. L. A. Analisando os impactos sócioambientais resultantes do uso de agrotóxicos num assentamento de reforma agrária. In: III Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - ANPPAS, 2006, Brasília. Anais III Encontro ANPPAS, 2006. v. 1. p. 1-16.
- ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Antioxidant activity and phenolic content in organic and conventional vegetables. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30(2), p. 501-506, abr.-jun. 2010.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 12<sup>a</sup> ed. Washington, 1975, 1094p.
- BASHA, S. A.; SARMA, B. K.; SINGH, D. P.; ANNAPURNA, K. U. P. Differential methods of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria induce synthesis of phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds differentially in chickpea. **Folia Microbiol.** v. 51, p. 463-468. 2006.
- BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arq Bras Endocrinol Metab.** 53/5. 2009
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENBROOK, C.; ZHAO, X.; YÁÑEZ, J.; DAVIES N.; ANDREWS, P. New evidence confirms the nutritional superiority of plant-based organic foods. 2008. Disponível em: [http://www.organic-enter.org/reportfiles/Nutrient\\_Content\\_SSR\\_Executive\\_Summary\\_FINAL.pdf](http://www.organic-enter.org/reportfiles/Nutrient_Content_SSR_Executive_Summary_FINAL.pdf) Acesso em: 10 de Abril de 2011.

BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; ARDITO, E. F. G.; CASTRO, J. V.; SPAGNOL, W. A. NEVES FILHO, L. C. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. rev. Campinas: ITAL- Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1992. 203 p.

BOO, H.; HEOB, B.; GORINSTEINC, S.; CHOND, S. Positive effects of temperature and growth conditions on enzymatic and antioxidant status in lettuce plants. **Plant Science**, v. 181, p. 479–484, 2011.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. “A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods.” **Crit. Rev. Food Science Nutrition**. v. 42, n. 1, p. 1-34, 2002

BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resíduos de agrotóxicos em alimentos. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, vol. 40, n. 2, p. 361-363. 2006.

BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/monografias/index.htm>>. Acesso em: 18 jul 2010.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL - CONSEA. III Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Documento final. 2007. Disponível em: [www.fomezero.gov.br/documentos/arquivos/documento20final.pdf](http://www.fomezero.gov.br/documentos/arquivos/documento20final.pdf) Acesso em: 16 de fev. 2011.

BRECHT, J. K.; RITENOUR, M. A.; HAARD, N. F.; CHRISM, G, W. Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K., L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

CALDER, P. C.; KEW, S. The immune system: a target for functional foods? **Braz. Journ. Nutr.** v. 88 (supl. 2), p. S165 - S177. 2002.

CALDWELL, C. R.; BRITZ, S. J. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 19, p. 637–644, 2006.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Ann. Ist. Super Sanità**, v. 41, n. 1, p.7-16. 2005.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Soil quality as an indicator of agroecosystem sustainability. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203, abr-jun, 2007.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YONGS, V. L.. "Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid." **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Ed. Unicamp, 1999. 213p.

CHABOSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos (A Teoria da Trofobiose)** Porto Alegre: LPM, 1987. 253p.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Admilson Bosco. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA. 2005. 783 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CODEX ALIMENTARIUS. Alimentos produzidos organicamente. Disponível em: <<http://www.codexalimentarius.net/web/archives.jsp?year=01>>. Acesso em: 02 de jan. 2010.

COELHO, A. F. S. **Qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos da Faculdade de Farmácia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

DAREZZO, H. M. **Determinação de composição gasosa e sistemas de embalagens adequadas para conservação de alface americana "Lorca" minimamente processada**. 2004. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2004.

DAROLT, M.R. Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e a do convencional. In: STRIGHETA, P. C.; MUNIZ, J. N. (Org.). **Alimentos orgânicos: Produção, Tecnologia e Certificação**. Viçosa: UVF, 2003. p. 289-312.

