

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DE GRÃOS
DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS, CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICO E
CONVENCIONAL

FLÁVIA DANIELI RECH CASSOL

CASCAVEL – PR
FEVEREIRO – 2017

FLÁVIA DANIELI RECH CASSOL

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DE GRÃOS
DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS, CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICO E
CONVENCIONAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dra. Sílvia Renata Machado Coelho
Coorientadora: Dra. Andréa Maria Teixeira Fortes

**CASCADEL – PR
FEVEREIRO – 2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C338c

Cassol, Flávia Danieli Rech
Características agronômicas, nutricionais e tecnológicas de
grãos de feijão carioca armazenados, cultivados em sistemas orgânico e
convencional ./Flávia Danieli Rech Cassol. -- Cascavel, 2017.

112 f.

Orientadora: Profª. Drª. Sílvia Renata Machado Coelho

Coorientadora: Profª. Drª. Andréa Maria Teixeira Fortes

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus
de Cascavel, 2017

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

1. Feijão - Armazenamento. 2. Produção orgânica. I. Coelho, Sílvia
Renata Machado. II. Fortes, Andréa Maria Teixeira. III. Universidade Estadual
do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 631.584

635.652

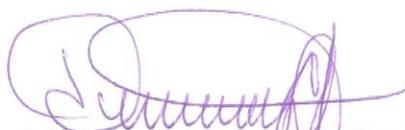
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965

FLÁVIA DANIELI RECH CASSOL

Características Agronômicas, Nutricionais e Tecnológicas de Grãos de Feijão
Carioca Armazenados, Cultivados em Sistemas Orgânico e Convencional

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora
em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e
Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita,
APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Rose Mary Helena Quint Silochi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



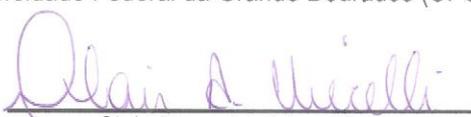
Orientador(a) - Sílvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Vanderléia Schoening

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)



Clair Aparecida Viecelli

Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Toledo (PUC-Toledo)

Cascavel, 10 de fevereiro de 2017

BIOGRAFIA

Flávia Danieli Rech Cassol, natural de Toledo – Paraná – Brasil, nascida em 29 de abril 1980, formou-se em Ciências Biológicas - bacharelado e licenciatura, na Universidade Paranaense (UNIPAR), em dezembro de 2005. Durante a graduação participou de projeto de iniciação científica desenvolvendo trabalhos no laboratório de Bioquímica da Universidade Paranaense (UNIPAR) e, na mesma instituição, realizou monitoria voluntária da disciplina de Genética. Entre os anos de 2006 e 2013, contratada pela Secretaria Estadual de Educação, lecionou as disciplinas de Biologia e Ciências em escolas estaduais, predominando a atuação no ensino médio. Em 2007, iniciou o curso de especialização em Controle de Qualidade de Alimentos, pela Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE), concluído em 2008. Em 2010, iniciou a especialização em Educação do Campo, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), concluído em 2011. No ano de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado – Área de Engenharia de Sistemas Agroindustriais pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, concluído em 2013, ano em que, no mesmo programa, ingressou como discente em nível de doutorado, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

“Um dia, vocês ainda irão me ver voar”

Marcelo Inácio Rech

Dedico,
aos meus filhos Bárbara Amanda e Matheus Augusto,
ao meu esposo, Marcos Roberto Cassol
e aos meus pais,
Mario Inácio Rech e Irene Maria Rech

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por me dar força, inteligência e discernimento para enfrentar os desafios encontrados e transformar os obstáculos em degraus na construção do meu conhecimento pessoal, intelectual e profissional.

À minha família, pela força em todos os momentos. Ao meu marido Marcos e aos meus filhos Bárbara e Matheus sou grata pela ajuda teórica e prática, do campo ao laboratório, da enxada à micropipeta. Obrigada por entenderem minha ausência, por suportarem meus períodos de estresse e minha falta de atenção; vocês demonstraram muita compreensão, apoio, carinho e amor, estiveram sempre ao meu lado, amo muito vocês.

Sou muito grata a todos os meus familiares pelo incentivo recebido ao longo destes anos. Aos meus pais, Mario e Irene, obrigada pelo caráter formado, amor, carinho e o incentivo ao longo da vida.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* de Cascavel, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e a disponibilidade de sua estrutura para a realização deste curso.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* de Francisco Beltrão, por permitir o uso da estrutura e dos equipamentos para as análises de textura.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos, durante a realização deste curso de pós-graduação.

À minha orientadora, Dra. Sílvia Renata Machado Coelho, pela sabedoria, ensinamentos e as sugestões que contribuíram para a realização desta pesquisa. Obrigada pela paciência, confiança, entusiasmo e conselhos importantes que levarei para toda vida.

À minha coorientadora Dra. Andréa Maria Teixeira Fortes, pela orientação, sugestões e competência. Seu espírito crítico, confiança, compreensão e paciência foram importantes nesses anos de caminhada, espero atingir o sucesso que sempre me desejou.

Aos Professores Dra. Vanderléia Schoeninger, Dra. Clair Aparecida Viecelli, Dra. Rose Mary Helena Quint Silochi e Dr. Divair Christ, membros da Banca Examinadora, por terem aceitado o convite, dispendo de seu tempo e conhecimento para analisar e contribuir com sugestões neste trabalho. Amigos críticos valem muito e fazem parte do sucesso.

Agradeço imensamente aos amigos Ronei e Marines Schreiber, por terem me acolhido de forma tão amável e terem disponibilizado a área para desenvolvimento de campo de meu experimento. Obrigada pelos conselhos, sugestões e pelo manejo e monitoramento durante o cultivo dos feijões. Sem vocês não conseguiria realizar este trabalho, muito obrigada.

Aos meus colegas do laboratório de Fisiologia Vegetal, pelo auxílio no experimento, por todo o trabalho duro e cansativo do campo e pelas análises em laboratório: Kátia, Lorena, Ariane, Evelin, Erly, Thais, Raquel, Rennan, Vandjore, Juliana, Maiara e Gustavo. Obrigada pela paciência e companheirismo e desculpem por todos os transtornos gerados pelo meu trabalho. Agradeço também aos colegas do laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas, Carlos e Giovana pela ajuda em meu experimento.

Obrigada Jaqueline M. Corsato por dividir comigo sua experiência, estar sempre disponível para esclarecer minhas dúvidas, além de me orientar com maestria no estágio supervisionado. Sou grata também à Gislaine Piccolo de Lima, por colaborar com minha pesquisa, pelos sábios conselhos e por compartilhar sua experiência e conhecimento.

À Ivone Granatta Wichocki, técnica do laboratório de Fisiologia Vegetal, por sua dedicação e comprometimento, acima de tudo, por sua amizade sincera. Sou grata também ao Edison B. Cunha, técnico do laboratório de Saneamento Ambiental, por colaborar com minha pesquisa.

Às amigas tão especiais que a pós-graduação me concedeu: Kátia C. D. Hartmann, Lorena C. Mendonça, Tábata Z. Bischoff, Rose Mary H. Q. Silochi, Vanderléia Schoeninger e Evelin Müller, por todos os momentos especiais que passamos juntas, tanto pela troca de conhecimento, ajuda nos experimentos, como nos momentos de alegrias e dificuldades, embora distante, estaremos sempre unidas. Especial agradecimento a Kátia e a Lorena que foram mais que amigas, foram irmãs, confidentes, meus braços direito e esquerdo em todas as etapas deste trabalho, passamos por momentos que nunca esqueceremos e saibam que podem contar sempre comigo.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente com esta importante etapa de desenvolvimento em minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Geral.....	2
2.2 Específicos.....	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 O cultivo do feijão: produção, consumo e composição química.....	4
3.2 Aspectos gerais sobre os alimentos orgânicos.....	9
3.3 Comparações entre o valor nutritivo de alimentos orgânicos e convencionais	11
3.4 Armazenamento de grãos	14
REFERÊNCIAS	18
ARTIGO 1 CORRELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO CARIOCA CULTIVADOS NOS SISTEMAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL	27
1 INTRODUÇÃO.....	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
3 RESULTADOS	30
3.1 Sistema de cultivo orgânico	30
3.2 Sistema de cultivo convencional	32
3.3 Correlações entre variáveis.....	33
4 DISCUSSÃO.....	34
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	39

ARTIGO 2	INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO E EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DE FEIJÃO CARIOCA ORGÂNICO	43
1	INTRODUÇÃO.....	44
2	MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1	Avaliação da qualidade nutricional, fatores antinutricionais e antioxidantes	46
2.2	Avaliação das características físicas e tecnológicas	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.1	Qualidade nutricional, fatores antinutricionais e antioxidantes.....	49
3.2	Características físicas e tecnológicas.....	55
4	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS	64
ARTIGO 3	ANÁLISE MULTIVARIADA NA COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICOS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA ORGÂNICO E CONVENCIONAL ARMAZENADOS	72
1	INTRODUÇÃO.....	73
2	MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1	Variáveis nutricionais avaliadas	74
2.2	Variáveis tecnológicas avaliadas.....	75
2.3	Procedimento estatístico	75
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS	86
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
	APÊNDICES DO ARTIGO 2.....	91
APÊNDICE A	CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS PESQUISADAS EM GRÃOS RECÉM COLHIDOS	92

**APÊNDICE B CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS
PESQUISADAS EM GRÃOS ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO..... 93**

**APÊNDICE C CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS
PESQUISADAS EM GRÃOS ARMAZENADOS EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS 94**

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2

- Figura 1** Tempo de cocção de oito cultivares de feijão carioca orgânicos, avaliados recém-colhidos e depois de 180 dias armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas. 61
- Figura 2** Capacidade de hidratação de oito cultivares de feijão carioca orgânicos, avaliados recém-colhidos e depois de 180 dias de armazenamento, em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas. 63

ARTIGO 3

- Figura 1** Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões orgânicos e convencionais recém-colhidos, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), massa de 100 grãos (MG), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE). 77
- Figura 2** Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões orgânicos e convencionais armazenados sob refrigeração, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), massa de 100 grãos (MG), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE). 78
- Figura 3** Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões orgânicos e convencionais armazenados sob condições ambientais, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), massa de 100 grãos (MG), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), Textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE). 80
- Figura 4** Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões recém-colhidos, armazenados sob refrigeração e em condições

ambientais, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE). 82

Figura 5 Dendrogramas resultante da análise de agrupamento para oito cultivares de feijões recém-colhidos, armazenados sob refrigeração e em condições ambientais, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas, ácido fítico, taninos, capacidade antioxidante, teores de cálcio, ferro e fósforo, e tecnológica: componentes de cor (a*, H* e L*), teor de água, capacidade de hidratação, tempo de cocção, Textura dos feijões cozidos e embebidos. 84

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1** Valores médios e p-valor, obtidos da análise de variância para altura média de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), para oito cultivares de feijão carioca, cultivados em duas épocas, em sistema orgânico..... 31
- Tabela 2** Valores médios e p-valor obtidos da análise de variância para altura média de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), para oito cultivares de feijão carioca, cultivados em duas épocas, em sistema convencional..... 32
- Tabela 3** Coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis: altura média das plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), dos feijões carioca, cultivados em duas épocas, sob sistema orgânico e convencional 33

ARTIGO 2

- Tabela 1** Valores médios das variáveis proteínas (PTN), ácido fítico (Fitatos), capacidade antioxidante (DPPH), cálcio (Ca) e fósforo (P) de oito cultivares de feijão carioca orgânico, recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias..... 50
- Tabela 2** Teor de ferro (Fe) e conteúdo de ácido tânico (taninos) dos feijões carioca orgânicos, recém-colhidos e armazenados, por 180 dias, em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas 52
- Tabela 3** Valores médios das variáveis massa de 100 grãos (MG), condutividade elétrica (CE), componentes de cor a*, b*, L*, C*, H*, esfericidade do grão embebido (EE) e esfericidade do grão cru (EC) de oito cultivares de feijão carioca, recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias..... 56

Tabela 4	Valores médios da textura dos feijões embebidos e cozidos, de oito cultivares orgânicos, avaliados recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias	60
-----------------	---	----

ARTIGO 3

Tabela 1	Correlação (R) e valores dos autovetores (λ) de cada variável com os componentes principais considerados do armazenamento total	81
-----------------	---	----

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA ARMAZENADOS, CULTIVADOS EM SISTEMAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL

RESUMO

O consumo de alimentos funcionais, como o feijão, traz benefícios importantes para a saúde. A procura por produtos de origem orgânica, considerados mais saudáveis, tem, também, contribuído para o aumento no seu consumo. No entanto, devido à variabilidade genética dessa cultura, faz-se necessária sua avaliação no campo, para determinar os cultivares mais adaptados a diferentes formas de cultivo e estabelecer os atributos de qualidade envolvidos na preservação dessa leguminosa. Nesse sentido, os objetivos desta pesquisa foram: avaliar as características agronômicas de feijão carioca, cultivado em sistema orgânico e convencional, indicar os cultivares mais adaptados a cada sistema e caracterizar o efeito do armazenamento refrigerado e em condições ambientais não controladas, na preservação das características nutricionais e tecnológicas desses grãos, usando técnicas multivariadas para determinar as variáveis que mais influenciam na qualidade dos feijões e verificar semelhanças entre as formas de conservação e modo de produção dos feijões carioca. Foram semeados oito cultivares de feijão carioca nos sistemas orgânico e convencional para avaliar a correlação entre as componentes da produção e a produtividade. Após a colheita, os cultivares foram avaliados recém-colhidos (S) e depois de 180 dias de armazenamento, em condições refrigeradas (R) e ambientais (A), quanto às características nutricionais: proteína (Ptn), cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P), ácido fítico (Fit) e taninos, capacidade antioxidante (DPPH) e tecnológica: massa de grãos (MG), teor de água (Ta), condutividade elétrica, coloração dos grãos (L^* , a^* , b^* , H^* e C^*), esfericidade, textura, tempo de cocção (TC) e capacidade de hidratação (CH). De acordo com a produtividade, os cultivares Andorinha, Curió, Estilo, Imperador e Notável mostraram-se mais adaptados ao cultivo orgânico, enquanto todos os cultivares testados, exceto Curió, podem ser indicados ao cultivo convencional. As variáveis que mostraram maior correlação com a produtividade foram o número de vagens nos feijões orgânicos e a altura da planta, no sistema convencional. Nos feijões orgânicos, o armazenamento refrigerado preservou a qualidade tecnológica, aumentou a capacidade antioxidante e manteve maior a quantidade de Fe dos grãos, além de contribuir para a diminuição do P e o aumento significativo dos Fit e taninos, considerados fatores antinutricionais. Os feijões do cultivar IAPAR Campos Gerais foram os que melhor preservaram a qualidade após o armazenamento de 180 dias. Diante desses dados, foram realizadas análises dos componentes principais (APC) e de agrupamento (*Cluster*). As variáveis que mais influenciaram a qualidade dos feijões foram definidas com o uso da APC, sendo elas Ptn, Ca, P, Fit, taninos, DPPH, CH, TC, MG e H^* . Com a utilização do *Cluster*, é possível classificar os cultivares em grupos e verificar que o armazenamento refrigerado foi eficaz na manutenção da qualidade. Além disso, essa técnica mostrou a semelhança entre os feijões orgânicos e convencionais pertencentes ao mesmo cultivar.

PALAVRAS-CHAVE: produção orgânica; produção tradicional; cor; textura; tempo de cocção; fatores antinutricionais; minerais; análise multivariada.

AGRONOMIC, NUTRITIONAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CARIOCA BEANS GRAINS STORED, CROPPED IN ORGANIC AND CONVENTIONAL SYSTEMS

ABSTRACT

The consumption of functional foods, such as beans, has brought important benefits to health, consequently, there is an increasing demand for organic products, which are considered healthier. However, due to the genetic variability of this crop, it is necessary to evaluate it in the field then determine which cultivars are most adapted to different cropping managements, as well as establish the quality attributes involved in the preservation of this leguminous. Thus, this trial aimed at evaluating the agronomic characteristics of carioca beans, cropped in organic and conventional systems, indicating which cultivars are most adapted to each system as well as characterizing the cooling storage effect and in uncontrolled environmental conditions, in order to preserve nutritional and technological characteristics of these grains. Multivariate techniques were applied to determine which variables influenced most on beans quality, and to verify similarities between conservation methods and how carioca beans were produced. Eight carioca bean cultivars were sown in the organic and conventional systems, and the correlation between the production and yield components was evaluated. The studied cultivars were evaluated when freshly harvested (S); and after 180 storage days under refrigeration (R) and environmental conditions (A); according to the nutritional characteristics: protein (Ptn), calcium (Ca), iron (Fe), phosphorus (P), phytic acid (Fit), tannins, antioxidant capacity (DPPH) and technologic characteristics: grain mass (GM), water content (WC), electrical conductivity, grain color (L^* , a^* , b^* , H^* and C^*) and sphericity, texture, cooking time (CT) and hydration capacity (HC). According to yield, cultivars such as Andorinha, Curió, Estilo, Emperador and Notável were more adapted to the organic cropping, while all the tested cultivars, except Curió, can be indicated to the conventional cropping. The variables that showed the highest correlation with yield were the number of pods in organic beans and plant height in the conventional ones. The cooling storage preserved the technological quality of organic beans, increased the antioxidant capacity and kept higher amount of iron in beans. It also contributed to phosphorus decrease and the significant increases of Fit and tannins, considered antinutritional factors. Campos Gerais beans is a cultivar from IAPAR that showed the best results on quality preservation after six months of storage. According to these data, the main and cluster components (APC) were analyzed. Thus, variables such as Ptn, Ca, P, Fit, tannins, DPPH, CH, TC, MG and H^* influenced most beans quality, and were defined according to APC use. Based on the use of *Cluster*, it is possible to classify cultivars into groups and verify that the refrigerated storage was effective in maintaining their quality. In addition, this technique showed the similarity between organic and conventional beans that belonged to the same cultivar.

Keywords: Organic production; traditional production; color; texture; cooking time; antinutritional factors; minerals; multivariate analysis.

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um dos grãos mais consumidos pelos brasileiros e, combinado com o arroz, é um dos pratos considerados mais completos nutricionalmente, além de saboroso. A ele também é atribuída à qualidade de alimento funcional, importante no controle de doenças e alguns tipos de câncer, esses benefícios são melhores aproveitados com grãos de qualidade.

A procura por hábitos alimentares mais saudáveis fez aumentar o consumo de alimentos de origem orgânica que, por não apresentarem resíduos de agroquímicos, são vistos como “seguros”. Além disso, são descritos como tendo maior qualidade nutricional, no entanto, existem poucos estudos científicos que demonstrem essa vantagem dos orgânicos em relação aos convencionais. Sendo assim, configura-se a necessidade de pesquisas que descrevam possíveis diferenças entre os dois, além disso, a ampla variabilidade genética da cultura também deve ser avaliada nesses dois sistemas de produção, para identificar cultivares adaptados a cada forma de cultivo.

Os feijões recém-colhidos possuem alta qualidade nutricional e tecnológica, no entanto, durante o armazenamento ocorre a deterioração dessas características. Sendo assim, o monitoramento e as condições adequadas de conservação do produto são fatores importantes de serem avaliados. O uso da refrigeração é visto como método eficiente na preservação da qualidade dos feijões, pois a temperatura é um aspecto que reflete diretamente na qualidade do grão armazenado.