DUCASSE-COURNAC, A. M.; LECLERC, B.; TAUPIER-LETAGE, B. La qualité en Agriculture Biologique: Mythe ou Réalité? **Alter. Agri.**, Janvier. n. 45, p. 10-12, fev, 2001.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421p. 2008.

FUENTE, M. Effects antioxidants on immune system ageing. **Eur. J. Clin. Nutr.** (Supl. 3): S5 - S8. 2002.

GERUDE, M. **O que você deve saber sobre dietas, vitamina, sais minerais e medicina ortomolecular**. São Paulo: Ateneu, 1995. 106 p.

GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I. ; ELTZ, F. F. ; ELIZIANE, B. Levantamento da Meso e Macrofauna do solo na Microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 187-306, 2003.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 1. Ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 653 p.

GORE, A. **Uma verdade inconveniente: o que devemos saber (e fazer) sobre o aquecimento global**. Barueri, SP: Manole, 2006. 328 p.

GREGORY III, J. F. Vitaminas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K., L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

HADDAD, N. F. ; TEDORO, A. J. ; SOARES, N. C. P. ; Oliveira, F. L. ; BOROJEVIC, R. ; NASCIUTTI, L. E. ; ALVES, L. M. . Carotenoids inhibits cell proliferation, arrest cell cycle and induces apoptosis in pituitary tumor cells. In: 13th European Congress of Endocrinology, 2011, Rotterdam. **Endocrine Abstracts**, 2011. v. 26.

HAMMER, F.E. Oxidoreductases. Enzymes in food processing. In: NAGODAWITHANA, T.; REED, G. San Diego, Academic Press, 1993.

HEENAN, D.P., CAMPBELL, L.C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant and Cell Physiology**, Austrália, v.21, n.4, p.731-736, June 1980.

HERMINIO, D.B.C. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de mandioquinha-Salsa (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) sob adubações mineral, orgânica e biodinâmica**. 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2005.

HIGASHI, T. Agrotóxicos e a saúde humana. **Agroecologia Hoje**. Ano II, n. 12, p. 5-8, dez. 2001/jan. 2002.

HO, C.; RAFI, M. M.; GHAI, G. Aditivos alimentares. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K., L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

HOF, K. H.; WISEMAN, S. A.; YANG, C. S.; TIJBURG, L. B. M. Plasma and lipoprotein levels of tea catechins following repeated tea consumption. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, v. 220, p.203-209, 1999.

HOLFORD, L.C.R. Soil phosphorus: its measurement and, its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.227-239, 1997. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/paper/S96047.htm>. Acesso em: 17 abr. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 2008. São Paulo. 1ª edição digital. Disponível em: [http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf) Acesso em: 01 de Novembro de 2011.

KE, D.; SALTVEIT, M. E. Effects of Calcium and Auxin on Russet Spotting and Phenylalanine Ammonia lyase Activity in Iceberg Lettuce. **HortScience**. 21 (5): p. 1169-1171. 1986.

KE, D. and SALTVEIT, M. E. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Physiol. Plant**, v. 76, p. 412-418, 1989.

KELLY, S. D.; BATERMAN, A. S. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry**. vol. 119, p. 738–745. 2010.

KEPPLE, A. W.; SEGALL-CORRÊA, A. M. Conceituando e medindo Segurança Alimentar e Nutricional”. **Ciência & Saúde Coletiva**, vol.16, n. 1, p. 187-199. 2011.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1985, 492p.

KLUGE, R. A; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C. *et al.* **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2.ed. Piracicaba: Livraria e Editora Rural, 2002. 214p.

KONSTANTOPOULOUA, E.; KAPOTISA, G.; SALACHASA, G.; PETROPOULOSB, S. A.; KARAPANOSB, I. C.; PASSAMB, H. C. Nutritional quality of greenhouse lettuce at harvest and after storage in relation to N application and cultivation season. **Scientia Horticulturae**, v. 125, p. 93e1–93e5. 2010.