No entanto, durante a análise da qualidade dos grãos, um grande número de dados é gerado e pode interferir na avaliação dos resultados, porém, com a utilização de técnicas específicas pode-se ter uma visão mais objetiva dos fatores que melhor explicam as variáveis estudadas. Nesse sentido, a estatística multivariada é uma ferramenta que contribui para a classificação mais precisa sobre a manutenção da qualidade dos feijões armazenados.

Pesquisas com diferentes cultivares de feijão possibilitam a identificação dos mais promissores na manutenção da qualidade dos grãos armazenados. Assim, neste estudo, estima-se verificar o comportamento dos cultivares produzidos em sistema orgânico e convencional, caracterizar o efeito do armazenamento refrigerado e em condições ambientais não controladas, na preservação das características nutricionais e tecnológicas desses grãos e, por fim, usar técnicas multivariadas para determinar as variáveis que mais influenciam na qualidade dos feijões carioca e identificar a semelhança entre os mesmos cultivares originários de cultivos diferentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar as características agronômicas de feijões carioca cultivados em sistema orgânico e convencional e caracterizar o efeito do armazenamento refrigerado e em condições ambientais não controladas por 180 dias, na preservação das características nutricionais, físicas e tecnológicas desses grãos, utilizando técnicas estatísticas multivariadas de análise de componentes principais e o agrupamento para identificar similaridade entre os cultivares.

2.2 Específicos

a) Avaliar o comportamento agronômico de oito cultivares de feijão carioca durante o desenvolvimento da cultura em campo e estabelecer o mais adaptado ao sistema orgânico e convencional na região oeste do Paraná.

b) Quantificar os componentes de produção: altura média de planta, altura da inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e índice de clorofila, correlacionando-os com a produtividade dos feijões orgânicos e convencionais.

c) Analisar em oito cultivares de feijão carioca recém-colhido, o efeito das condições ambientais e refrigeradas de armazenamento, sobre os aspectos físicos: massa de grãos, teor de água, condutividade elétrica, esfericidade e cor dos grãos, luminosidade (L), componente de cor vermelho-verde (a) e componente de cor amarelo-azul (b), cromaticidade (C*) e ângulo de coloração (H*).

d) Identificar as propriedades nutricionais (teor de proteína, cálcio, ferro e fósforo), antinutricionais (fitatos, taninos) e a capacidade antioxidante dos feijões recém-colhidos e após 180 dias de armazenamento refrigerado e em condições ambientais.

e) Verificar a influência exercida pela conservação, por 180 dias, nas condições refrigeradas e ambientais, sobre características tecnológicas: textura dos feijões, tempo de cocção e capacidade de hidratação.

f) Correlacionar os parâmetros físicos, nutricionais e tecnológicos entre si, a fim de determinar associações significativas nos feijões orgânicos armazenados.

g) Verificar a similaridade entre os cultivares de feijões orgânicos e convencionais, pelo uso das técnicas multivariadas de agrupamento e análise dos componentes principais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O cultivo do feijão: produção, consumo e composição química

Os grãos constituem grande parte dos alimentos consumidos pela humanidade. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos grãos mais utilizados para suprir as necessidades energéticas da dieta dos brasileiros (BEVILAQUA et al., 2010; DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011; SILVA et al., 2014). Seu consumo é destaque em países em desenvolvimento, em regiões tropicais e subtropicais, especialmente por suas propriedades alimentares (JESUS et al., 2013).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a produção do feijão no Brasil está diminuindo, influenciada pela variação climática e pelo uso de grãos na semeadura (84%) (CONAB, 2016). Os grãos apresentam queda de rendimento e qualidade, gerando prejuízos econômicos. O elevado custo de produção estimula a troca dessa cultura por oleaginosas, em destaque no Paraná, que apresentam maior rentabilidade. Essas situações resultam em elevados valores do produto ao mercado, levando o consumidor à busca de novas alternativas de alimentação, em alta, os produtos de preparo rápido. Assim, estima-se que o aumento do consumo de feijão é promissor em locais comerciais, ou seja, fora do domicílio.

Em 2016, a produção total nacional, do feijão carioca foi de 1.687 mil toneladas, com estimativa de produção para a safra de 2016/2017 de 2.032 mil toneladas. A área plantada deverá chegar a 1.368 mil hectares, incremento de 16,5% em relação à safra anterior, distribuídas em três safras, sendo as duas primeiras responsáveis por 90% da produção nacional (CONAB, 2017). Os estados brasileiros com maior produção total de feijão carioca atualmente são Minas Gerais, Goiás, Paraná e São Paulo que juntos totalizam 75% da produção brasileira. O Paraná, na safra 2015/2016, produziu 16,9% da produção nacional (CONAB, 2017).

A legislação brasileira, através da Instrução Normativa nº12, de 2008, classifica o feijão comum como do Grupo I que inclui grãos comuns proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L. Pela cor do tegumento, o feijão pode ser dividido em quatro classes: branco (grão de tegumento de cor branca), preto (grãos de tegumento preto), cores (grãos com tegumento com cores diferentes das classes Branco e Preto) e misturado (resultado da mistura de cultivares que não atendem às especificações de nenhuma das classes anteriores) (UNIFEIJÃO, 2011). O feijoeiro pode ser cultivado em três safras, a das águas (1º safra), a das secas (2º safra) e a de inverno sequeiro ou irrigado (3º safra) (SANTOS, 2011).

Outra característica importante de avaliação, do ponto de vista fisiológico, é a produtividade do feijoeiro. Seu rendimento influencia na escolha do cultivar a ser semeado pelo produtor. O feijoeiro-comum é cultivado em grande parte do território nacional, em variadas condições edafoclimáticas, diferentes épocas e sistemas de cultivo, desde a agricultura de subsistência até as mais tecnificadas (PEREIRA et al., 2009b; OLIVEIRA et al., 2015). Existe grande variabilidade genética nessa cultura, logo a identificação das características morfoagronômicas visa potencializar a expressão genotípica em função da influência ambiental (PREZZI et al., 2014).

Para o desenvolvimento de cultivares adaptados às distintas regiões produtoras do país, é necessária a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes, simulando as condições de cultivo (PEREIRA et al., 2009b; SIMIDU et al., 2010; BARILI et al., 2011). A interação genótipo e ambiente apresenta influência significativa no rendimento dos grãos pela interferência das características primárias (altura de plantas, massa de grãos, número de vagens e de grãos por vagem) (SIMIDU et al., 2010; BARILI et al., 2011).

A produtividade vegetal pode ser avaliada pela análise de crescimento de plantas, avaliando características como a estatura de planta, número de vagens por planta, número de sementes por vagem (ARAÚJO et al., 2014; PREZZI et al., 2014). Essa metodologia vem sendo utilizada por diversos autores para compreender o comportamento do feijoeiro nas mais diversas condições (CARVALHO; WANDERLEY, 2007a, b; PEREIRA et al., 2009a, b; SIMIDU et al., 2010; SALGADO et al., 2011; ZILIO et al., 2011; MINGOTTE et al., 2013; MOURA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

A melhoria das características agrônômicas dos cultivares de feijão, entre elas a altura de inserção da primeira vagem, vem estimulando seu cultivo. A arquitetura de plantas de feijoeiro e com porte mais ereto que facilite os tratos culturais, a colheita mecanizada e a expansão das áreas de cultivo, passou a ser uma característica importante para a ampliação dessa cultura (MOURA et al., 2013).

Por outro lado, estabelecer a associação existente entre os cultivares, as épocas de cultivo e características de produção são importantes na determinação de genótipos adaptados, com produção de sementes de alta qualidade e rendimento satisfatório (SILVA et al., 2014). O melhoramento das espécies pode ser facilitado com o uso da seleção indireta, nela a avaliação altamente correlacionada entre caracteres genotípicos e fenotípicos permite a seleção de cultivares com características desejáveis (ALMEIDA; PELUZIO; AFFERRI, 2010).

Embora o cultivo do feijão seja distribuído durante o ano, existe diferença na produção entre as safras, assim, é necessário que o produto seja armazenado para garantir a oferta na entressafra. Segundo Resende et al. (2008), se o armazenamento ocorre de forma inapropriada, a falta de monitoramento do teor de água pode resultar em perdas

qualitativas e quantitativas que diminuem a qualidade e reduzem o seu valor comercial e nutricional.

A qualidade dos feijões pode ser afetada no campo, pelas condições climáticas, geográficas, agronômicas, a época e o sistema de colheita (BENEVIDES et al., 2013; SMANIOTTO et al., 2014). Do mesmo modo, podem ocorrer perdas nos procedimentos pós-colheita, na secagem, transporte e armazenamento (WANG et al., 2011; SMANIOTTO et al., 2014). Técnicas adequadas de armazenamento aumentam a conservação da qualidade dos grãos e, conseqüentemente, sua aceitação por parte do consumidor (PALABIYIK; PEKSEN, 2008; MORAIS et al., 2010; CARDOSO; BINOTTI; CARDOSO, 2012; OLIVEIRA et al., 2012).

Do ponto de vista nutricional, a combinação arroz e feijão resultam em uma dieta equilibrada, rica em proteínas, com elevado teor de carboidratos, minerais, fibras, vitaminas e aminoácidos essenciais (ELIAS et al., 2008; RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009; BEVILAQUA et al., 2010; RUIZ-RUIZ et al., 2012; BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011; WAFULA et al., 2014). Segundo Elias et al. (2008), os componentes supracitados são responsáveis pelo metabolismo celular, no qual a energia necessária vem dos carboidratos, enquanto a sua regulação fica por conta das gorduras, vitaminas e minerais e as funções plásticas, formativas e regenerativas são reservadas às proteínas.

A proteína do arroz contém aminoácidos sulfurados como a metionina e a cistina, enquanto a proteína do feijão é rica em lisina. Sendo assim, a mistura desses grãos resulta em valores proteicos acima de 80%, considerado uma combinação nutricional importante. Além disso, é atribuída ao feijão à característica de alimento funcional, que promove a redução do risco de doenças cardiovasculares, o combate à obesidade, ao diabetes e a alguns tipos de câncer (BARRIOS; RICARDO; URIBE, 2016; NGOH; GAN, 2016).

Conhecer a composição dos alimentos é de fundamental importância para garantir segurança alimentar e nutricional e obter uma dieta equilibrada. Com valores variando entre 16 e 33%, o feijão é uma boa fonte proteica, além disso, apresenta baixo conteúdo calórico (ELIAS et al., 2008; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2010; SLUPSKI, 2010; AZARPAZHOOH; BOYE, 2013). Com a hidratação do grão, as enzimas, o amido e a proteína começam a se hidrolisar, disponibilizando os aminoácidos, carboidratos disponíveis, fibras e compostos bioativos, passíveis de digestão (LÓPEZ et al., 2013).

O conteúdo de carboidratos pode chegar a 65%, apresentando-se na forma de amido, polissacarídeos (não amiláceos) e oligossacarídeos, sendo o primeiro encontrado em maior quantidade, cerca de 80% (SILVA; ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2009; AKILLIOGLU; KARAKAYA, 2010; AZARPAZHOOH; BOYE, 2013; ZAMINDAR et al., 2013). O amido apresenta resistência à digestão enzimática no intestino delgado, servindo de substrato para a fermentação no cólon, benefício importante para a saúde humana (PROLLA et al., 2010).

No grão, ainda se pode encontrar entre 3 e 7% de fibras, que podem ser solúveis ou não, formadas por polissacarídeos complexos (celuloses, hemiceluloses, pectinas ou lignina) e consideradas indigeríveis (ROCHA-GUZMÁN et al., 2007; EYARU; SHRETHA; ARCOT, 2009; AZARPAZHOOH; BOYE, 2013). A ingestão de fibras alimentares está sendo associada à manutenção da saúde e prevenção de doenças. Principal componente de vegetais, frutas e cereais integrais, insere-se na categoria de alimentos funcionais, que em uma dieta equilibrada pode reduzir o risco de doenças coronarianas, além de alguns tipos de câncer (FDA, 1998).

Presentes em grandes quantidades na natureza, os minerais exercem funções importantes no metabolismo de plantas e animais (ANDRADE; TEODORO; TAKASE, 2005). Os minerais, cálcio (Ca), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mn) se encontram em maior concentração nessa leguminosa (RUIZ-RUIZ et al., 2012; ERTAS, 2011; AZARPAZHOOH; BOYE, 2013). Segundo Dechen e Nachtigal (2006), no metabolismo das plantas, o ferro exerce influência na ativação de enzimas, participa em reações de oxirredução e funciona como catalisador na biossíntese de clorofila.

O fósforo é encontrado na forma de ácido fítico, em elevadas concentrações em leguminosas. Este apresenta capacidade de formar complexos com minerais (como cálcio, ferro, zinco e magnésio) ou com proteínas (pepsina, amilase e tripsina), interferindo em sua solubilidade e, assim, deixando-os menos biodisponíveis ao organismo, afetando sua absorção, digestibilidade e funcionalidade (AKILLIOGLU; KARAKAYA, 2010; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2010; ERTAS, 2011). A concentração dos minerais pode ser influenciada por fatores de produção e processamento dos alimentos. Assim, determinar se a quantidade destes elementos está adequada ao consumo, permite verificar os benefícios que as plantas cultivadas representam para a população (NASCIMENTO; SILVA; OLIVEIRA, 2012).

Outros componentes, naturalmente produzidos pelas plantas, são os compostos fenólicos, como os taninos (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010), que podem apresentar efeitos antinutricionais e danificar a mucosa do aparelho digestório ou ter efeito tóxico sistêmico, pela inativação de enzimas digestivas ou, ainda, reduzir a absorção de minerais agregados (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; BENEVIDES et al., 2013), provocando modificações na cor e sabor e diminuindo a qualidade nutricional (ROCHA-GUZMÁN et al., 2007; RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2010; SLUPSKI, 2010).

Aos feijões também é atribuída à capacidade antioxidante pela presença dos compostos fenólicos (MCGEE, 2014), essa característica é importante do ponto de vista nutricional, em razão da inibição de radicais livres e agregação com minerais, logo as reações ocorrem mais lentamente (WARAHO; MC CLEMENTS; DECKER, 2011). Dessa forma, é possível minimizar a incidência de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, envelhecimento precoce, Mal de Alzheimer e Parkinson (DELFINO; CANNIATTI-

BRAZACA, 2010; BENEVIDES et al., 2013), cancro, diabetes e doenças neurodegenerativas (LÓPEZ et al., 2013; MARATHE et al., 2016).

Outros compostos fenólicos também foram identificados, como as flavonas, flavonoides, isoflavonas (AGUILERA et al., 2011; LÓPEZ et al., 2013; COELHO et al., 2013), antocianidinas e antocianinas. A maior concentração da última resulta em feijões mais escuros (YEO; SHAHIDI, 2015; VERMA et al., 2016). Ainda, grandes concentrações dos compostos fenólicos promovem a impermeabilidade do tegumento de feijões (*hard shell*) que dificulta a absorção de água (BERTOLDO et al., 2009). Esse defeito causa insolubilização de proteínas e perda dos conteúdos intracelulares para a água de embebição, diminuindo a qualidade dos grãos (BARBOSA, 2010).

No entanto, para aproveitar os benefícios dos feijões é necessário que os grãos apresentem qualidade que possa ser determinada por aspectos físicos, nutricionais e tecnológicos. Para isso, são mensuradas as características de teor de água, cor, tamanho, composição nutricional, dureza, tempo de cocção e capacidade de hidratação (VANIER et al., 2014; BASSINELLO, 2016).

A aparência do feijão interfere na sua aceitabilidade por parte do consumidor. O tamanho, o formato e a cor do grão são características importantes de comercialização (GUIMARÃES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2013; CONAB, 2016). Grãos do grupo cores, com coloração clara, tamanho padrão, sem defeitos são facilmente comercializados no mercado, enquanto os produtos considerados inferiores, com tons escuros, tamanhos pequenos, trincados, quebrados e com alto teor de água apresentam maior oferta na entressafra (CONAB, 2016).

A qualidade tecnológica dos feijões também deve ser avaliada, entendida como as características apreciadas pelos consumidores ou que interferem na opção de compra do produto. De acordo com Siddiq e Uebersax (2013), a qualidade tecnológica é representada pela capacidade de hidratação, taxa de expansão volumétrica após hidratação, tempo de cocção, espessura do caldo, índice de grãos danificados após a cocção, avaliação da coloração, aroma e sabor após cocção. Grãos com maior capacidade de hidratação, que cozinhem mais rapidamente, expandindo-se sem se partirem, são os preferidos pelos consumidores (OLIVEIRA et al., 2012), além disso, a redução no tempo de cozimento promove economia de tempo e energia no preparo (BARBOSA, 2010; OLIVEIRA et al., 2013).

3.2 Aspectos gerais sobre os alimentos orgânicos

A preocupação com a saúde estimulou a busca pela melhoria da qualidade dos alimentos, passando a ser admitida como segurança alimentar (SILVA et al., 2011; STEFANO, 2013). Nesse sentido, é perceptível a mudança dos hábitos alimentares dos brasileiros e o aumento na procura por alimentos produzidos em sistemas orgânicos, ou seja, livres de agrotóxicos e aditivos químicos, mesmo com preços 30 a 40% maiores que o produto convencional (BORGUINI; TORRES, 2006; SANTOS, 2011; STEFANO, 2013). Essa mudança no padrão alimentar é mais perceptível em classes sociais de maior renda e esclarecimento, devido à maior preocupação com a saúde e o meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2012; STEFANO, 2013), fato associado a evolução da consciência ecológica, que cobra do setor produtivo maior comprometimento com a sustentabilidade (MARTINS et al., 2010; LOPES et al., 2011).

A legislação que regulamenta os produtos orgânicos é formada pela Lei n.º 10.831 de dezembro de 2003, complementada pelos Decretos n.º 6.323 de dezembro de 2007, Decreto n.º 7.048 de dezembro de 2009, Decreto n.º 7.794 de agosto de 2012 e pelas Instruções Normativas n.º 64 de 2008 e 18 e 19 de 2009 e n.º 46 de 2011. A Certificação de Conformidade Orgânica é emitida por um órgão de avaliação credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASILBIO, 2016).

O cultivo orgânico está em elevada expansão, especialmente na Europa, EUA, Japão, Austrália e América do Sul (STEFANO, 2013). No mundo, cerca de 37,2 milhões de hectares, estão sob manejo orgânico e correspondem a 0,9% das terras agrícolas, dessas, 2,5% são utilizadas para o cultivo de cereais. As regiões com maior área cultivada (milhões/ha) são a Oceania (12,2), a Europa (9,3) e a América Latina (8,6). Os países com mais terras cultivadas com agricultura orgânica são a Austrália, a Argentina e os Estados Unidos (ORGANIC WORLD, 2011). Cerca de um terço da terra manejada organicamente (12 milhões/ha) ocorre em países em desenvolvimento (WILLER, 2010).

No Brasil, a área destinada ao plantio orgânico ainda é pequena, em torno de 1% da área plantada (DAROLT, 2009). Cerca de 90% dos agricultores orgânicos cultivam em pequenas propriedades e pertencem a associações ou movimentos sociais. A agricultura familiar é responsável por 70% da produção orgânica brasileira (BRASILBIO, 2016). Nesse sentido, pequenos agricultores veem no feijão uma alternativa para o crescimento da agricultura orgânica, promovendo uma produção sustentável, aliada ao bem estar humano e à manutenção da estabilidade do meio ambiente.

Na produção orgânica não é permitido o uso de fertilizantes sintéticos solúveis, agrotóxicos e sementes transgênicas, além de ser baseada nos princípios agroecológicos que contemplam o uso saudável e responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, de modo a reduzir as formas de contaminação e o desperdício desses

elementos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (SANTOS, 2011; LOPES et al., 2011). Essa forma de cultivo é fundamental para atingir o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade do sistema de produção (MAROUELLI et al., 2011). Sendo assim, os alimentos produzidos nesse sistema são mais “seguros”, de qualidade superior, além de serem social e ambientalmente corretos (SOUZA; RESENDE, 2006; DAROLT, 2009; NASCIMENTO; SILVA; OLIVEIRA, 2012; RESENDE et al., 2010; SANTOS, 2011; STEFANO, 2013).

A agricultura orgânica utiliza, em média, 26% menos energia por tonelada de alimento do que o cultivo convencional, sendo, portanto, energeticamente mais eficiente no aproveitamento desse recurso (AZEEZ; HEWLETT, 2008). A agricultura convencional tem investido no aumento da produtividade e diminuição dos custos de produção para reduzir o valor dos alimentos (DAROLT, 2009), não se preocupando com a qualidade e a diversidade desses produtos (POLLAN, 2008) e com a sustentabilidade.

Segundo Souza e Resende (2006), os alimentos orgânicos apresentam maior quantidade de nutrientes, visto que apresentam mais fibras e matéria seca, isso em virtude da não utilização de adubos químicos nitrogenados, potássicos e fosfatados. O uso crescente de fertilizantes nitrogenados provoca redução do teor de ácido ascórbico em muitas hortaliças. E a maior disponibilidade desse nutriente aumenta a síntese de proteínas e carboidratos, assim, é reduzida a metabolização dos compostos secundários como o ácido ascórbico (DAROLT, 2009).

Silva et al. (2011) ao avaliarem a qualidade da alface do grupo crespa, cv. Vera verificaram que a alface cultivada no sistema orgânico apresentou menor concentração de nitrato e maior concentração de ácido ascórbico, quando comparada ao cultivo convencional e hidropônico. Nos seres vivos o nitrato pode se tornar tóxico, quando reduzido a nitrito, e ao reagir com aminas presentes no estômago, origina as nitrosaminas que são compostos cancerígenos, teratogênicos e mutagênicos (DAROLT, 2009).

Plantas produzidas em sistemas agroecológicos produzem mais compostos secundários com flavonoides, carotenoides e polifenóis, que são utilizados como proteção contra pragas e doenças, muitos dos quais apresentam efeitos oxidantes e anti-inflamatórios que são benéficos aos seres humanos (WISNIEWSKA et al., 2008). Pela não utilização de agroquímicos, as plantas orgânicas tendem a produzir de 10 a 50% de fitoquímicos a mais que as cultivadas convencionalmente (POLLAN, 2008).

As plantas cultivadas organicamente são mais equilibradas. As substâncias simples presentes nessas plantas como os aminoácidos e os açúcares formam proteínas e celulose, respectivamente, substâncias que não servem de alimento para os parasitas, assim, forma-se uma defesa natural das plantas (SANTOS, 2011). A produção e o acúmulo de celulose e proteínas podem resultar em maior qualidade nutricional desses alimentos.

As culturas convencionais, pela adição dos adubos químicos, desenvolvem-se rapidamente e não conseguem acumular micronutrientes essenciais e macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. O excesso de nitrogênio tende a reduzir o sabor dos alimentos e pode deixar a cultura mais susceptível a pragas. O sistema radicular dessas plantas é menor e superficial, sendo assim, geneticamente foram selecionadas plantas mais baixas, com maior número de plantas por área, resultando em maior produtividade e menor qualidade nutricional (HALWEIL, 2007).

3.3 Comparações entre o valor nutritivo de alimentos orgânicos e convencionais

Apesar das afirmações sobre a superioridade nutricional e segurança alimentar, ainda existem controvérsias sobre os alimentos orgânicos. Existem poucos estudos científicos que assegurem essa vantagem dos orgânicos, em relação ao convencional. O aumento da demanda por esses produtos exige a realização de pesquisas que confirmem a excelência dessas fontes alimentares (BORGUINI; TORRES, 2006; DAROLT, 2009; FERREIRA et al., 2010; MARTINS et al., 2010; SILVA; COELHO JR; SANTOS, 2012; STEFANO, 2013).

No intuito de verificar possíveis diferenças entre os produtos orgânicos, em relação aos convencionais, muitos trabalhos estão sendo realizados no mundo, baseados em dados quantitativos do teor de minerais, vitaminas e compostos oxidantes (LAURIDSEN, 2009). Porém, segundo Bourn e Prescott (2002), poucos apresentam o controle necessário para validar tal comparação. Investigando os aspectos nutricionais, sensoriais e de segurança, em alimentos produzidos nos sistemas citados, os autores verificaram similaridade no teor de nutrientes, com exceção da quantidade de nitrato, entre os produtos testados.

Nascimento, Silva e Oliveira (2012), estudando teores de minerais presentes em hortaliças cultivadas de forma orgânica e convencional verificaram que o teor de ferro foi superior no agrião e couve orgânicos; no quiabo convencional e em alface não foi evidenciada diferença entre os sistemas de produção para a quantidade deste mineral. Deste modo, não foi possível evidenciar diferenças de qualidade entre os alimentos produzidos nos dois sistemas de produção.

Ao analisar o teor de minerais, por dois anos, de maçãs, peras, batata e milho orgânicos e convencionais, Smith (1993) verificou que os alimentos orgânicos apresentam maiores concentrações dos nutrientes cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, zinco, sódio e selênio, e menores quantidades dos contaminantes minerais alumínio, chumbo e mercúrio. Porém, esse estudo não pode ser conclusivo, pois o delineamento utilizado deixa dúvidas sobre o sistema de amostragem e, como os alimentos foram adquiridos em feira, não foi possível a verificação da procedência orgânica das amostras. Níveis maiores de compostos

fenólicos e capacidade antioxidante foram descritos em alimentos orgânicos: em folhas de couve-manteiga e inflorescências de brócolis (ARBOS et al., 2008), em *blueberry* (WANG et al., 2008) e romãs (CARMO et al., 2016). Sendo assim, a escassez de informações define a importância de avaliar a qualidade de feijões orgânicos.

Para verificar possíveis diferenças entre produtos orgânicos e convencionais é necessário um estudo bem controlado, identificando os produtores e utilizando um protocolo experimental que registre dados da produção, como: data da colheita, condições de distribuição e transporte e condições de armazenamento (BOURN; PRESCOTT, 2002). Para tanto, o ensaio deveria ser realizado em diferentes áreas, com maior número de ensaios, a fim de obter dados precisos para generalizar a conclusão (BORGUINI; TORRES, 2006).

A verificação comparativa entre os sistemas de produção descritos permite a divulgação de valores nutricionais reais dos alimentos testados. No entanto, esses estudos devem ser realizados em propriedades que já adotem os respectivos sistemas de produção e sejam monitorados quanto ao local de produção, cultivar e maturação na colheita, para reduzir fatores que podem interferir no valor nutricional do alimento (BORGUINI; TORRES, 2006).

Mesmo com todos os cuidados citados, ainda se torna difícil estabelecer resultados consistentes, pois, existem muitos fatores, de natureza diversa, que podem afetar a composição dos alimentos, como os genéticos, o clima, as práticas agrícolas e as condições pós-colheita (BOURN; PRESCOTT, 2002). Analisando diversos estudos, Darolt (2009) concluiu que alimentos produzidos organicamente contribuíram para melhorias nos padrões de saúde desejados, com o fortalecimento do sistema imunológico e maior resistência contra enfermidades, em pesquisas com animais.

Os alimentos orgânicos não devem possuir resíduos de pesticidas. Assim, os consumidores de orgânicos, no mínimo, estão consumindo menores quantidades e tipos de resíduos de agroquímicos (STEFANO, 2013). Segundo a Anvisa (2009), o consumo de alimentos com resíduos de agrotóxicos, a médio e longo prazo, pode levar ao desenvolvimento de problemas hepáticos (cirroses) e distúrbios do sistema nervoso central.

Segundo Pollan (2008), alimentos simples, com poucas alterações antes do consumo, como os produtos da agricultura familiar agroecológica, são mais completos, nutritivos e saudáveis do que alimentos industrializados. O mesmo autor destaca que alimentos processados apresentam menos nutrientes e que as principais causas de morte crônica (distúrbios coronarianos, diabetes, AVC e câncer), nos países industrializados, estão ligadas à alimentação.

Existem poucos estudos que comparem a qualidade das sementes com o sistema de produção (SILVA; COELHO JR; SANTOS, 2012). Nesse sentido, Casaroli et al. (2006), analisando possíveis diferenças entre sementes de abóbora, do cultivar Menina Brasileira, observaram que o maior potencial fisiológico ocorreu nas sementes de origem convencional

em relação à orgânica. Enquanto, ao avaliar a influência do potencial fisiológico das sementes de coentro, provenientes dos sistemas de cultivo orgânico e convencional, Silva, Coelho JR e Santos (2012) verificaram que o teste de condutividade elétrica evidenciou a superioridade significativa do potencial fisiológico das sementes de um lote produzidos no sistema orgânico.

Ferreira et al. (2010), ao determinarem a qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico através da análise das características físicas, físico-químicas e toxicológicas, verificaram que os tomates do sistema convencional apresentam maior massa, volume e uma tendência a maior peso específico, açúcares redutores e teor de nitrato e nitrito, enquanto que os frutos do sistema orgânico apresentam maior valor de pH, vitamina C, cinzas e maior relação de sólidos solúveis totais / acidez total tituláveis.

Estudos que verifiquem a influência dos sistemas de produção na qualidade sensorial e potencial de conservação de frutas também são escassos (MARTINS et al., 2010). Produtos orgânicos apresentam maior longevidade pós-colheita e são mais saborosos, pois contém maiores quantidades de açúcares, ácidos orgânicos e teor de matéria seca (DAROLT, 2009).

Martins et al. (2010), em seu trabalho para determinar os efeitos dos sistemas de produção na qualidade sensorial de maçãs, na colheita e após a conservação pós-colheita, produzidas em pomares cultivados de forma convencional, em transição (convencional-orgânico), integrado e orgânico, verificaram que as frutas produzidas nos dois últimos sistemas citados apresentam qualidade sensorial superior às demais. Petry et al. (2012), ao avaliarem as características qualitativas de laranjas 'Valência', produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional, constataram semelhança na qualidade físico-química do fruto e sistema de produção estudado, com exceção dos teores de sólidos solúveis totais e vitamina C, que foram maiores no produto convencional, que também apresentaram melhores índices de coloração da casca.

Segundo Resende et al. (2010), alguns estudos indicam que a qualidade nutricional dos alimentos pode ser melhorada se conduzida sob cultivo orgânico e, por sua vez, pode aumentar seu tempo de armazenamento. Neste sentido, os autores avaliaram a produtividade, características físicas e químicas e as perdas pós-colheita de cultivares de cebolas orgânicas e convencionais e verificaram que o cultivo orgânico proporciona produtividade equivalente ou superior e melhora as características químicas das cebolas, em relação ao plantio convencional. Nesse estudo, a conservação após a colheita não foi influenciada pelos sistemas de produção.

Diversos fatores podem ocasionar diferenças entre os produtos do sistema convencional e orgânico, como os cultivares, os estádios de maturação dos frutos, a composição e fertilização do solo, as condições climáticas e o manejo da cultura (DAROLT, 2009; FERREIRA et al., 2010). O sabor e aroma de um produto agrícola são influenciados

pela quantidade de carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos, lipídios e fenóis (GIMENO; COSANO; LÓPEZ, 1995).

Alguns autores, citados por Martins et al. (2010), afirmam que as estratégias de marketing influenciam os consumidores quanto a superior qualidade nutricional, funcional e sensorial dos alimentos orgânicos. Sendo assim, verifica-se a importância de avaliar a qualidade de feijões orgânicos e contribuir com a escolha consciente do consumidor, a respeito desses produtos.

3.4 Armazenamento de grãos

O armazenamento é uma etapa de suma importância na cadeia de produção agrícola, pois tem um grande reflexo no custo e afeta diretamente a qualidade do produto que chega à mesa do consumidor (COSTA et al., 2010; SILVA et al., 2014). Quando armazenados por períodos curtos os grãos e as sementes mantêm o vigor e a qualidade, enquanto, em longos períodos ocorre degeneração e depreciação do produto, tornando-o muitas vezes inviáveis para consumo e semeadura (ELIAS et al., 2008).

Os grãos recém-colhidos estão no ápice da sua maturidade fisiológica, período em que a alta umidade não é adequada à armazenagem, condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos e insetos e consequente depreciação do produto. Procedimentos adequados de secagem reduzem esse teor a níveis apropriados à conservação, preservando assim a qualidade (WEBER, 2005). A deterioração pode ser atrasada por processos de armazenamento adequados (PALABIYIK; PEKSEN, 2008; DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; CARDOSO; BINOTTI; CARDOSO, 2012).

De acordo com Morais et al. (2010) e Lima et al. (2014), as técnicas corretas de armazenagem aumentam a conservação e preservam a qualidade dos grãos. Mas para isso, é necessário que os grãos estejam em perfeitas condições e modifiquem o mínimo possível esses aspectos. A qualidade dos grãos pode ser determinada pelo baixo teor de água, pequenas porcentagens de materiais estranhos, perda de cor, vulnerabilidade a quebras, trincas internas e avarias provocadas por fungos e insetos (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Alguns fatores podem afetar a integridade dos feijões ainda no campo, pelas condições climáticas, geográficas, agronômicas, época e sistema de colheita (BENEVIDES et al., 2013; SMANIOTTO et al., 2014). Também podem afetar os grãos, os procedimentos de pós-colheita, pela secagem, transporte e armazenamento (WANG et al., 2011; SMANIOTTO et al., 2014).

Segundo Elias et al. (2008), a redução da umidade prolonga o tempo de conservação, visto que, por serem organismos vivos os grãos continuam a respirar e realizar

trocas de calor e umidade com o meio ambiente, até atingirem o equilíbrio higroscópico. Durante esse processo, a água desloca-se pelos grãos, de acordo com a pressão de vapor de água e temperatura, mesmo após a colheita. Esses processos requerem gasto de energia, provocam rachaduras e perda de peso, afetando a qualidade, deixando os grãos suscetíveis ao ataque fúngico e microbiológico.

Em países tropicais como o Brasil, é comum que o armazenamento do feijão ocorra em temperaturas entre 30 e 40 °C e umidade superior a 75%, condições consideradas impróprias que podem resultar em perdas qualitativas e quantitativas, contribuindo para sua depreciação nutricional e sensorial (MARTIN-CABREJAS et al., 1997; NASAR-ABBAS et al., 2008; RESENDE et al., 2008; VANIER et al., 2014). Fato observado por Mariotto-Cezar et al. (2013) que evidenciaram a alteração da qualidade nutricional de feijões com armazenamento de 180 dias. Verifica-se que condições ambientais inadequadas possibilitam perda de viabilidade de sementes (CASTELLIÓN et al., 2010).

A temperatura é um fator que afeta bastante a armazenagem dos grãos, principalmente pela interação com o teor de água. Além disso, as reações químicas envolvidas no processo respiratório são controladas por enzimas e o aumento do teor de água dos grãos favorece a atividade biológica, pois as enzimas são mais facilmente mobilizadas para o processo. A intensidade da respiração é proporcional ao aumento da temperatura, que é totalmente dependente do teor de água dos grãos, aumentando, assim, a deterioração (ELIAS, 2009; ZUCHI et al., 2011).

Resfriar a massa de feijões durante o armazenamento contribui para a manutenção da qualidade. É uma técnica eficiente e econômica, diminui a atividade de água e a respiração das sementes (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009); promove a queda do metabolismo e, conseqüentemente, aumenta sua conservação (MARCOS FILHO, 2005). Fato confirmado por Morais et al. (2010), que observaram que a qualidade fisiológica e tecnológica de dois genótipos de feijão, não foi alterada após 360 dias de armazenagem, em ambiente resfriado. Também Francisco e Usberti (2008), investigando a sanidade de sementes verificaram que, a incidência de fungos é menor em feijões armazenados com umidade de 10% e temperatura menores que 30 °C, condições que preservaram a viabilidade e sanidade das amostras por até 8 meses, mantendo as condições culinárias e nutritivas.

A conservação em baixas temperaturas e umidade relativa foi admitida como responsável por manter a qualidade (CORADI; LACERDA FILHO; MELO, 2011; COSTA et al., 2013; SMANIOTTO et al., 2014) tecnológica de feijões por Morais et al. (2010), para o tempo de cozimento após 360 dias; por Oliveira et al. (2011) para cozimento e alteração nutricional de feijão do grupo preto e de cor, porém, o último sofreu escurecimento do tegumento, após 6 meses; por Lima et al. (2014), para a viabilidade de sementes de girassol por 12 meses de estocagem. Nesse contexto, a refrigeração vem sendo utilizada como

técnica eficiente e econômica de armazenamento (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009; MORAIS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; ARRUDA et al., 2012; VANIER et al., 2014).

Durante o envelhecimento da semente, segundo Martin-Cabrejas et al. (1997), podem ocorrer mudanças químicas e oxidação de compostos presentes no tegumento, resultando em seu escurecimento. Acredita-se que essa modificação esteja relacionada a combinações entre fatores genéticos, ambientais e alterações químicas do tegumento, podendo ser intensificada pela alta temperatura e umidade e exposição a luz.

Em feijões é comum o aparecimento do defeito *hard-to-cook* (HTC), que dificulta a cocção e pode ser potencializado por condições inadequadas de temperatura e umidade relativa do ar (COELHO et al., 2013; BETANCUR-ANCONA, 2014). O maior tempo de cozimento gasto para obter a textura adequada, faz com que o valor nutricional seja reduzido (COELHO et al., 2009; BETANCUR-ANCONA, 2014; ÁVILA et al., 2015) e verifica-se a menor aceitação pelo consumidor.

O armazenamento provoca mudanças estruturais e fisiológicas nas sementes, especialmente nos cotilédones (BERTOLDO et al., 2009, 2010). Locais com alta temperatura e umidade intensificam os dois fenômenos responsáveis pelo aumento no tempo de cocção, o *hard-to-cook* (HTC) (perda das propriedades de cocção) e o *hard shell* (desenvolvimento de casca dura) (MARTIN-CABREJAS et al., 1997; BERTOLDO et al., 2010; VANIER et al., 2014; WAFULA et al., 2014).

O HTC causa insolubilização de proteínas e perda dos conteúdos intracelulares para a água de embebição, diminuindo a qualidade dos grãos (BARBOSA 2010; BERTOLDO et al., 2010). O defeito *hard-to-cook* provoca nos cotilédones e dentro das células alterações químicas e físicas que resultam no aumento da estabilidade da lamela média (RUIZ-RUIZ et al., 2012), diminuindo o valor nutricional, pela demora na obtenção da textura desejada (COELHO et al., 2009, RUIZ-RUIZ et al., 2012; VANIER et al., 2014).