KUBOTA, N. Phenolic content and L-phenylalanina ammonialyase activity in peach fruit. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. (EDS.) *Modern methods of plants analysis – fruits analysis*. New York: Springer-Verlag, p. 81-94. 1985.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LEE S. K.; KADER A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**. v. 20, p. 207-220. 2000.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

LOAIZA-VELARDE, J. G.; TOMÁS-BARBERÁ, F. A.; SALVEIT, M. E. Effect of intensity and duration of heat-shock treatments on wound-induced phenolic metabolism in Iceberg Lettuce. **American Soc. Hort. Sci.**, v. 122(6), p. 873-877. 1997.

LUTZENBERGER, J. A. O absurdo da agricultura. **Estudos avançados**. vol.15, n.43, p. 61-74. São Paulo, 2001.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MÜLLER, L.; TORRES, M. G.; MENTGES, L. The nitrate issue in hydroponic lettuce and the human health. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2388-2394, nov. 2008.

MÄDER, P., FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P. & NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, 296, 1694–1697, 2002.

MALETTA, H.; GOMÉZ, R. Seguridad alimentaria: medición y métodos. 2004. In: Proyecto Global de Cooperación Técnica para la Formación en Economía y Políticas Agrarias y de

Desarrollo Rural em américa latina - FODEPAL Disponível em: <http://www.fodepal.es/Bibvirtual/papeles.htm>. Acesso em: 09 de jan. de 2011.

MALUF, W. R. **Produção de hortaliças** – I. Lavras: Departamento de Agricultura, 1996. 58 p.

MANELA-AZULAY, M.; MANDARIM-DE-LACERDA, C. A.; PEREZ, M. A.; FILGUEIRA, A. L.; CUZZI, T. Vitamin C. **An. Bras. Dermatol.**, Rio de Janeiro, v. 78(3), p. 265-274, maio/jun. 2003

MATTOS L. M.; MORETTI C. L.; CHITARRA A. B.; PRADO M. E. T. 2007. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Horticultura Brasileira** v. 25, n. 4, 504-508. out.-dez. 2007.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MENEZES, F. **Segurança Alimentar: um conceito em disputa e construção**. Rio de Janeiro: IBASE. 2001. 23 p.

MITCHELL, A.E.; HONG, Y.; BARRETT, D. M.; KOH, E.; BRYANT, D. E.; DENISSON, R. F.; KAFFKAS, S. Ten-Year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 55, n. 15, p. 6154-6159. 2007.

MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A. & ODENATH-PENHA, L.A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje**. Ano II, N. 7, p. 23, fev./mar., 2001.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Embrapa Hortaliças e SEBRAE, Brasília, p. 25-334, 2007.

NEWELL-McGLOUGHLIN, M. Impacto da biotecnologia sobre o suprimento e qualidade dos alimentos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K., L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p

OH, M.; CAREY, E.; RAJASHEKAR, C. B. Environmental stresses induce health-promoting phytochemicals in lettuce. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 47, p. 578–583. 2009.

OHSE, S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1999.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Roma: 1996. In: Depósito de documentos de la FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm>. Acesso em: 22 de jan. 2011.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. Relatório da Conferência Mundial da Alimentação. Roma: 1974. In: Depósito de documentos de la FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/meeting/007/F5340S/F5340S00.htm> Acesso em: 15 de fev. 2011.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Roma: 1996. In: Depósito de documentos de la FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm>. Acesso em: 22 de jan. 2011.

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE. Influence de l'agriculture biologique sur l'innocuité et la qualité des aliments. Porto. 2000. 17 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO. Unidos contra el hambre. Roma: 2010. Disponível em: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/getinvolved/images/WFD\\_202010\\_20Issues\\_20leaflet-web-es.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/getinvolved/images/WFD_202010_20Issues_20leaflet-web-es.pdf) . Acesso em: 10 de out. 2010.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO. Repercusiones potencialmente catastróficas del clima en la producción de alimentos a largo plazo. Roma: 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/es/item/54349/icode/>. Acesso em: 10 de Abril de 2011.