O HTC foi evidenciado com o aumento da dureza e tempo de cocção, por Coelho et al. (2009), em feijões dos cultivares preto e carioca envelhecidos de forma acelerada e natural por 12 meses. Kamizake, Yamashita e Prudencio (2014), investigando mudanças físicas em sementes de soja submetidas ao mesmo envelhecimento, verificaram que o armazenamento por longos períodos provocou o escurecimento e a dureza dos cultivares testados

A alteração de cor no tegumento dos feijões está associada à oxidação de compostos fenólicos durante o período de armazenamento (DÍAZ, CALDAS; BLAIR, 2010; VANIER et al. 2014). Nasar-Abbas et al. (2009) consideram que o escurecimento dos grãos é atribuído a fatores como umidade, temperatura, atmosfera e tempo de armazenamento. De acordo com Silochi et al. (2016), o armazenamento em condições ambientais contribuiu

para o escurecimento dos grãos. Esse processo está altamente relacionado à textura, pois feijões velhos apresentam cor mais escura e a dureza e o tempo de cocção aumentam.

Um dos grandes problemas enfrentados pelo Brasil, em relação à produção de grãos, é o baixo índice de unidades armazenadoras cadastradas (17.707), que na safra 2015/2016 não atenderam à demanda, mantendo um déficit de 58,5 milhões de toneladas (CONAB, 2016), fator que contribui para a perda da qualidade e aumento do custo do produto final. Armazéns sobrecarregados não atendem adequadamente às necessidades, prejudicando a preservação dos produtos agrícolas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos** – PARA. Nota técnica para divulgação dos resultados de 2008. 2009. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/residuos/resultados_PARA_2008.pdf. Acesso em: 22 nov. 2013.

AGUILERA, Y.; ESTRELLA, I.; BENITEZ, V.; ESTEBAN, R. M.; MARTIN-CABREJAS, M. A. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated beans flours. **Food Research International**, Easton, v. 44, p. 774–780, 2011.

AKILLIOGLU, H. G.; KARAKAYA, S. Changes in total phenols, total flavonoids, and antioxidant activities of common beans and pinto beans after soaking, cooking and in vitro digestion process. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 19, n. 3, p. 633-639, 2010.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.

ANDRADE, E. C. B.; TEODORO, A. J.; TAKASE, I. Determinação dos teores de zinco em diferentes extratos de hortaliças dos tipos A e B. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 399-412, 2005.

ARAÚJO, A. C.; ALOUFA, M. A. I.; SILVA, A. J. N. S.; COSTA, A. A.; SANTOS, I. S. Análise não destrutiva de crescimento do gergelim consorciado com feijão caupi em sistema orgânico de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 9, n. 1, p. 259-268, 2014.

ARBOS, K. A.; VILLAS-BOAS, L. B.; SANTOS, C. A. M.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Influência de diferentes técnicas de cultivo sobre o potencial antioxidante de crucíferas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 55-61, 2008.

ARRUDA, B.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M.; BATTILANA, J. Environment is crucial to the cooking time of beans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 573-578, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ORGÂNICOS - BRASILBIO. **Agricultura orgânica**. Disponível em: <http://www.brasilbio.com.br>. Acesso em: 4 dez. 2016.

ÁVILA, B. P.; SANTOS, M. S.; NICOLETTI, A. M.; ALVES, G. D.; ELIAS, M. C.; MONKS, J.; GULARTE, M. A. Impact of different salts in soaking water on the cooking time, texture and physical parameters of cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 70, n. 4, p. 463–469, 2015.

AZARPAZHOOH, E.; BOYE, J. I. Composition of processed dry beans and pulses. *In*: SIDDIQ, M.; UEBERSAX, M.A. **Dry beans and pulses: production, processing and nutrition**. Ames: John Wiley & Sons, 2013. p. 103-128.

AZEEZ, G. S. E.; HEWLWTT, K. L. The comparative energy efficiency of organic farming. *In*: IFOAM ORGANIC WORLD CONGRESS, 16th. Modena. **Proceedings...** Modena: IFOAM, 2008. Disponível em: <http://orgprints.org/view/projects/conference.html>. Acesso em: 22 nov. 2013.

BARBOSA, D. R. S. **Efeitos da radiação microondas nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *Callosobruchus maculatus* (fabr, 1775) (Coleoptera: Bruchidae) visando seu controle em feijão-caupi**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2010.

BARILI, L. D.; VALE, N. M.; MORAIS, P. P. P.; BALDISSERA, J. N. C.; ALMEIDA, B. C.; ROCHA, F.; VALENTINI, G.; BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1263-1274, 2011.

BARRIOS, L. L.; RICARDO, M. A.; URIBE, J. A. G. Changes in antioxidant and antiinflammatory activity of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolates due to germination and enzymatic digestion. **Food Chemistry**, Barking, v. 203, p. 417-424, 2016.

BASSINELLO, P. Z. **Qualidade dos grãos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_2_28102004161635.html. Acesso em: 25 jul. 2016.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, R. D. B.; SOUZA, M. V.; LOPES, M. V. Effect of processing on oxalate and tannin levels in maxine (*Cucumis anguria* L.), eggplant (*Solanum gilo*), green bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and guandu bean (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 321-327, 2013.

BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ROCHA, F. Tempo de cocção de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 39-47, 2009.

BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; BARILI, L. D.; VALE, N. M. DO; COAN, M. M. D.; OLIVEIRA, A. F.; SOLDI, V. Emprego de polímeros na qualidade tecnológica de grãos de feijão sob condições de armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 975, 2010.

BETANCUR-ANCONA, D.; SOSA-ESPINOZA, T.; RUIZ-RUIZ, J.; SEGURA-CAMPOS, M.; CHEL-GUERRERO, L. Enzymatic hydrolysis of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein concentrates and its effects on biological and functional properties. **International Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 49, p. 2-8, 2014.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; MASTRANTONIO, J. J.; SILVEIRA, N. T. Panorama de 20 anos e perspectiva da cultura do feijão no Rio Grande do Sul. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 27, n. 1/3, p. 85-104, 2010.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 64-75, 2006.

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

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.

BROOKER, D, B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oil seeds**. AVI Book, New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. p. 450.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.

CARMO, M. C. L.; ALCÂNTARA, B. K.; ALENCAR, S. M.; BEZERRA, R. M. N. Influência das técnicas de cultivo na atividade antioxidante de romã. **Multi-Science Journal**, Urutaí - GO, v. 1, n. 4, p. 3-6, 2016. Comunicado breve.

CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no Distrito Federal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 605-611, 2007a.

CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão comum para o plantio em sistema orgânico no cerrado, ciclo 2004/2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 50-59, 2007b.

CASAROLI, D.; GARCIA, D. C.; MUNIZ, M. F. B.; MENEZES, N. L. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de abóbora cultivar Menina Brasileira. **Fitopatologia Brasileira**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 158-163, 2006.

CASTELLIÓN, M.; MATIACEVICH, S.; BUERA, P.; MALDONADO, S. Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. **Food Chemistry**, Barking, v.121, p. 952, 2010.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C.; SCHOENINGER, V. Physical-chemical properties of common beans under natural and accelerated storage conditions. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 40, n. 3, p. 637-644, 2013.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 4 - Safra 2016/17, n. 4 Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_10_12_36_42_boletim_graos_janeiro_2017.pdf, 2017. Acesso em: 2 jan. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. v. 4 - Safra 2016/17. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_13_09_06_46_perspectivas_da_agropecuaria_2016-17_digital.pdf, 2016. Acesso em: 12 dez. 2016.

CORADI, P. C.; LACERDA FILHO, A. F.; MELO, E. C. Quality of raw materials from different regions of Minas Gerais State utilized in ration industry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 424-431, 2011.

COSTA, A. R.; FARONI, L. R. D`A; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010.

COSTA, D. M.; MACHADO, L. C. BITTENCOURT, F.; PEREIRA, L. C. Qualidade do milho para nutrição animal comercializado a varejo e métodos para determinação da umidade. **Revista Agrogeambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, p. 25-34, 2013.

DAROLT, M. **Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e convencional**. 2009. Disponível em: www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/OrgConvenc.pdf. Aceso em: 15 nov. 2013.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. *In*: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanin's in common bean seed coats. **Food Research International**, Easton, v. 43, p. 595-601, 2010.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; WALLY, A. P. S.; MORAS, S. R. A.; ROCHA, J. C. *In*: SCUSSEL, V. M. **Atualidades em micotoxinas e armazenagem de grãos II**. Florianópolis, SC, Brasil: Imprensa Universitária, 2008. p. 465-492.

ERTAS, N. The effects of aqueous processing on some physical and nutrition properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Journal of Health & Nutrition**, Daves, v. 2, n.1, p. 21 – 27, 2011.

EYARU, R.; SHRESTHA, A.K.; ARCOT, J. Effect of various processing techniques on digestibility of starch in Red Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) and two varieties of peas (*Pisum sativum*). **Food Research International**, Campinas, v. 42, p. 956 – 962, 2009.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; KARKLE, E. N. L.; QUADROS, D. A.; TULLIO, L. T.; LIMA, J. J. de. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 224-230, 2010.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. Center for Food Safety & Applied. Nutrition. **A good labelling guide**: appendix C Health Claims. 1998. Disponível em: <http://www.vm.cfsan.fda.gov>. Acesso em: 20 nov. 2015.

FRANCISCO, F. G.; USBERTI, R. Seed health of common bean stored at constant moisture and temperature. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 613-619, 2008.

GIMENO, R. M. G.; COSANO, G. Z.; LÓPEZ, M. A. Conservación de los alimentos mediante atmósfera modificada: vegetales de IV gama. **Alimentaria**, La Rioja, v. 267. p. 89-104, 1995.

GUIMARÃES, W. N. R.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, E. F. F.; FERRAZ, G. M. G.; OLIVEIRA, F.J. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 37-45, 2007.

HALWEIL, B. S. No free lunch: nutrient levels. *In*: **U.S. food supply eroded by pursuit of high yields**. The Organic Center, set. 2007, 44 p. Disponível em: http://www.organic-center.org/reportfiles/Yield_Nutrient_Density_Final.pdf. Acesso em: 20 nov. 2009.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21 n. 1, p. 9-18. 2013.

KAMIZAKE, N. K. K.; YAMASHITA, F.; PRUDENCIO, S. H. Physical alterations of soybean during accelerated and natural aging. **Food Research International**, Easton, v. 55, p. 55-61, 2014.

LAURIDSEN, C. Bioavailability of nutrients and health promoting substances in organically plant products investigated in an animal model. *In: Towards Improved Quality in Organic Food Production*. HOSPERS-BRANDS, M.; VAN DER BURGT, G. J. (eds). **Proceedings... QLIF**, 5th training and exchange workshop, Driebergen, 2009. p. 49-50.

LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F. T. C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 51-56, 2011.

LÓPEZ, A.; EL-NAGGAR, T.; DUEÑAS, M.; ORTEGA, T.; ESTRELLA, I.; HERNÁNDEZ, T.; GÓMEZ-SERRANILLOS, M. P.; PALOMINO, O. M.; CARRETERO, M. E. Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 138, p. 547-555, 2013.

MARATHE, S. A.; DESHPANDE, R.; KHAMESRA, G. I.; JAMDAR, S. N. Effect of radiation processing on nutritional, functional, sensory and antioxidante properties of red kidney beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Easton, v. 125, p. 1-8, 2016.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARIOTTO-CEZAR, T. C.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SCHOENINGER, V.; ALMEIDA, A. J. B. Nutritional and antinutritional factors during the storage process of common bean. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 11, n. 1, p. 268-272, 2013.

MARQUELLI, W. A.; MEDEIROS, M. A.; SOUZA, R. F.; RESENDE, F. V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.

MARTIN-CABREJAS, M. A.; ESTEBAN, R. M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K. W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

MARTINS, C.R.; FARIA, J. C.; ROMBALDI, C. V.; FARIAS, R. de M. Qualidade sensorial de maçãs produzidas em diferentes sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 091-099, 2010.

MCGEE, H. **Comida e cozinha: ciência e cultura da culinária**. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. 2. ed. São Paulo: WMF; Martins Fontes, 2014. p. 977.

MINGOTTE, F. L. C.; GUARNIERI, C. C. O.; FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1101-1110, 2013.

MORAIS, P. P. P.; VALENTINI, G.; GUIDOLIN, A. F.; BALDISSERA, J. N. C.; COIMBRA, J. L. M. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 593-598, 2010.

MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.

NASAR-ABBAS, S. M.; PUMMER, J. A.; DIDDIQUE, K. H. M.; WRITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of fababean after storage at high temperature and the role lignins and other phenolics in bean hardening. **LWT. Food Science and Technology**, Easton, v. 41, p. 1260-1267, 2008.

NASAR-ABBAS, S. M.; SIDDIQUE, K. H. M.; PLUMMER, J. A.; WHITE, P. F.; DODS, K.; D'ANTUONO, M. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. **Food Science and Technology**, Easton, v. 42, n. 10, p. 1703-1711, 2009.

NASCIMENTO, B. L. M.; SILVA, L. D.; OLIVEIRA, J. D. Quantificação de ferro e cobre em olerícolas oriundas de sistema orgânico e convencional. **Agropecuária Científica no Semi-Árido - ACSA**, Campina Grande, v. 8, n. 4, p. 49-54, 2012.

NGOH, Y.; GAN, C. Enzyme-assisted extraction and identification of antioxidative and α -amylase inhibitory peptides from Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Pinto). **Food Chemistry**, Barking, v. 190, p. 331–337, 2016.

OLIVEIRA, D. P.; VIEIRA, N. M. B.; SOUZA, H. C.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, J.; ANDRADE, M. J. B. A. Qualidade tecnológica de grãos de cultivares de feijão-comum na safra das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1831–1838, 2012.

OLIVEIRA, I. B.; MENDONÇA, G. W.; BINOTTI, F. F. S.; ASCOLI, A. A.; COSTA, E. Fertilizante foliar em feijoeiro de inverno e sua influência na produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 57-67, 2015.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; COLPO, E.; POERSCH, N. L. Perfil sensorial de cultivares de feijão sob diferentes tempos de cozimento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2013.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

ORGANIC WORLD. The world of organic agriculture. **Statistics and emerging trends 2016**. Organic land and producers. 2011. Disponível em: <<http://www.organic-world.net/yearbook-2011-key-results.html?&L=0>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

PALABIYIK, B. e PEKSEN, E. Effects of seed storage periods on electrical conductivity of seed leakage, germination and field emergence percentage in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Asian Journal of Chemistry**, Ghaziabad, v. 20, n. 4, p. 3033-3041, 2008.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DIAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 374-383, 2009b.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; DIAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 29-37, 2009a.

PETRY, H. B.; KOLLER, O. C.; BENDER, R. J.; SCHWARZ, S. F. Qualidade de laranjas 'valência' produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 167-174, 2012.

POLLAN, M. **Em defesa da comida**: um manifesto. Trad. Adalgisa Campos da Silva. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2008. 272 p.

PREZZI, H. A.; COELHO, C. M. M.; HEBERLE, I.; PARIZOTTO, C.; SOUZA, C. A. Potencial de uso de cultivares crioulas de feijoeiro no sistema de cultivo orgânico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 394-400, 2014.

PROLLA, I. R. D.; BARBOSA, R. G.; VEECK, A. P. L.; AUGUSTI, P. R.; SILVA, L. P. RIBEIRO, N. D.; EMANUELLI, T. Cultivar, harvest year, and storage conditions affecting nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology**, Easton, v. 30, p. 96-102, 2010.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A.J.; COSTA, N. M. B.; REIS, F.P. Zinc bioavailability in different beans as affected by cultivar type and cooking conditions. **Food Research International**, Easton, v. 43, n. 1, p. 573–581, 2010.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C. K.; MORALES, R. G. F. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 305-311, 2010.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; FARONI, L. R. A.; CECON, P. R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, 2008.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, 2009.

ROCHA-GUZMÁN, N. E.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; IBARRA-PÉREZ, F. J.; NAVABERÚBEM, C. A.; GALLEGOS-INFANTE, J.A. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, n. 1, p. 31 – 35, 2007.

RUIZ-RUIZ, J. C.; ORTÍZ, G. D.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A. Wet fractionation of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds and characterization of protein, starch and fibre fractions. **Food and Bioprocess Technology**, Easton, v. 5, p. 1531-1540, 2012.

SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, R.; CANCELLIER, E. L.; SILVA, G. F. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 52-58, 2011.

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.

SIDDIQ, M.; UEBERSAX, M. A. **Dry beans and pulses**: Production, Processing and Nutrition. Ames: John Wiley & Sons, 2013 p. 55 - 74.

SILOCHI, R. M. H. Q.; COELHO, S. R. M.; BISCHOFF, T. Z.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V.; BASSINELLO, P. Z. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 24, p. 2102-2111, 2016.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade proteica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

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, p. 242-245, 2011.

SILVA, M. A. D.; COELHO JUNIOR, L. F.; SANTOS, A. P. Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, p. 192-196, 2012.

SILVA, M. M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, A. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente, Online**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. I.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SLUPSKI, J. Effect of cooking and sterilization on the composition of amino acids in immature seeds of flageolet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 1, p.1171–1176, 2010.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F. OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 446–453, 2014.

SMITH B. L. Organic foods vs. supermarket foods: element levels. **Journal of Applied Nutrition**, Salt Lake City, v. 45, n. 1, p. 35–39, 1993.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. L. **Manual de horticultura orgânica**. 2 ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 2006, 843 p.

STEFANO, N. M. Quadro atual dos produtos orgânicos e comportamento do consumidor. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Santo Amaro, v. 8, n. 1, p. 70-101, 2013.

UNIFEIJÃO. **Calendário de plantio e colheita do feijão**. 2011. Disponível em: <http://www.unifeijao.com.br/feijao_do_brasil/colheita.php>. Acesso em: 30 out. 2013.

VANIER, N. L.; RUPOLLO, G.; PARAGINSKI, R. T.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of nitrogen-modified atmosphere storage on physical, chemical and technological properties of Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 20, p. 10-20, 2014.

VERMA, M.; SHARMA, P.; GOUR, V. S.; KOTHARI, S. L. Moisture-mediated effects of γ -irradiation on antioxidant properties of mung bean (*Vigna radiate* L.) cultivars. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 34, p. 59-67, 2016.

WAFULA, E. N.; WACU, V. K. SILA, D. N.; KAHENYA, P. K.; NJOROGE, D. M.; ONYANGO, A. N. Influence of storage conditions on development of hard to cook defect in common beans and the subsequent nutritional changes. In: SCIENTIFIC TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIALIZATION CONFERENCE. 14 -15, 2013 November, Nairobi, Kenya.

Proceedings... AICAD Center in JKUAT, Nairobi, Kenya. p. 712-719. Disponível em: <http://elearning.jkuat.ac.ke/journals/ojs/index.php/jscp/article/view/1097>. Acesso em: 15 jul. 2014.

WANG, S. Y.; CHEN, C. T.; SCIARAPPA, W.; WANG, C. Y.; CAMP, M. J. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 14, p. 5788-5794, 2008.

WANG, S.; MECKLING, K. A.; MARCONE, M. F.; KAKUDA, Y.; TSAO, R. Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 960-968, 2011.

WARAHO, T.; MC CLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 1, p. 3-13, 2011.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Salles, 2005.

WILLER, H. **The world of organic agriculture**. 2010. A summary. International Federation of Organic Agriculture Movements – IFOAM, 2010. Disponível em: <<http://www.organic-world.net/yearbook-2010-pdf.html?&L=0>>. Acesso em: 21 nov. 2013.

WISNIEWSKA, K.; REMBIALKOWSKA, E.; HALLMANN, E.; RUSACZONEK, A.; LUECK, L.; LEIFERT, C. The antioxidant compounds in rat experimental diets based on plant materials from organic, low-input and conventional agricultural systems. *In*: IFOAM ORGANIC WORLD CONGRESS, 16th. Modena, 2008. **Proceedings...** Modena, Italy, June 2008. p. 16-20. Disponível em: <http://orgprints.org/12324>. Acesso em: 22 nov. 2013.

YEO, J.; SHAHIDI, F. Critical evaluation of changes in the ratio of insoluble bound to soluble phenolics on antioxidant activity of lentils during germination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 63, p. 379–381, 2015.

ZAMINDAR, N. ; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 50, n. 1, p. 108 -114, 2013.

ZILIO, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011.

ZUCHI, J.; SEDIYAMA, C. S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIS, M. S.; FRANÇA NETO, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; ARAÚJO, E. F. Variação da temperatura de sementes de soja durante o armazenamento. **Informe Abrates**, Londrina, v. 21, n. 3, 2011.

ARTIGO 1 CORRELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO CARIOCA CULTIVADOS NOS SISTEMAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL

RESUMO

O consumo do feijão é essencial na dieta brasileira, mas a mudança dos hábitos alimentares pode aumentar o consumo de grãos orgânicos. No entanto, pela variabilidade genética dessa cultura, faz-se necessária a caracterização dos cultivares mais adaptados às formas de cultivo. Nesse sentido, os objetivos deste estudo foram avaliar as componentes de produtividade em feijão carioca cultivados em sistema orgânico e convencional, indicando os cultivares mais adaptados a cada sistema e identificar as características de maior correlação com o rendimento de grãos. Foram semeados oito cultivares de feijão carioca nas safras das águas e da seca, compondo um planejamento fatorial completo (8X2) para cada sistema de cultivo (orgânico e convencional) e avaliados os parâmetros altura média de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MG), produtividade e índice de clorofila (ICL). A partir dos dados obtidos foi realizada a ANOVA, o teste de médias de Scott Knott ($p>0,5$) e análise de correlação. De acordo com a produtividade, os cultivares Andorinha, Curió, Estilo, Imperador e Notável mostraram-se mais adaptados ao cultivo orgânico, enquanto todos os cultivares testados, exceto Curió, podem ser indicados ao cultivo convencional. A componente que apresentou maior correlação com a produtividade foi o NV nos feijões orgânicos e AP nos convencionais. Os feijões cultivados no sistema orgânico apresentam alta correlação entre as variáveis: AP e MG; NGVP e IPV; e NVP e produtividade na época da safra e entre IPV e MG na safrinha. Nos feijões produzidos no sistema convencional as maiores correlações foram entre AP com IPV e ICL; ICL com MG na época da safra e entre AP com IPV e produtividade na safrinha.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., crescimento, rendimento, índice de clorofila

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de preservação da saúde fez aumentar a preocupação com a qualidade dos alimentos (SILVA et al., 2011; STEFANO, 2013). Nesse sentido, percebe-se uma mudança dos hábitos alimentares dos brasileiros e o aumento da procura por alimentos produzidos em sistemas orgânicos (SANTOS, 2011; STEFANO, 2013). No Brasil, a área destinada ao plantio orgânico ainda é pequena, em torno de 1% da área plantada (DAROLT, 2009), sendo a agricultura familiar responsável por 70% da produção orgânica no país (BRASILBIO, 2016). Nesse sentido, pequenos agricultores veem no feijão uma alternativa para o crescimento da agricultura orgânica, promovendo uma produção sustentável, aliada ao bem estar humano e à manutenção da estabilidade do meio ambiente. No entanto, para que a produtividade desse sistema seja viável é necessária a caracterização e o uso de cultivares adaptados e estáveis às regiões de cultivo (CARVALHO; WANDERLEY, 2007b; PREZZI et al., 2014).

O feijoeiro-comum é cultivado em grande parte do território nacional, em variadas condições edafoclimáticas, diferentes épocas e sistemas de cultivo, desde a agricultura de subsistência até as mais tecnificadas (PEREIRA et al., 2009b; OLIVEIRA et al., 2015). Existe grande variabilidade genética nessa cultura, logo a identificação das características morfoagronômicas pode potencializar a expressão genotípica em função da influência ambiental (SANTOS et al., 2009; PREZZI et al., 2014).

Para o desenvolvimento de cultivares adaptados às distintas regiões produtoras do país, é necessária a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes, simulando as condições de cultivo (PEREIRA et al., 2009b; SIMIDU et al., 2010; BARILI et al., 2011). A interação genótipo e ambiente apresenta influência significativa no rendimento dos grãos pela interferência das características primárias (SIMIDU et al., 2010; BARILI et al., 2011).

A produtividade vegetal pode ser avaliada pela análise de crescimento de plantas, avaliando características como a estatura de planta, número de vagens por planta e número de sementes por vagem (ARAÚJO et al., 2014; PREZZI et al., 2014). Essa metodologia vem sendo utilizada por diversos autores para compreender o comportamento do feijoeiro nas mais diversas condições (CARVALHO; WANDERLEY, 2007a, b; GOMES JÚNIOR; SÁ; VALÉRIO FILHO, 2008; PEREIRA et al., 2009a, b; SIMIDU et al., 2010; SALGADO et al., 2011; ZILIO et al., 2011; MINGOTTE et al., 2013; MOURA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

A melhoria das características agronômicas dos cultivares de feijão vem estimulando seu cultivo. A arquitetura de plantas de feijoeiro e com potencial mais ereto que facilite os

tratos culturais, a colheita mecanizada e a expansão das áreas de cultivo passou a ser uma característica importante para a ampliação dessa cultura (MOURA et al., 2013).

Por outro lado, estabelecer a associação existente entre os cultivares, as épocas de cultivo e as características de produção são importantes na determinação de genótipos adaptados, com produção de sementes de alta qualidade e rendimento satisfatório (SILVA et al., 2014). O melhoramento das espécies pode ser facilitado com o uso da seleção indireta, nela a avaliação altamente correlacionada entre caracteres genotípicos e fenotípicos permite a seleção de cultivares com as características desejáveis (ALMEIDA; PELUZIO; AFFERRI, 2010).

Assim, estudos que visem compreender a relação direta entre as condições ambientais, os locais de cultivo e o desempenho produtivo dos cultivares estão sendo realizados por vários pesquisadores, entre eles: Pereira et al. (2009b), Almeida, Peluzio e Afferrri (2010), Andrade et al. (2010), Mohammed, Russom e Abdul (2010), Barili et al. (2011), Silva e Neves (2011), Zilio et al. (2011), Moura et al. (2013), Prezzi et al. (2014), Ribeiro, Domingues e Zemolin (2014) e Silva et al. (2014).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de produtividade em feijão carioca cultivados em sistema orgânico e convencional, indicando os cultivares mais adaptados a cada sistema e as características de maior correlação com o rendimento de grãos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola 2014/2015, em propriedade rural com área de cultivo orgânico e outra de plantio convencional, situadas nas coordenadas 24°55'52.2"S 53°20'51.9"W de clima subtropical (Cfb), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. Foram utilizadas sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), do grupo comercial carioca, dos cultivares (cv) IAPAR Andorinha, IAPAR Campos Gerais, IAPAR Curió, BRS Estilo, IAC Imperador, BRS Notável, BRS Pérola e IAPAR Tangará, cedidas pelas empresas produtoras.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial completo (8X2) sendo oito cultivares de feijão e duas épocas de cultivo (safra e safrinha), com três repetições, tanto para sistemas orgânico quanto para o convencional. Os feijões foram semeados manualmente com espaçamento de 0,40 m entrelinhas, com 15 sementes viáveis por metro. As parcelas continham cinco linhas de 5 m de comprimento, sendo consideradas como área útil as três linhas centrais.

Os feijões foram semeados na “safra das águas” (safra), em novembro e na “safra da seca” (safrinha) em março do ano de 2014, nos sistemas orgânico e convencional. Cada modalidade de cultivo foi manejada conforme as especificidades da cultura ao sistema, com correção do solo, adubação e aplicação de defensivos apropriados, conforme a necessidade. A capina manual foi adotada em ambos os sistemas.

A colheita do feijão ocorreu manualmente, em cada parcela, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura. Depois de colhidas, dez plantas de cada parcela foram utilizadas para as avaliações dos parâmetros de crescimento. Seguido de debulha manual, limpeza com peneiras e secagem natural em condições ambientais. Mensurado o teor de água, foi utilizada a estufa de circulação de ar para padronização desse teor em 13%.

Foram avaliados os parâmetros de crescimento: altura média de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV), conforme metodologia descrita por Simidu et al. (2010). A massa de 100 grãos foi realizada conforme metodologia indicada nas *Regras para Análise de Sementes*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). A produtividade foi avaliada pela pesagem dos feijões, de cada parcela e os resultados expressos em kg ha^{-1} (SIMIDU et al., 2010). Durante o florescimento pleno, utilizando clorofilômetro portátil, modelo Falker®, foi medido o índice de clorofila (ICL) na folha mais jovem totalmente expandida, no total de dez leituras por folíolo, em cinco plantas por parcela.

Os dados foram submetidos à análise descritiva, análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita com a aplicação do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, pelo pacote Expdes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011). A correlação entre as variáveis pesquisadas em cada época e sistema de cultivo foi testada no programa R, versão 3.2.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

3 RESULTADOS

3.1 Sistema de cultivo orgânico

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios obtidos da análise de variância para altura de planta, altura da inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de grãos, produtividade e índice de clorofila para os oito

cultivares de feijão carioca pesquisados. Nos feijões cultivados no sistema orgânico não houve interação entre o cultivar e a época de semeadura, em nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 1 Valores médios e p-valor, obtidos da análise de variância para altura média de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), para oito cultivares de feijão carioca, cultivados em duas épocas, em sistema orgânico

Causa de variação	AP (cm)	IPV(cm)	NVP	NGV	MG (g)	PROD (Kg ha ⁻¹)	ICL
Cultivares							
IAPAR Andorinha	47,9b	10,4b	16a	5,5b	23,12d	3351,0a	49,0a
IAPAR Campos Gerais	54,2a	10,6b	14b	6,0b	24,07c	2189,5b	42,5b
IAPAR Curió	46,2b	9,2b	16a	6,0b	22,50d	2540,2a	44,9b
BRS Estilo	56,4a	11,4a	13b	5,5c	24,75b	3111,8a	42,8b
IAC Imperador	46,8b	9,4b	19a	6,0b	22,57d	3034,5a	46,6a
BRS Notável	57,5a	10,8b	17a	5,5c	23,48c	3143,8a	48,0a
BRS Pérola	58,5a	11,9a	12b	6,0b	26,43a	1757,8b	50,2a
IAPAR Tangará	60,8a	13,2a	12b	7,0a	24,18c	1756,2b	47,5a
Época de cultivo							
Safra	54,3a	10,2b	12b	6,1a	22,8b	3692,9a	43,4b
Safrinha	52,9a	11,6a	17a	5,8b	25,0a	1528,9b	49,5a
Cultivares (a)	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,03*	0,00*
Época cultivo (b)	0,35 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
a X b	0,21 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,09 ^{ns}
CV (%)	9,53	13,65	21,62	3,29	3,42	5,19	6,1

Notas: Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5%; ns: não significativo.

A altura das plantas não diferiu estatisticamente entre as épocas de cultivo. Porém, os cultivares IAPAR Andorinha, IAPAR Curió e IAC Imperador, que apresentaram as plantas menores, diferiram significativamente das demais. Os feijoeiros da safrinha apresentaram maior altura de inserção da primeira vagem. Os cultivares BRS Estilo, BRS Pérola e IAPAR Tangará destacaram-se em relação aos demais pela altura superior dessa variável.

Quanto ao número de vagens por planta, os cultivares IAPAR Andorinha, IAPAR Curió, IAC Imperador e BRS Notável mostraram-se superiores, com as maiores quantidades de vagens entre os feijões testados. As plantas da safrinha produziram maior número de vagens que as da safra. Os feijoeiros produzidos na safra tiveram maior número de grãos por vagem. Sendo o cv IAPAR Tangará o que apresentou maior quantidade de feijões em cada vagem, significativamente superior às outras estudadas.

Os feijões produzidos na safrinha tiveram maior massa de 100 grãos que os da safra e o cv BRS Pérola teve valores médios significativamente superiores nesse parâmetro. Foi verificada diferença estatística entre os cultivares produzidos no sistema orgânico para a produtividade, observando-se médias menores para o cv IAPAR Campos Gerais, BRS Pérola e IAPAR Tangará. Em média, os feijoeiros cultivados na safra apresentam maior

produção do que os da safrinha. E os menores índices de clorofila foram evidenciados nos cultivares IAPAR Campos Gerais, IAPAR Curió e BRS Estilo; em relação à época de cultivo, os feijões cultivados na safrinha apresentaram maiores valores médios dessa variável.

3.2 Sistema de cultivo convencional

A altura dos feijoeiros cultivados não apresentou diferença significativa entre as épocas de cultivo (Tabela 2). Já, entre os cultivares, o IAPAR Campos Gerais, BRS Estilo, BRS Notável, BRS Pérola e o IAPAR Tangará tiveram as maiores médias. Os cv IAPAR Andorinha, IAPAR Curió e IAC Imperador apresentaram valores médios, significativamente menores, na altura de inserção da primeira vagem. No entanto, não houve diferença significativa entre as épocas de cultivo.

Verifica-se ainda que os feijões produzidos no sistema convencional apresentaram maior massa média de 100 sementes na época da safrinha. Na análise dos cultivares, foi observada maior massa na BRS Pérola, significativamente superior às demais. Os cultivares testados tiveram produtividade superior à IAPAR Curió e os feijoeiros cultivados na safra tiveram maiores valores médios, significativamente superiores aos da safrinha.

Tabela 2 Valores médios e p-valor obtidos da análise de variância para altura média de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), para oito cultivares de feijão carioca, cultivados em duas épocas, em sistema convencional

Causa de variação	AP (cm)	IPV(cm)	NVP	NGV	MG (g)	PROD (Kg ha ⁻¹)	ICL
Cultivares							
IAPAR Andorinha	48,5b	9,4b	14a	5,9a	22,7b	2667,3a	43,5
IAPAR Campos Gerais	64,4a	11,6a	15a	5,6a	24,6b	2650,7a	42,1
IAPAR Curió	41,9b	9,3b	13a	5,8a	23,4b	1308,7b	41,2
BRS Estilo	62,3a	11,0a	14a	5,9a	24,2b	2152,2a	42,8
IAC Imperador	44,1b	9,7b	13a	6,1a	22,8b	2253,0a	42,3
BRS Notável	55,5a	10,9a	15a	5,4a	24,5b	2209,7a	42,5
BRS Pérola	63,6a	12,3a	12a	6,0a	27,7 ^a	2771,2a	48,4
IAPAR Tangará	66,7a	13,7a	12a	6,0a	24,0b	1874,5a	46,4
Época de cultivo							
Safra	57,4a	11,1a	12,8a	5,9a	23,1b	3049,7a	42,6
Safrinha	54,3a	10,9a	13,9a	5,7a	25,4 ^a	1384,6b	44,6
Cultivares (a)	0,00*	0,00*	0,69 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00*	0,01*	0,00*
Época cultivo (b)	0,13 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,00*
a X b	0,98 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,02*
CV (%)	3,14	6,82	23,72	7,48	5,97	4,13	5,28

Notas: Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5%; ns: não significativo.

Houve interação significativa nos feijões cultivados no sistema convencional (Tabela 2) para o índice de clorofila. A quantidade de clorofila dos cultivares produzidos na safrinha foi semelhante, enquanto na safra a BRS Pérola (49,3) e a IAPAR Tangará (47,3) apresentaram valores médios significativamente superiores às demais. Analisando as épocas de cultivo, observou-se que, na safrinha, o cv IAPAR Curió (44,1) e o IAC Imperador (45,4) apresentaram valores superiores aos da safra com 38,2 e 39,2, respectivamente, enquanto as demais não apresentaram diferença significativa.

3.3 Correlações entre variáveis

Na Tabela 3 são apresentados os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson das variáveis pesquisadas dos feijões orgânicos. A altura média das plantas apresentou correlação linear positiva com a altura de inserção da primeira vagem e massa de 100 grãos nas duas épocas de cultivo e correlação linear negativa com número de vagens por planta na safra e com a produtividade na safrinha.

Tabela 3 Coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis: altura média das plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (IPV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) massa de 100 grãos (MG), produtividade (PROD) e índice de clorofila (ICL), dos feijões carioca, cultivados em duas épocas, sob sistema orgânico e convencional

	Orgânico											
	Safrinha						Safrinha					
	IPV	NVP	NGV	MG	PROD	CLO	IPV	NVP	NGV	MG	PROD	CLO
AP	0,65	-0,78*	0,46	0,77*	-0,48	0,47	0,58	-0,11	0,24	0,61	-0,68	0,04
IPV		-0,59	0,75*	0,54	-0,20	0,60		-0,82*	0,27	0,72*	-0,35	-0,36
NVP			-0,49	-0,67	0,82*	-0,40			-0,14	-0,47	0,15	0,32
NGV				0,04	-0,35	0,37				0,24	-0,63	-0,18
MG					-0,43	0,67					-0,31	-0,31
PROD						-0,41						-0,40

	Convencional											
	Safrinha						Safrinha					
	IPV	NVP	NGV	MG	PROD	CLO	IPV	NVP	NGV	MG	PROD	CLO
AP	0,85*	-0,53	0,04	0,59	0,00	0,74*	0,78*	0,29	-0,26	0,55	0,86*	0,02
IPV		-0,40	-0,05	0,56	0,08	0,73*		0,00	-0,05	0,58	0,59	0,25
NVP			0,23	-0,78*	0,12	-0,81*			-0,64	0,36	0,43	-0,51
NGV				-0,05	-0,03	0,05				-0,18	-0,25	0,64
MG					0,40	0,85*					0,63	0,11
PROD						0,17						0,22

Nota: *significativo em 5% de probabilidade, pelo teste t.

Nos feijões produzidos na safra, verificou-se que a altura de inserção da primeira vagem apresentou correlação linear positiva com o número de grãos por vagem e teor de

clorofila. Esse último teve correlação linear positiva com a MG. Enquanto o número de vagens por planta apresentou alta correlação linear positiva significativa com a produtividade e correlação negativa com as outras variáveis.

Não foi verificada, nos feijões colhidos na safrinha, correlação significativa para o índice de clorofila com as demais variáveis. Já a correlação negativa ou inexistente foi evidenciada para o NGV e a produtividade com as outras variáveis. No entanto, a altura de inserção da primeira vagem apresentou alta correlação linear positiva significativa com MG e correlação negativa alta com NVP.

Os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson das variáveis pesquisadas dos feijões convencionais são apresentados na Tabela 3. O número de vagens por planta e NGV teve correlação baixa, inexistente ou negativa com todas as variáveis, exceto a correlação positiva observada entre o NGV e o índice de clorofila na safrinha.

A altura de planta apresentou alta correlação significativa com IVP nas duas épocas de cultivo, com índice de clorofila na safra e produtividade na safrinha. Além das descritas, o IVP apresentou correlação com índice de clorofila na safra e MG nas duas épocas e produtividade na safrinha. O índice de clorofila teve alta correlação significativa com a MG na safra. A massa de 100 grãos apresentou correlação com a produtividade nas duas épocas de cultivo.