PÉREZ-LÓPEZ, A. J.; LÓPEZ-NICOLAS, J. M.; NÚÑES-DELICADO, E.; DEL AMOR, F. M.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 55, p. 8158–8164. 2007.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas**. São Paulo: Varela. 2005. 95 p.

PORTO, V. H. F. Sistemas agrários: uma revisão conceitual e de métodos de identificação como estratégias para o delineamento de políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 97-121, jan./abr. 2003.

REINOSO, A. C. L. Efeito da atmosfera modificada ativa sobre a conservação de salada mista contendo alface americana, Lactuca sativa var "Tainá", Acelga, Beta vulgaris L. var cicla L., e Alface roxa, Lactuca sativa var pira roxa minimamente processada. 2011. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Sergipe. 2008.

REN, H.; ENDO, H. HAYASHI, T. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 1426-1432, 2001.

RISSANEN, T. H.; VOUTILAINEN, S.; VIRTANEN, J. K.; VENHO, B.; VANHARANTA, M.; MURSU, J.; SALONEN, J. T. Low intake of fruits, berries and vegetables is associated with excess mortality in men: the Koupio Ischaemic Heart Disease Risk Factor (KIHD) Study. **Journal Nutr.** v. 133, p. 199-204. 2003.

RITENOUR, M. A.; AHRENS, M. J.; SALTVEIT, M. E. Effects of Temperature on Ethylene-induced Phenylalanine Ammonia Lyase Activity and Russet Spotting in Harvested Iceberg Lettuce. **J. Amer. Soc. Hort. Science**, v. 120(1), p. 84-87. 1995.

RODRIGUES, A. S.; GUERREIRO, E.; MIRANDA, G. M.; MILLÉO, R. D. S. **Caracterização e tipologia de sistemas de produção**. Londrina: IAPAR, 1997. 152 p.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides**: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008.

ROGER, J. P. **El poder medicinal de los alimentos**. Casa Publicadora Brasileira, 2006. 272 p.

ROSSETO, M. R. M.; VIANELLO, F.; ROCHA, S. A.; LIMA, G. P. P. Antioxidant substances and pesticide in parts of beet organic and conventional manure. **African Journal of Plant Science**, vol. 3, n. 11, p. 245-253. 2009.

SANTANA, R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C. C.; ALCÂNTARA, L. M., OLIVEIRA, T. W. S.; RODRIGUES, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 26(2): 264-269, abr.-jun. 2006.

SCHWARTZ, S. J.; ELBEE, J. H.; GIUSTI, M. M. CORANTES. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K., L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. Guaíba: Agropecuária, 1997. 342 p.

SIFUENTES, J. A.M. (Coord.) **Sistemas de producción agropecuaria**. Universidad de Guadalajara, Tapatilán de Morelos, Jalisco. 2004. 237p.

SIMÕES, A do N. **Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas**. 2004. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-UFV, 2004.

SIMÕES, A. N. **Caracterização anatômico-fisiológica e conservação de cenoura minimamente processada**. 2008. 106 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-UFV, 2008.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesq. agropec. bras.** v. 41, n.4, Brasília, Apr. 2006.

SILVA, C. V. L. **Influência da Trofobiose na sustentabilidade do sistema de produção orgânica do agreste sergipano**. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B. ; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 29, n. 2, p. 242-245. 2011.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento Econômico**. 5º ed.. São Paulo: Atlas, 2005.

SOUZA, É. C. **Qualidade de alface americana minimamente processada cv. Raider: efeito do hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico**. 2005. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, 2005a.

SOUZA, A. L. G.; SANTANA, M. M. ; CASTRO, A. A. ; CARNELOSSI, M. A. G. . Estudo comparativo das características nutricionais da alface crespa cultivada em sistemas convencional, hidropônico e orgânico, e minimamente processada. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e XV Seminário Latino Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, Belo Horizonte. CD-ROOM, 2008.