4 DISCUSSÃO

Segundo Oliveira et al. (2009), a precisão dos experimentos com a cultura do feijão, em campo deve estar dentro dos limites aceitáveis do coeficiente de variação (CV), que é de 26,30% para o número de vagens por planta, 18,35% para o número de grãos por vagem, 11,30% para a massa de 100 grãos e 24,86% para a produtividade. Este estudo obteve resultados apropriados, pois os valores de CV estão dentro dos limites considerados adequados: para NVP foram de 21,62 e 23,72%, para NGV 3,29 e 7,48%, para MG 3,42 e 5,97% e para produtividade 5,19 e 4,13%, nos feijões cultivados nos sistemas orgânico e convencional, respectivamente. Os resultados estão de acordo com os estudos feitos com feijão por Mingotte et al. (2013), que também verificaram a condução adequada de seu experimento, ao avaliarem o cv das mesmas variáveis e com Moura et al. (2013) que encontraram CV menor que 20% na maioria dos parâmetros avaliados.

Carvalho e Wanderley (2007b), avaliando cultivares comerciais de feijão, em sistema orgânico de produção verificaram interação significativa entre o cultivar e a época de cultivo, para a produtividade, número de vagens por planta e massa de 100 grãos. Neste estudo,

para cultivo orgânico, não se encontraram diferenças em nenhum parâmetro, apenas para cultivo convencional foi observada interação significativa para o índice de clorofila.

Em geral, as diferenças observadas nas variáveis respostas, entre os cultivares e entre as épocas de semeadura, podem ser explicadas pela variabilidade genética do cultivar e diferença na qualidade fisiológica das sementes, visto que estas provêm de regiões distintas (SIMIDU et al., 2010). Nos feijões cultivados no sistema orgânico houve diferença significativa entre os cultivares em todos os parâmetros avaliados. Estando de acordo com Zilio et al. (2011) que, investigando a contribuição dos componentes do rendimento para a produção final em genótipos crioulos de feijão, cultivados em três ambientes, observaram diferença significativa entre os genótipos.

Moura et al. (2013) comprovaram a variabilidade genética dos genótipos investigados pela diferença significativa com os parâmetros avaliados. Silva et al. (2014), ao avaliarem os componentes de produção, a produtividade e a qualidade de sementes de oito cultivares de feijão-caupi, verificaram que houve diferença significativa entre os cultivares, para peso de cem sementes, número de sementes por vagem, número de vagem por planta, porcentagem de sobrevivência de plantas e produtividade.

Independente da época de cultivo e do cultivar semeado não foi verificada diferença significativa na quantidade de números de vagens por planta, nem no número de grãos por vagem dos feijões convencionais. Resultados parcialmente observados por Mingotte et al. (2013) que, avaliando o desempenho produtivo de feijões carioca cultivados no período de inverno-primavera, evidenciaram diferenças significativas entre os genótipos, para os parâmetros número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade, no entanto, para o número de grãos por vagem essa significância não foi verificada.

Valores médios da altura das plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e altura de inserção da primeira vagem (Tabelas 1 e 2) foram menores que os observados por Salgado et al. (2011) no comportamento de genótipos de feijão, pesquisados na entressafra, no sul do estado do Tocantins. Eles verificaram AP entre 67,77 e 108,89 cm, NVP entre 14,44 e 41,66, NGV entre 7,48 e 14,46, valores de massa entre 27,16 e 39,13 gramas e IPV entre 12,11 e 27,55 cm. Esses autores descrevem que a altura de inserção da primeira vagem inferior a 15 cm dificulta a colheita mecanizada. Foi verificado no presente trabalho, em que os feijões apresentaram IPV entre 9,2 e 13,7 cm, valores menores do que os indicados pelas empresas detentoras das linhagens genéticas dos cultivares.

Os valores médios da massa de 100 grãos foram influenciados pela época de semeadura e cultivar utilizado e são similares aos resultados encontrados por Simidu et al. (2010), no entanto, a interação entre estes fatores, observada pelos autores, não foi verificada neste trabalho, independente do sistema de cultivo aplicado. Por serem organismos vivos, as sementes podem apresentar comportamento diferenciado de

crescimento, fato que pode ser explicado pelas condições ambientais em que o experimento foi conduzido e as características de cada cultivar.

A quantidade de vagens por planta do feijoeiro orgânico foi maior na safrinha e a maior produtividade foi verificada na época da safra, tanto no sistema orgânico quanto no convencional, logo não foi verificada a relação entre essas variáveis. Foram observados na época da safrinha, nos dois sistemas de cultivo, valores diferentes de NVP (Tabelas 1 e 2) no entanto, a produtividade foi similar. Essas características produtivas também apresentaram distinção entre as épocas de semeadura, sob palhada de adubos verdes, dos cultivares de feijão estudados por Simidu et al.(2010), na região de cerrado.

O cultivar Pérola teve em média 12 vagens por planta, nos dois sistemas de produção e não foi verificada diferença significativa no número de grãos por vagem dos feijões convencionais. Mingotte et al. (2013) obtiveram resultados semelhantes, com valores médios de 11,2 vagens por planta para o mesmo cultivar e ausência de significância para o NGV entre os genótipos. No entanto, Oliveira et al. (2015) observaram quantidades menores do número de vagens por planta (8,83) para feijões Pérola, na ausência da adubação foliar.

De acordo com os resultados encontrados por Simidu et al.(2010), as maiores massas de feijão, da época de semeadura estão relacionadas com o menor número de vagens por planta, em virtude do acúmulo de fotoassimilados nas sementes. Relação parcialmente observada nesta pesquisa, visto que as maiores massas de grãos foram verificadas na safrinha, nos dois sistemas de cultivo, no entanto, na mesma época, a maior quantidade de vagens em cada planta foi verificada apenas nos feijões orgânicos.

Independente do sistema de cultivo empregado, o cultivar BRS Pérola apresentou maior valor médio de massa dos feijões (Tabelas 1 e 2), semelhante aos valores descritos por Mingotte et al. (2013), 26 gramas, mas inferiores aos de Oliveira et al. (2015): 29,25 gramas. Essa característica também foi observada por Gomes Júnior, Sá e Valério Filho (2008), porém, com valores médio menores (22 gramas) e explicada pela característica genética própria de cada cultivar (SIMIDU et al., 2010).

Conforme a massa dos feijões, pode-se classificá-los como pequenos (<25 g), médios (25 a 40 g) ou grandes (>40 g) (BLAIR et al., 2010). Entre os cultivares pesquisados, o cv Pérola foi o único descrito como médio, os demais podem ser classificados como pequenos. De acordo com as especificações técnicas dos cultivares, apenas o cv Pérola e o cv Campos Gerais apresentaram valores de MG compatíveis, os demais tiveram desempenho inferior ao descrito.

Carvalho e Wanderley (2007b) destacaram entre os cultivares por eles estudados, o cv Pérola como sendo um dos indicados ao cultivo orgânico na região do Distrito Federal, tanto na época das águas como no inverno (com irrigação). Esse cultivar apresentou valores médios de número de grãos por vagem (4,5) e massa de 100 grãos (25,5 g) inferiores; produtividade (2670 Kg ha⁻¹) e número de vagem por planta (15), superiores aos obtidos no

presente estudo, com 6, 26,43 gramas, 1757,8 Kg ha⁻¹ e 12, respectivamente, no mesmo sistema de cultivo.

Oliveira et al. (2015) observaram produtividade de 2862 Kg ha⁻¹ para esse cultivar no sistema convencional, semelhantes aos valores médios encontrados neste trabalho (2771,2 Kg ha⁻¹). Menores médias foram descritas por Pereira et al. (2009b), nos anos de 2003 e 2004, com produtividade de 2268 e 2435 Kg ha⁻¹ para Pérola e Estilo, respectivamente e por Pereira et al. (2009a), o cv Pérola com média de 2156 e 2225 Kg ha⁻¹ para o cv Estilo, sendo considerados os mais produtivos e adaptados às condições experimentais.

A produtividade dos feijões nos dois sistemas de cultivo apresentaram valores semelhantes, em geral, cv Andorinha, Estilo, Imperador e Notável tiveram maior rendimento no sistema orgânico e Andorinha e Campos Gerais no convencional. Segundo Carvalho e Wanderley (2007b), se a produtividade do sistema orgânico for semelhante à do convencional, deduz-se que esse modo de cultivo torna-se vantajoso, em virtude do manejo adequado à preservação humana e ao meio ambiente, bem como do valor agregado ao produto final. Para tanto, o uso de cultivares adaptados às regiões, possibilita esse rendimento com a manutenção da estabilidade do agroecossistema.

Carvalho e Wanderley (2007a), verificaram que a produção orgânica de feijão é possível, pois o rendimento atingido nesse sistema foi semelhante ao convencional. Segundo Prezzi et al. (2014), a cultura orgânica de feijão pode ser viável e sustentável se forem caracterizados genótipos locais, visto que existe grande variabilidade genética nessa cultura.

Neste estudo, a altura das plantas de feijão apresentou correlação positiva significativa com a altura de inserção da primeira vagem, nas duas épocas de cultivo e nos dois sistemas de produção, indicando que plantas mais altas tem as vagens mais distantes do solo, logo facilitam a colheita mecanizada. Dados que corroboram as observações de Prezzi et al. (2014), ao avaliarem as características agrônômicas de genótipos de feijões crioulo no cultivo orgânico. Plantas mais altas podem favorecer o aumento do número de vagens, por apresentarem mais internódios (ALLEONI; BOSQUEIRO; ROSSI 2000). Em outras culturas, como a da soja, a altura das plantas apresentou correlação satisfatória com a produtividade, nos doze cultivares estudados por Almeida, Peluzio e Afferri (2010).

Os referidos autores verificaram correlação positiva e significativa entre a produtividade e a altura de inserção da primeira vagem, propondo que plantas com vagens mais altas são mais produtivas. Conforme apresentada na Tabela 3, essa correlação não foi observada nos feijões orgânicos, enquanto que, nos convencionais, essa semelhança ocorreu apenas na época da safreinha. Já Moura et al. (2013) descreveram correlação negativa entre esses parâmetros para as 36 linhagens de feijão cultivadas na safra de inverno de 2007.

De acordo com as estimativas de correlação de Pearson (Tabela 3), houve correlação negativa ou inexistente entre o NGV e MG, que estão de acordo com os resultados de Andrade et al. (2010), Silva e Neves (2011) e Silva et al. (2014) para feijão caupi e Ribeiro, Domingues e Zemolin (2014) para feijões especiais. Diferindo de Almeida, Peluzio e Afferri (2010) e Prezzi et al. (2014), que verificaram correlação positiva e significativa entre essas variáveis, indicando que plantas com um maior número de grãos por vagem apresentam grãos de maior massa, tanto em soja quanto em feijão crioulo, respectivamente.

Nos feijões orgânicos cultivados na safra, o número de vagens por planta apresentou alta correlação linear positiva com a produtividade. Nessa época, o comportamento dos feijoeiros em relação às condições ambientais favoreceram essa relação. O mesmo foi observado por Barili et al. (2011), em feijões avaliados nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008, no município de Lajes; com Zilio et al. (2011), para feijões crioulos; com Mohammed, Russom e Abdul (2010) e Silva et al. (2014) para feijão caupi, indicando que a correlação positiva e significativa indica que a seleção de plantas com NVP maiores promovem aumento na produtividade.

Já o NVP apresentou correlação baixa, inexistente ou negativa com todas as variáveis, nos feijões produzidos no cultivo convencional, indicando que essa variável não influenciou no desenvolvimento da cultura nesse sistema. Resultados semelhantes a esses parâmetros foram verificados por Ribeiro, Domingues e Zemolin (2014), com moderada correlação em feijões especiais e por Moura et al. (2013), que não observaram correlação nos de feijões cultivados na safra de inverno de 2007 e 2009.

Independente do sistema de cultivo e da época de semeadura foi verificada (Tabela 3) correlação negativa entre o número de grãos por vagem e a produtividade dos feijões. Observação que está de acordo com os resultados descritos por Moura et al. (2013), em relação a 36 linhagens de feijões das safras de 2007 e 2009 e por Silva et al. (2014), ao pesquisarem oito cultivares de feijão-caupi. No entanto, foi verificada correlação positiva entre esses parâmetros, por Barili et al. (2011), em feijões da safra 2006/2007, no município de Chapecó e na safra 2007/2008, na cidade de Lages; por Zilio et al. (2011), em genótipos de feijão crioulo. Já Ribeiro, Domingues e Zemolin (2014) observaram moderada correlação entre essas variáveis, para feijões especiais.

Nas duas épocas de cultivo, a massa de 100 grãos apresentou correlação com a produtividade: negativa nos feijões orgânicos e positiva nos feijões convencionais. Relação negativa também foi verificada por Zilio et al. (2011) e Prezzi et al. (2014), em genótipos de feijões crioulo, nos cultivos convencional e orgânico, respectivamente, e concluíram que feijões com menores massas podem apresentar maior produtividade. Barili et al. (2011) também verificaram correlação positiva e significativa entre a massa de mil grãos e o rendimento de grãos de feijão, avaliados nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008 no

município de Chapecó, indicando que a massa está diretamente ligada ao rendimento dos feijões.

A produtividade dos grãos é uma importante característica na identificação de novos cultivares adaptados, estáveis e produtivos (PEREIRA et al., 2009b). Ela é composta por três características principais: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa dos grãos que promovem alto rendimento. Podendo ocorrer efeito compensatório com a redução do NVP e aumento da MG, mediante alta densidade populacional (ZILIO et al., 2011).

5 CONCLUSÃO

De acordo com a produtividade obtida neste estudo, conclui-se que os cultivares IAPAR Andorinha, IAPAR Curió, BRS Estilo, IAC Imperador e BRS Notável mostraram-se mais adaptados ao cultivo orgânico, enquanto todos os cultivares testados, exceto o cv IAPAR Curió, podem ser indicados ao cultivo convencional.

O parâmetro que apresentou maior correlação com a produtividade foi o número de vagens por planta nos feijões orgânicos e a altura da planta nos convencionais.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais *stimulate* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**. Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

ARAÚJO, A. C.; ALOUFA, M. A. I.; SILVA, A. J. N. S.; COSTA, A. A.; SANTOS, I. S. Análise não destrutiva de crescimento do gergelim consorciado com feijão caupi em sistema orgânico de cultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 9, n. 1, p. 259-268, 2014.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ORGÂNICOS - BRASILBIO. **Agricultura orgânica**. Disponível em: <http://www.brasilbio.com.br>. Acesso em: 4 dez. 2016.
- BARILI, L. D.; VALE, N. M.; MORAIS, P. P. P.; BALDISSERA, J. N. C.; ALMEIDA, B. C.; ROCHA, F.; VALENTINI, G.; BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1263-1274, 2011.
- BLAIR, M. W.; GONZÁLEZ, L. F.; KIMANI, P. M.; BUTARE, L. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical Applied Genetic**, Heidelberg, v. 121, n. 2, p. 237-248, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no Distrito Federal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 605-611, 2007a.
- CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão comum para o plantio em sistema orgânico no cerrado, ciclo 2004/2005. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p.50-59, 2007b.
- DAROLT, M. **Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e convencional**. 2009. Disponível em: www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/OrgConvenc.pdf. Acesso em: 15 nov. 2013.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística da UFOP**, Ouro Preto, v. 1, n. 1, p. 1-9. 2011.
- GOMES JÚNIOR, F. G.; SÁ, M. E.; VALÉRIO FILHO, W. V. Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.
- MINGOTTE, F.L. C.; GUARNIERI, C. C. o.; FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Desempenho produtivo e qualidade pós-colheita de genótipos de feijão do grupo comercial carioca cultivados na época de inverno-primavera. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1101-1110, 2013.
- MOHAMMED, M. S.; RUSSOM, Z.; ABDUL, S. D. Inheritance of hairiness and pod shattering, heritability and correlation studies in crosses between cultivated cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and its wild (var. *pubescens*) relative. **Euphytica**, Heidelberg, v. 171, p. 397-407, 2010.
- MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.
- OLIVEIRA, I. B.; MENDONÇA, G. W.; BINOTTI, F. F. S.; ASCOLI, A. A.; COSTA, E. Fertilizante foliar em feijoeiro de inverno e sua influência na produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 57-67, 2015.

OLIVEIRA, R. L.; MUNIZ, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; REIS, R. L. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DIAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 374-383, 2009b.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; DIAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 29-37, 2009a.

PREZZI, H. A.; COELHO, C. M. M.; HEBERLE, I.; PARIZOTTO, C.; SOUZA, C. A. Potencial de uso de cultivares crioulas de feijoeiro no sistema de cultivo orgânico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 394-400, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. ISBN 3-900051-07-0. URL: <http://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN, A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 178-186, 2014.

SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, R.; CANCELLIER, E. L.; SILVA, G. F. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 52-58, 2011.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, I. T. J.; BRITO, C.; SANTOS, M. C. C. A. Produção e componentes produtivos de cultivares de feijão-caupi na microrregião Cariri paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, 2009.

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; d'ARÊDE, L. O.; SILVA, P. B. da. Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 327-335, 2014.

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, p. 242-245, 2011.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 702-713, 2011.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. I.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

STEFANO, N. M. Quadro atual dos produtos orgânicos e comportamento do consumidor. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Santo Amaro, v. 8, n. 1, p. 70-101, 2013.

ZILIO, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011.

ARTIGO 2 INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO E EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS DE FEIJÃO CARIOCA ORGÂNICO

RESUMO

O aumento do consumo dos produtos orgânicos e a escassez de informação sobre a manutenção da sua qualidade durante o armazenamento instigam as pesquisas na área de grãos. Nesse sentido, sendo o feijão amplamente consumido e susceptível a alterações durante o armazenamento, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o efeito do armazenamento refrigerado e em condições ambientais não controladas, em busca da preservação das características físicas, nutricionais e tecnológicas de feijão carioca orgânico. Para tal, grãos de oito cultivares de feijão carioca foram avaliados recém-colhidos e após o armazenamento de 180 dias. O delineamento experimental foi um fatorial completo 8X3 e as médias comparadas por Scott Knott ($p < 0,05$). Foram realizados os testes físicos: massa de grãos, teor de água, condutividade elétrica, coloração dos grãos (L^* , a^* , b^* , H^* e C^*) e esfericidade dos feijões; nutricionais: teor de proteína, cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), conteúdo de fitatos, taninos e capacidade antioxidante; as características tecnológicas: textura dos feijões, tempo de cocção (TC) e a capacidade de hidratação (CH). O armazenamento não influenciou a massa de grãos, b^* , a esfericidade dos grãos crus, teor de proteínas e textura dos grãos embebidos. Os grãos armazenados em condições ambientais apresentaram aumento significativo a^* , C^* , textura dos grãos cozidos, TC e CH e diminuição de L^* , H^* , das dimensões dos feijões e teor de água. O armazenamento refrigerado preservou a qualidade física e tecnológica, aumentou a capacidade antioxidante e manteve a maior quantidade de Fe dos grãos. Também contribuiu para a diminuição do P e o aumento significativo dos fitatos e taninos, considerados fatores antinutricionais. De modo geral, IAPAR Campos Gerais foi o cultivar que melhor preservou a qualidade dos grãos após o armazenamento de 180 dias.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., parâmetros de cor, textura, tempo de cocção, fatores antinutricionais, capacidade antioxidante.

1 INTRODUÇÃO

A procura por alimentos mais saudáveis está resultando no aumento de consumo de produtos orgânicos. A agricultura orgânica é baseada em um sistema de produção que segue os princípios da sustentabilidade, preservando e respeitando o meio ambiente, a integridade humana, social e econômica. Nela, não é permitido o uso de insumos sintéticos como fertilizantes, herbicidas, inseticidas e reguladores de crescimento (SANTOS, 2011; RETAMIRO; SILVA; VIEIRA, 2013).

O feijão é cultivado em todas as regiões do Brasil, tanto por grandes quanto por pequenos agricultores (ARRUDA et al., 2012). É um alimento amplamente consumido, sendo fundamental na dieta humana, visto que seu consumo fornece nutrientes essenciais como as proteínas, carboidratos complexos, amido, fibras, vitaminas e minerais com ênfase para o ferro (BENEVIDES et al., 2013). Níveis maiores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante foram descritos em alimentos orgânicos: em folhas de couve-manteiga e inflorescências de brócolis (ARBOS et al., 2008), em *blueberry* (WANG et al., 2008) e romãs (CARMO et al., 2016). Dados que também reforçam a importância de avaliar os feijões orgânicos, de modo a caracterizar seus aspectos de qualidade.

A qualidade dos grãos pode ser determinada por suas características físicas, tecnológicas e nutricionais, que determinam a aceitabilidade do consumidor. Os atributos mais avaliados incluem cor, teor de água, tamanho, capacidade de hidratação e textura que estão relacionados ao tempo de cocção e à composição nutricional, como os minerais (VANIER et al., 2014; BASSINELLO, 2016).

O tempo de cocção pode ser influenciado pelas condições e tempo de armazenamento, tamanho do grão, cultivar do feijão e método de cozimento (NYAKUNI et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2014). Sua avaliação vem sendo relatada em diversos estudos, entre eles: Coelho et al. (2009), Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009), Delfino e Caniatti-Brazaca (2010), Morais et al. (2010), Oliveira et al. (2011), Arruda et al. (2012), Siqueira et al. (2014) e Vanier et al. (2014).

No cozimento ocorre a redução dos fatores antinutricionais, como o ácido fítico e acúmulo de taninos e outros compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante (ZAMINDAR et al., 2013). O termo “fator antinutricional” é utilizado para definir compostos ou classe de compostos que minimizam o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos de origem vegetal (BENEVIDES et al., 2011). Entre esses compostos, em feijão, estão o ácido fítico e os taninos.

Segundo Horner et al. (2005), produto do metabolismo secundário, o ácido fítico é a principal forma de armazenamento de P em cereais e seu consumo está associado a efeitos deletérios à saúde humana. Esse composto interfere na biodisponibilidade dos minerais (Fe,

Ca e Zn) e proteínas e pode ser inibido por tratamento térmico (LEAL et al., 2010; TORREZAN; FRAZIER; CRISTIANINI, 2010; SILVA et al., 2011; BASSINELLO, 2016; SILOCHI et al., 2016).

Os taninos são polifenóis que pertencem ao grupo dos compostos fenólicos, produzidos pelo metabolismo secundário das plantas (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010). Eles podem formar complexos com proteínas digestivas inativando-as, causando danos à mucosa do sistema digestivo ou promover efeitos tóxicos sistêmicos ou, ainda, com alguns minerais impedindo sua absorção (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; BENEVIDES et al., 2013). Porém, compostos fenólicos conferem ao feijão a característica antioxidante (MCGEE, 2014), atributo desejável, visto que esses compostos diminuem a velocidade das reações, pela inibição de radicais livres ou complexação de metais (WARAHO; MCCLEMENTS; DECKER, 2011), diminuindo o risco de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, envelhecimento precoce, Mal de Alzheimer, Parkinson (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010; BENEVIDES et al., 2013) e cancro, diabetes e doenças neurodegenerativas (MARATHE et al., 2016).

Outro fator importante a ser avaliado é o armazenamento, uma vez que é fundamental na manutenção da qualidade dos grãos. A temperatura ideal ajuda a preservar por períodos maiores as características físicas, tecnológicas e nutricionais. Diante disso, o uso de temperaturas baixas vem sendo descrito como fator importante na preservação da qualidade dos feijões (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009; MORAIS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; ARRUDA et al., 2012; VANIER et al., 2014).

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do armazenamento refrigerado e em condições ambientais (temperatura e umidade relativa) não controladas, na preservação das características nutricionais, físicas e tecnológicas de feijão carioca orgânico e identificar os cultivares que apresentam as melhores respostas a essas condições, após 180 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Cascavel. Foram utilizados grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), recém-colhidos, de oito cultivares da classe comercial carioca, produzidos em sistema orgânico, em propriedade rural, em Cascavel - PR, na safra das águas de 2015. Os cultivares (cv)

avaliados foram: IAPAR Andorinha, IAPAR Campos Gerais, IAPAR Curió, BRS Estilo, IAC Imperador, BRS Notável, BRS Pérola e IAPAR Tangará.

Após a colheita, os feijões passaram pelo processo de secagem natural em condições ambientais e, em seguida, conduzidos ao laboratório, onde tiveram seu teor de água corrigido para 13% e foram separados conforme o tipo de armazenamento. Os grãos recém-colhidos foram acondicionados em embalagens plásticas sob refrigeração, até a avaliação. As amostras que ficaram armazenadas por 180 dias foram submetidas a duas condições: refrigeradas à temperatura de 10 ± 1 °C, em embalagens plásticas e sob condições ambientais não controladas, em pacotes de papel kraft. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial completo (8X3), sendo 8 cultivares de feijão e três formas de armazenamento (recém-colhido, refrigerado e ambiente), com três repetições.

2.1 Avaliação da qualidade nutricional, fatores antinutricionais e antioxidantes

Os grãos com teor de umidade de 13% b.u. foram fragmentados em moinho multiuso (Marca Tecnal®, modelo TE-631-3), peneirados (peneiras de 50 mesh) e armazenados em embalagens plásticas a 5 °C. Essa farinha foi utilizada para determinação da qualidade nutricional e antinutricional.

Os teores de proteína foram determinados pelo método de micro-Kjedahl empregando 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína (IAL, 2008). A determinação dos minerais cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P) foi realizada por digestão nitroperclórica, na proporção de 3:1 (ácido nítrico + ácido perclórico), do material vegetal seco (AOAC, 1995). Conforme metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) os primeiros foram quantificados por leitura direta em espectrofotometria de absorção atômica, enquanto a determinação do P foi em espectrofotômetro (Marca Femto, modelo 700 Plus).

Conforme proposto por Latta e Eskin (1980), com modificações, foi determinado o conteúdo de ácido fítico. A solução de ácido clorídrico (2,4%) foi utilizada como extrator, em procedimento de agitação a 250 rpm por 2 horas, centrifugação por 10 minutos a 3.000 rpm e repouso por 10 minutos. O sobrenadante foi eluído em coluna com DOWEX® e acrescido de solução de Wade, agitado em vórtex e centrifugado. Após 15 minutos de repouso procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 500 nm.

A determinação do conteúdo fenólico foi realizada pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. A solução metanol:água (2:1) foi utilizada como extrator, em procedimento de agitação em vórtex por 5 minutos, banho ultrassônico por 25 minutos e centrifugação por 15 minutos a 3.600 rpm. O sobrenadante foi transferido para um balão de

10 mL e repetiu-se o processo, ao final, completou-se o volume do balão com a solução extratora. Foi colocado 1 mL do adquirido em tubo de ensaio e adicionado 100 μ L do reagente Folin-Ciocalteu e 300 μ L da solução saturada de Na_2CO_3 , estes permaneceram em banho Maria a 40 °C por 30 minutos e, em seguida, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 765 nm. Os resultados estão expressos em miligrama equivalente de ácido tânico por 100 gramas de amostra (base seca) (HORWITZ, 2005).

Conforme metodologia proposta por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), foi determinado o potencial antioxidante, pelo método fotométrico de sequestro de radicais livres (DPPH - 2,2 difenil-1-picrilhidrazil). Para tal, foi utilizado o extrato de amostra preparado na determinação dos compostos fenólicos. Em um tubo de plástico (tipo Falcon), foram adicionados 0,10 mL do extrato e 2,90 mL de solução padrão DPPH (103,2 μ M). Essa mistura foi deixada no escuro, em mesa agitadora, à temperatura ambiente por 24 horas (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2003). A absorbância das amostras foi medida em espectrofotômetro a 515 nm, utilizando o metanol como branco. Foi utilizada uma curva padrão de Trolox (6 – hidroxil - 2,5,7,8 –tetrametilcromano – 2 - ácido carboxílico), para o cálculo e a expressão dos resultados em micrograma Trolox equivalente por grama de matéria seca (μ g TEAC. g^{-1}). (REYES; VILLARREAL; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007).

2.2 Avaliação das características físicas e tecnológicas

Conforme metodologia proposta nas *Regras para Análise de Sementes – RAS*, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009), os testes foram conduzidos com massa de 100 grãos e resultados expressos em gramas e porcentagem do teor de água, pelo método padrão da estufa.

A condutividade elétrica foi aferida na solução de embebição das amostras de 50 feijões, de massa, mensurada e colocada em recipiente com 75 mL de água deionizada e mantidas à temperatura de 25 °C, durante 24 horas. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

A coloração dos grãos foi determinada pela leitura direta, dos feijões, em colorímetro Konica Minolta®, modelo CR410, com abertura de 50 mm. O sistema considera as coordenadas L^* responsáveis pela luminosidade e a^* e b^* parâmetros de cor, com variação entre verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente (GRANATO; MASSON, 2010). Os padrões pré-estabelecidos ($Y = 85,8$; $x = 0,3195$; $y = 0,3369$), com o iluminante D65 que representa a média da luz do dia, foram utilizados para a calibração do aparelho em placa de cerâmica. E o mesmo equipamento forneceu os dados do ângulo de coloração (H^*) e

cromaticidade (C^*), baseados na relação entre as coordenadas de a^* e b^* (OOMAH et al., 2011).

A esfericidade dos feijões crus e embebidos foi calculada conforme fórmula proposta por Mohsenin (1986), que utiliza as dimensões de comprimento, largura e a espessura. A aferição foi realizada com paquímetro digital de resolução de 0,01 mm e expressa em milímetros (mm) (JESUS et al., 2013).

Para a determinação da dureza, 10 g de feijão foram embebidos em 50 mL de água destilada por 16 horas, compondo as amostras embebidas. Feijões embebidos, nas mesmas condições, foram submetidos à cocção, em 250 mL de água destilada a 100 °C em recipiente coberto e resfriado gradativamente até atingir temperatura ambiente, compondo as amostras cozidas. A textura dos grãos embebidos e cozidos foi determinada em aparelho texturômetro Stable Micro-System (Modelo TAX.T.plus), com corpo de prova tipo agulha, conforme metodologia de Coelho et al. (2009). Foram colocados feijões inteiros no aparelho e aplicada uma força de compressão de 0,05 N, a uma velocidade constante de 2,0 mm.s⁻¹, anotando-se a leitura.

Conforme metodologia proposta por Proctor e Watts (1987), adaptada, o tempo de cocção foi determinado com o auxílio do Cozedor de Mattson modificado. Inicialmente os feijões foram embebidos por 16 horas, na proporção 30 g em 100 mL de água destilada. Na sequência 25 grãos inteiros são colocados nas cavidades do aparelho, com as hastes metálicas suspensas sob si. O cozedor permaneceu em banho-maria, com água em ebulição. O tempo de cozimento foi definido visualmente, quando 13 dos 25 feijões foram perfurados pelas hastes metálicas do aparelho cozedor.

A análise da capacidade de hidratação dos feijões foi realizada pela metodologia proposta por Carbonell, Carvalho e Pereira (2003). Para tal, aproximadamente, 30 gramas de feijão são aferidas e acrescidas de 100 mL de água destilada, permanecendo em condições de temperatura ambiente durante o período de 16 horas. Após esse tempo, retira-se a água e os grãos permaneceram durante 15 minutos sobre papel toalha antes de nova medição da massa. A capacidade de absorção de água é calculada pela diferença de massa entre as amostras antes e após o processo, expressa em porcentagem.

Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade e os resultados forma submetidos à análise de variância (ANOVA). A comparação das médias foi feita com a aplicação do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade, pelo pacote Expdes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011). A correlação de Pearson entre as variáveis em cada forma de armazenamento foi testada no programa R, versão 3. 2. 5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) e está apresentada nos apêndices A, B e C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade nutricional, fatores antinutricionais e antioxidantes

Feijões crus do grupo carioca apresentam, em média, 20% de proteínas (UNICAMP, 2011). Esse teor exibe variações, conforme as condições do meio ambiente, formas de cultivo e genótipo (SILOCHI et al., 2016), os últimos autores relataram média de 19% de proteínas que se preservaram durante o armazenamento.

Teores maiores de proteínas (Tabela 1) dos feijões foram observados e também se mantiveram durante a realização do experimento. Fato fundamental, tendo em vista que o processo de cocção diminui a quantidade de proteínas, pela solubilização, em feijões. Além disso, o valor biológico das proteínas do feijão é reduzido pela baixa digestibilidade, no entanto, o processamento térmico (cocção) aumenta essa biodisponibilidade, pela diminuição da ação dos fatores antinutricionais, como os taninos (BASSINELLO, 2016). Assim, a preservação dessa variável contribui para o uso do feijão como fonte proteica. Oliveira et al. (2011), investigando seis cultivares de feijão, verificaram que o armazenamento refrigerado não influenciou a porcentagem de proteínas, após 180 dias.

Os grãos dos cv Pérola e Tangará destacaram-se dos demais com teor de proteína maior, com 28,7 e 28,4% respectivamente. Valores próximos foram descritos por Brigide e Canniatti-Brazaca (2011), com 27,4% (bs) de proteína, em feijão carioca. Em feijões da classe carioca, Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009) quantificaram um teor de proteína de 25,62% no cultivar BRS Pontal; Prolla et al. (2010) obtiveram de 21 a 29% em 16 cultivares, em duas safras; Schoeninger et al. (2013) obtiveram 26,49%, no controle de IAPAR 81; Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) encontraram 28% para BRS Pontal e comercial; Vanier et al. (2014) encontraram um teor de proteína média de 21%, com feijões armazenados em condições ambientais e 22% nos refrigerados, compatíveis com a maioria dos percentuais descritos neste trabalho.

A quantidade de cálcio (Tabela 1) entre os feijões estudados foi significativamente semelhante, com valores entre 64,03 e 91,35 mg.100g⁻¹. Os feijões recém-colhidos apresentaram valores médios (122,36 mg.100g⁻¹), significativamente, maiores que os armazenados por 180 dias. Essa queda não é desejada, visto que se pretende manter a composição mineral durante o armazenamento.

Tabela 1 Valores médios das variáveis proteínas (PTN), ácido fítico (Fitatos), capacidade antioxidante (DPPH), cálcio (Ca) e fósforo (P) de oito cultivares de feijão carioca orgânico, recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias

Causa de variação	PTN (%)	Ca (mg.100g ⁻¹)	P (g.Kg ⁻¹)	Fitatos (µg/100g)	DPPH (µg trolox.g ⁻¹)
Cultivares					
IAPAR Andorinha	24,75d	91,35a	3,34a	0,21a	2,47a
IAPAR Campos Gerais	26,89b	65,84a	3,15b	0,17b	2,42a
IAPAR Curió	24,62d	85,24a	3,02b	0,20a	2,51a
BRS Estilo	25,61c	74,57a	3,06b	0,18b	2,50a
IAC Imperador	26,26c	73,10a	3,12b	0,18b	2,53a
BRS Notável	24,72d	83,93a	3,30a	0,20a	2,35a
BRS Pérola	28,70a	70,38a	3,33a	0,21a	2,46a
IAPAR Tangará	28,40a	64,03a	3,45a	0,20a	2,49a
Armazenamento					
Recém-colhido	26,15A	122,36A	3,37A	0,15C	2,33C
Refrigerado	26,09A	51,91B	3,04B	0,23A	2,60A
Ambiente	26,48A	53,90B	3,26A	0,20B	2,47B
Cultivares (a)	0,00*	0,08 ^{ns}	0,03*	0,00*	0,23 ^{ns}
Armazenamento (b)	0,35 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*
a X b	0,68 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,52 ^{ns}
CV (%)	3,77	27,69	9,07	13,98	6,07

Notas: Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5%; ns: não significativo.

Quantidade maiores de cálcio, em feijões cru, foram descritas na *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO* (UNICAMP, 2011), indicando que feijões carioca possuem 123 mg.100g⁻¹. Foram relatadas também por Oliveira et al. (2008), ao testarem a qualidade nutricional e microbiológica de feijões processados com 0,98 g.Kg⁻¹; por Brigide, Canniatti-Brazaca (2011) 177,5 mg.100g⁻¹ em feijão cru e por Ribeiro et al. (2013) ao avaliarem as características genéticas de 14 linhagens, com valores entre 1,3 e 1,9 g.Kg⁻¹, estatisticamente iguais.

O armazenamento refrigerado contribuiu para a diminuição da quantidade de fósforo (Tabela 1) dos feijões, enquanto que a preservação em condições ambientais não influenciou a quantidade do micronutriente. Ao contrário do observado por Silochi et al. (2016), para o cv BRS Pérola que, nessas condições, observaram aumento de 2,14 para 4,03 g.Kg⁻¹ e relataram interação entre os cultivares estudados com o tempo de armazenamento, o que não foi verificado neste trabalho.

Os grãos que apresentaram maiores valores dessa variável foram dos cv Andorinha, Notável, Pérola e Tangará, com 3,34, 3,20, 3,33 e 3,45 g.Kg⁻¹, respectivamente. Essas quantidades estão de acordo com as reportadas por Prolla et al. (2010), em relação a 16 cultivares de feijão cultivados em duas safras, com teores entre 3,35 e 3,58 g.Kg⁻¹ e Silva et al. (2011) em feijões com 3 a 4,2 g.Kg⁻¹, com diferentes formas de adubação.

Concentrações maiores de fósforo são descritas na TACO com 385 mg a cada 100 gramas de feijão carioca cru (UNICAMP, 2011) e relatadas por Oliveira et al. (2008) ao

testarem a qualidade nutricional e microbiológica de feijões processados com $4,73 \text{ g.Kg}^{-1}$, Também por Brigide e Canniatti-Brazaca (2011) e Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) de $4,16$ e $5,56 \text{ g.Kg}^{-1}$, respectivamente, nos feijões testemunha.

Os fitatos são compostos antinutricionais naturais, derivados do ácido fítico, formados durante o processo de maturação das sementes, podem formar complexos insolúveis com minerais (Ca, Mg, Fe e Zn) ou proteínas, os quais são resistentes à ação no trato intestinal, reduzindo sua disponibilidade (SILVA et al., 2011; BASSINELLO, 2016; SILOCHI et al., 2016).

Durante o estudo foi observado (Tabela 1) aumento na quantidade de fitatos, sendo mais acentuado nos feijões refrigerados. Essa observação não é desejável, por se apresentar como antinutriente. Entre os cultivares, os grãos de Campos Gerais, Estilo e Imperador tiveram menores valores médios. Diferente dos valores relatados por Mariotto-Cezar et al. (2013), que verificaram diminuição no conteúdo desse parâmetro para IAPAR 81 e Silochi et al. (2016) que não observaram variação em três cultivares, ambos armazenados em condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ar por 180 dias.