SOUZA, J. F. **Alterações bioquímicas e fisiológicas de salada mista minimamente processada composta por alface americana, alface roxa e acelga**. 2010. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2010.

TEDORO, A. J.; Oliveira, F. L.; SOARES, N. C. P.; MARTUCCI, R. B.; BOROJEVIC, R. Influência dos carotenóides na proliferação e ciclo celular de linhagem celular de adenocarcinoma de cólon humano. In: IV Congresso Brasileiro de Nutrição e Câncer, 2010, São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina**, 2010. v. 67. p. 156-156.

TRIVELLATO, M. D.; FREITAS, G. B. Panorama da agricultura orgânica. In: STRIGHETA, P. C.; MUNIZ, J. N. (Ed's). **Alimentos orgânicos: Produção, Tecnologia e Certificação**. Viçosa: UVF, 2003. p. 9-35.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade dos solos**. São Paulo: Ed. Andrei. 2007. 718 p.

TURAZI C. M. V.; JUNQUEIRA A. M. R.; OLIVEIRA S. A.; BORGIO L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 65-70. 2006

VILANOVA, C.; SILVA JUNIOR, C. D. Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Porto Alegre, 5(1), p. 127-137. 2010.

WAITZBERG, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

WEIBEL, F.P.; BICKEL, R.; LEUTHOLD, S.; ALFÖLDI, T.; NIGGLI U. Are organically grown apples tastier and healthier? In: INTERNATIONAL IFOAM SCIENTIFIC CONFERENCE, 12<sup>th</sup>, 1998, Mar del Plata. Tholey-Theley: IFOAM, p. 147-153, 1999.

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

YAGUIU, P. Qualidade **de hortaliças e sustentabilidade de sistemas orgânicos em Sergipe**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – do Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais – NEREN, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2008.

## APÊNDICE

APÊNDICE A - Sistema de irrigação por microaspersão.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE B - Sistema de irrigação por microaspersão.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE C – Mecanização para preparo dos canteiros do sistema de produção convencional.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE D – Preparo de agrotóxicos para aplicação nos sistema de produção convencional.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE E – Aplicação manual de agrotóxicos nos sistema de produção convencional.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE F – Pulverizador de agrotóxicos utilizado no sistema de produção convencional.



FONTE: TRABALHO DE CAMPO. FOTO DO AUTOR (2011).

APÊNDICE G - Resultados das análises dos macronutrientes e micronutrientes do solo dos sistemas de produção realizadas no Instituto de Tecnologia e Pesquisa do Estado de Sergipe.

ENSAIO	RESULTADOS	
	ORGÂNICO	CONVENCIONAL
pH em água	7,71	7,72
Matéria orgânica (g.dm <sup>-3</sup> )	16,75	16,4
Cálcio + Magnésio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	5,59	5,81
Cálcio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	3,75	3,7
Magnésio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	1,83	2,11
Alumínio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	<0,08	<0,08
Sódio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	0,44	0,162
Potássio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	0,14	0,18
Hidrogênio + Alumínio (cmol.dm <sup>-3</sup> )	ND	ND
Sódio (mg.dm <sup>-3</sup> )	101,95	37,35
Potássio (mg.dm <sup>-3</sup> )	55,65	72,05
Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )	346	212,6
pH em SMP	7,7	7,7
SB - Soma de bases trocáveis (cmol.dm <sup>-3</sup> )	6,18	6,16
CTC (cmol.dm <sup>-3</sup> )	6,18	6,16
PST (%)	6,53	2,68
V - Índice de Saturação de Bases (%)	100	100
Ferro (mg.dm <sup>-3</sup> )	63,56	53,1
Cobre (mg.dm <sup>-3</sup> )	2,22	1,85
Manganês (mg.dm <sup>-3</sup> )	91,04	78,92
Zinco (mg.dm <sup>-3</sup> )	20,75	19,08