Em feijões, é comum o aparecimento do defeito *hard-to-cook* (HTC), que dificulta a cocção e que pode ser potencializado por condições inadequadas de temperatura e umidade relativa do ar (COELHO et al., 2013; BETANCUR-ANCONA, 2014). Efeito que pode estar relacionado à redução dos fitatos durante o armazenamento, pela sua interação com proteínas e carboidratos e com o tamanho da semente, conforme apresentado por Nyakuni et al. (2008) que identificaram associação linear significativa negativa ($R = -0,80$) entre essas variáveis, sugerindo que sementes maiores ajudam a reduzir o HTC. Fato também observado neste trabalho, em que se verificou correlação negativa significativa ($R = -0,70$) entre as variáveis, na conservação refrigerada, indicando que grãos maiores apresentaram menos ácido fítico.

Um dos métodos mais utilizados para avaliar a atividade antioxidante é o DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), que se baseia na redução desse radical pela ação dos compostos antioxidantes presentes na amostra (JENG et al., 2010). A presença dos taninos confere atividade antioxidante em feijões comuns (ROCHA-GUZMÁN et al., 2007) e essa atividade, em feijões crus é de aproximadamente $5,8$ a $6,4 \mu\text{mol}$ de equivalentes de Trolox.⁻¹ (RANILLA; GENOVESE; LAJOLO, 2009).

Valores desse parâmetro (Tabela 1) foram observados no presente trabalho, em que os grãos apresentaram valores médios distintos de $2,33$, $2,60$ e $2,47 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$, nas condições recém-colhidos, refrigerados e ambientais, respectivamente. A capacidade antioxidante dos feijões apresentou aumento significativo quando armazenados, sendo maior nas condições refrigeradas e não houve diferença significativa entre os cultivares.

Condizentes com as observações realizadas por Cardador-Martinez, Loarca-Pinã e Oomah (2002), que relataram entre 2,1 e 2,4 equivalentes de Trolox em feijões crus.

Valores maiores desse parâmetro para feijões foram relatados na literatura por Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009), com 22,57 $\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$; por Ranilla, Genovese e Lajolo (2009), com 11,9 $\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$; por Jeng et al. (2010), com 83,3 mg TEAC.g⁻¹. Segundo Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), a análise dos compostos fenólicos pode ser influenciada por vários fatores, tais como: tamanho da amostra, método de extração, padrão utilizado, tempo e forma de armazenamento, por serem compostos bioativos podem sofrer influência dessas condições.

Relacionando o conteúdo de polifenóis com a capacidade antioxidante foi verificada maior capacidade de sequestro de radicais livres em leguminosas, como o feijão, quando comparadas a frutas e vegetais (WANG et al., 2010). Fato observado em relação ao tipo de armazenamento, visto que, os feijões refrigerados apresentaram maior quantidade de taninos e maior atividade antioxidante.

A análise de correlação para o armazenamento refrigerado demonstrou alta correlação positiva significativa ($R = 0,75$), comprovando a associação linear entre essas variáveis. Fato também relatado por Marathe et al. (2011), que verificaram, em leguminosas, alta correlação entre a atividade antioxidante com o teor de compostos fenólicos.

Tabela 2 Teor de ferro (Fe) e conteúdo de ácido tânico (taninos) dos feijões carioca orgânicos, recém-colhidos e armazenados, por 180 dias, em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas

Cultivares	Armazenamento		
	Recém-colhido	Refrigerado	Ambiente
CV 18,42%	Ferro (mg.Kg^{-1})		
IAPAR Andorinha	133,7aA	124,8aA	93,8aB
IAPAR Campos Gerais	136,8aA	107,8aA	116,5aA
IAPAR Curió	128,8aA	82,6bB	99,3aB
BRS Estilo	120,7aA	75,3B	53,3bB
IAC Imperador	136,1aA	71,3bB	29,9bC
BRS Notável	122,0aA	79,1bB	42,4bC
BRS Pérola	135,0aA	101,1aB	43,6bC
IAPAR Tangará	118,6aA	90,9bA	43,5bB
CV 11,58%	Ácido Tânico (mg.100g^{-1})		
IAPAR Andorinha	203,05bB	376,09aA	201,53aB
IAPAR Campos Gerais	230,88aA	275,30bA	234,12aA
IAPAR Curió	267,51aB	321,20aA	236,31aB
BRS Estilo	226,70aB	335,69aA	199,50aB
IAC Imperador	208,11bB	352,72aA	221,67aB
BRS Notável	176,40bB	249,25bA	209,48aB
BRS Pérola	175,69bB	257,44bA	242,54aA
IAPAR Tangará	225,50aB	320,68aA	250,83aB

Notas: Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Em geral, os grãos apresentaram diminuição na quantidade de ferro (Tabela 2) quando armazenados, mais expressiva nas condições não controladas, sendo que cv Imperador, Notável e Pérola foram as mais susceptíveis, com valores médios significativamente menores. Os grãos dos cv Andorinha e Tangará mantiveram o teor de Fe quando permaneceram refrigeradas e o cv Campos Gerais não sofreu influência das formas de armazenamento. Essa redução implica a queda da qualidade nutricional dos feijões, não sendo desejável, visto que este é utilizado como fonte desse micronutriente.

Inverso aos dados do presente trabalho, Silochi et al. (2016) verificaram aumento no teor de ferro dos grãos dos cv BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal ao longo de 180 dias de armazenamento em condições ambientais. E atribuíram as diferenças ao cultivar e sua interação com o tempo em que ficaram armazenados. Enquanto, Oliveira et al. (2011) relataram manutenção desse parâmetro com média de $88,71 \text{ mg.kg}^{-1}$ nos feijões refrigerados por 180 dias.

Não houve diferença significativa dessa variável entre os cultivares, nos feijões recém-colhidos. Os valores médios de $128,96 \text{ mg.Kg}^{-1}$ são coerentes com os descritos por Brigide e Canniatti-Brazaca (2011) de 146 mg.Kg^{-1} de Fe. Já os grãos de cv Andorinha, Campos Gerais e Pérola quando refrigeradas e Andorinha, Campos Gerais e Curió em condições ambientais, apresentaram médias estatisticamente maiores que as demais. Ribeiro et al. (2013), também verificaram diferença entre os cultivares estudados, com variação entre $67,3$ e $179,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$, na safra das águas e entre $64,3$ e $118,0 \text{ mg.Kg}^{-1}$ na safra da seca.

Quantidades inferiores dessa variável em feijões carioca, nos grãos recém-colhidos, foram descritas por Oliveira et al. (2008), que encontraram $68,39 \text{ mg.Kg}^{-1}$ em grãos crus; Prolla et al. (2010) obtiveram teores entre $82,6$ e $96,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$; Silva, Brigide e Canniatti-Brazaca (2013) obtiveram uma variação de $74,41$ a $77,29 \text{ mg.kg}^{-1}$ e Silochi et al. (2016), nos três cultivares avaliados, obtiveram teores que variaram de $52,7$ a $105,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$. Os valores médios obtidos, equivalentes de 129 mg.Kg^{-1} , foram maiores do que os apontados pela TACO que é de 80 mg.Kg^{-1} (UNICAMP, 2011).

Nos feijões, os taninos são encontrados em maior quantidade no tegumento, sendo responsáveis pela coloração, além de protegerem os grãos contra predadores e patógenos (OOMAH et al., 2010). Sua presença caracteriza duas funções antagônicas, benéficas na atividade antioxidante e antinutricional pela influência na absorção de nutrientes (XU; CHANG, 2009; LEAHU; ROSU, 2014), pela formação de complexo com proteínas e inativação de enzimas digestivas (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA 2010; BASSINELLO, 2016).

Os feijões refrigerados tiveram aumento no conteúdo de ácido tânico (Tabela 2), em relação aos recém-colhidos e armazenados em condições ambientais para os cv Andorinha, Curió, Estilo, Imperador, Notável e Tangará. Os grãos de cv Pérola apresentaram aumento

nas duas formas de armazenamento, enquanto que para Campos Gerais não ocorreu influência nesse período.

O aumento desse parâmetro não é desejável pelo efeito antinutricional supracitado. E também foi relatado por Mariotto-Cezar et al. (2013) e Silochi et al. (2016), em feijões armazenados por 180 dias nas mesmas condições. Já Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) relataram uma diminuição da quantidade de taninos com o armazenamento em condições ambientais, indicando provável oxidação e menor solubilidade pela formação de complexos polímeros, contribuindo com as modificações físicas nos feijões.

Os feijões recém-colhidos que apresentaram maiores valores de taninos foram os cv Campos Gerais, Curió, Estilo e Tangará. Já os grãos de Campos Gerais, Notável e Pérola tiveram menores quantidades quando permaneceram sob refrigeração. No armazenamento em condições ambientais não foi verificada diferença entre os cultivares pesquisados.

A quantidade de taninos descrita foi maior do que as reportadas na literatura por Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008): de 61,01 a 182,60 mg.100g⁻¹, em diferentes cultivares; Silva, Rocha e Canniatti-Brazaca (2009) reportaram 0,86 mg.g⁻¹ para o cv BRS Pontal; Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) reportaram 0,90 mg.100g⁻¹ para o cv BRS Pérola, após 6 meses de armazenamento e Schoeninger et al. (2013) reportaram uma concentração de taninos de 0,721 mg.100g⁻¹, para a amostra controle de IAPAR 81.

Segundo McGee (2014), feijões coloridos (marrons, pretos e vermelhos) apresentam em seu tegumento grande quantidade de antocianinas e outros compostos fenólicos, que lhes atribuem propriedades antioxidantes. Sendo o tanino o mais abundante desses compostos, ao qual se atribui a cor dos grãos (CALDAS; BLAIR, 2009; SILVA, ROCHA; CANNIATTI-BRAZACA, 2009). A oxidação dos compostos fenólicos é apontada como causa de escurecimento do tegumento (DÍAZ; CALDAS; BLAIR, 2010; VANIER et al. 2014).

Silochi et al. (2016) descrevem que o armazenamento inadequado do feijão favorece o aumento de taninos ao longo do armazenamento, resultando na presença de pigmentos escuros que podem provocar o escurecimento dos grãos. Observaram essa relação, com a diminuição da luminosidade (L*) dos cultivares investigados, durante o armazenamento em condições ambientais não controladas por 180 dias.

O conteúdo de taninos pode ser influenciado pelas condições climáticas (incidência solar, épocas de chuvas), geográficas (local de cultivo) e agronômicas (tratos culturais/tipo de cultivo) (MANACH et al., 2004; BENEVIDES et al., 2011; BENEVIDES et al., 2013). Bem como pela maturidade na colheita, condições pós-colheita e armazenamento (WANG et al., 2011).

A composição química de feijões pode variar em função do cultivar, interação do genótipo com ambiente (SILVA et al., 2011), práticas e manejo culturais (ZUO; ZHANG, 2009), além de boas práticas agrícolas no pós-colheita, que mantenham a qualidade

nutricional do grão, como: formas de processamento, armazenamento, preservação e preparo (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). O consumo de leguminosas é descrito como promotor de saúde, pela redução do risco de doenças cardiovasculares, no combate à obesidade, ao diabetes e a alguns tipos de câncer (BARRIOS; RICARDO; URIBE, 2016; NGOH; GAN, 2016).

3.2 Características físicas e tecnológicas

Os teores de água dos feijões recém-colhidos variaram entre 12,33 e 12,79%, ficando nas condições ideais de manutenção de qualidade durante o armazenamento, conforme propostas de Andrade et al. (2010) que sugerem a faixa inicial entre 11 e 13% como ótima para conservação.

Analisando-se o teor de água dos feijões estudados, observou-se que, entre os cultivares, manteve-se a semelhança estatística nos grãos recém-colhidos e refrigerados, porém, nas condições ambientais verificou-se que os grãos do cv Campos Gerais (11,86%) diferiram estatisticamente dos demais. Interação igualmente observada por Silochi et al. (2016), ao armazenarem feijões carioca em condições ambientais.

Para o teor de água, não ocorreu alteração nos grãos armazenados sob refrigeração, os índices variaram entre 11,03 e 12,44% e os grãos que permaneceram em condições ambientais diminuíram os valores dessa variável, com valores entre 9,25 e 11,86%. Silochi et al. (2016) também verificaram queda desse parâmetro, durante o armazenamento de 180 dias em condições ambientais não controladas, com valores médios em torno de 9,5%, próximos aos descritos e, em partes, de acordo com Vanier et al. (2014) que relataram aumento nas mesmas condições e manutenção dessa variável sob refrigeração, aos 360 dias de experimento.

Fato explicado pela embalagem permeável, que proporcionou condições para que os grãos realizassem trocas de vapor d'água para atingir o equilíbrio higroscópico. Segundo Marcos Filho (2015), esse equilíbrio dos grãos é influenciado pelo vapor d'água do ar atmosférico e, assim, o teor de água diminui com a queda da umidade relativa e vice versa. Os resultados indicam diferenças estatísticas desse parâmetro entre as condições avaliadas, caracterizando, assim, que os tratamentos cultivar e forma de armazenamento apresentaram efeitos diferentes.

A massa dos grãos permaneceu estável (Tabela 3), não ocorrendo influência do tipo de armazenamento, com valores médios de 22,6 gramas. Para todos os cultivares, as massas variaram entre 20,94 e 25,01 g, sendo que os grãos do cv Pérola apresentaram a média significativamente maior.

O teste de condutividade elétrica (CE) avalia indiretamente a concentração de íons inorgânicos liberados durante a embebição. Concentrações elevadas são indicativas de alta lixiviação e estão relacionadas a grãos de qualidade inferior (MARCOS FILHO, 2015).

Tabela 3 Valores médios das variáveis massa de 100 grãos (MG), condutividade elétrica (CE), componentes de cor a*, b*, L*, C*, H*, esfericidade do grão embebido (EE) e esfericidade do grão cru (EC) de oito cultivares de feijão carioca, recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias

Causa de variação	CE								
	MG (g)	($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	a*	b*	L*	C*	H*	EE	EC
Cultivares									
IAPAR Andorinha	22,40b	49,11c	6,09d	13,67b	64,22b	15,23b	66,4	67,23c	67,21c
IAPAR Campos Gerais	22,66b	68,98a	5,22f	13,42b	64,52b	14,33d	68,7	69,83a	69,46a
IAPAR Curió	21,05c	59,18b	5,75e	13,71b	64,91b	14,88c	67,3	67,09c	67,51c
BRS Estilo	23,47b	67,44a	6,51c	13,94a	64,80b	15,41b	65,1	67,65c	68,18b
IAC Imperador	20,94c	45,82c	6,75b	14,57a	65,61a	16,00a	65,2	67,61c	67,02c
BRS Notável	22,92b	51,11c	7,29a	14,09a	61,84d	15,87a	62,7	69,07b	68,91a
BRS Pérola	25,01 ^a	50,36c	6,35c	13,59b	63,33c	15,03c	65,1	67,78c	68,32b
IAPAR Tangará	22,53b	47,76c	5,85e	13,05b	64,89b	14,33d	66,0	67,65c	66,80c
Armazenamento									
Recém-colhido	22,76 ^a	50,10B	5,39C	13,74A	66,51A	14,77B	68,6	68,23A	68,12A
Refrigerado	22,62 ^a	58,08A	5,83B	13,65A	64,76B	14,91B	67,0	68,12A	67,92A
Ambiente	22,48 ^a	56,73A	7,45A	13,87A	61,52C	15,72A	61,8	67,63B	67,74A
Cultivares (a)	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Armazenamento (b)	0,63 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,50 ^{ns}	0,00*	0,00*	0,00*	0,01*	0,30 ^{ns}
a X b	0,82 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,02*	0,85 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CV(%)	4,59	10,29	4,67	4,69	1,1	3,73	1,51	1,12	1,28

Notas: Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade; *significativo em nível de 5%; ns: não significativo.

A forma como os feijões foram armazenados interferiu na sua qualidade, porquanto houve aumento da condutividade elétrica (Tabela 3), quando comparados aos grãos recém-colhidos. Já, entre o armazenamento refrigerado e em temperatura ambiente não foi verificada diferença significativa. A deterioração de feijão carioca, durante o armazenamento em condições ambientais, também foi verificada por Silochi et al. (2016) e o valor da CE passou de 40,23 para 76,00 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, após 180 dias.

Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009), avaliando a qualidade de feijões do grupo vermelho armazenados sob refrigeração, verificaram que no tempo zero a CE foi de 69,16 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ e após 120 dias elevou-se para 85,64 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ para grãos com 12% (b.u.), indicando que houve deterioração, de acordo com o tempo e as condições de armazenamento. Vanier et al. (2014) relataram valores maiores desse parâmetro para o cultivar BRS Pérola armazenados sob atmosfera normal (150 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), quando comparados aos refrigerados (106 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

A lixiviação de eletrólitos indica menor estabilidade da membrana plasmática, logo quanto maior o valor da CE, menor a qualidade tecnológica do grão, por liberar mais íons minerais. Valores médios significativamente maiores dessa variável foram evidenciados para

os grãos dos cultivares Campos Gerais e Estilo, sugerindo maior susceptibilidade ao envelhecimento, enquanto que Imperador apresentou os menores índices, logo com qualidade superior.

A componente de cor a^* variou entre 5,22 e 7,29 (Tabela 3) para os grãos dos cultivares Campos Gerais e Notável, respectivamente. A diferença verificada entre os feijões é significativa, indicando que o cultivar Notável apresentou maior tendência à cor avermelhada. Essa predisposição é complementada pela verificação de que o maior valor de a^* coincide com o menor valor de L^* , indicando que ambos contribuem para o escurecimento visual dos feijões (SIQUEIRA et al., 2014). Com o armazenamento foi possível observar aumento desse parâmetro, sendo que os grãos armazenados em condições ambientais apresentaram médias estatisticamente maiores.

Os resultados estão de acordo com Brackmann et al. (2002), Siqueira et al. (2014) e Vanier et al. (2014), que observaram, para o feijão carioca, aumento desse parâmetro com o atmosfera normal, com valores maiores do que os obtidos nesta pesquisa. As médias observadas foram maiores que as verificadas por Silochi et al. (2016) para o BRS Pontal, que apresentou a^* de 5,04, superior ao BRS Estilo e ao BRS Madrepérola.

A componente de cor b^* dos grãos variou entre 13,05 para Tangará e 14,57 para Imperador (Tabela 3), havendo diferença estatística entre os cultivares, no entanto, essa variável não foi alterada no período do experimento. Resposta que diferiu dos resultados apresentados por Brackmann et al. (2002), para 3 cultivares de feijão carioca e Vanier et al. (2014), para o BRS Pérola, que observaram valores maiores para esse parâmetro com aumento durante o tempo de armazenagem.

Segundo Granato e Masson (2010), os parâmetros a^* e b^* apresentam valores entre -60 e +60, compostos pelos componentes cromáticos verde-amarelo e azul-amarelo, respectivamente. Observou-se preponderância da cor vermelho e amarelo na composição final da cor, configurando-se a tendência ao escurecimento, pelo avermelhamento dos grãos. A oxidação dos compostos fenólicos é apontada como causa do escurecimento do tegumento (VANIER et al. 2014).

A componente de cor luminosidade (L^*) (Tabela 3) diminuiu com o armazenamento, os feijões que permaneceram em condições ambientais não controladas apresentaram queda mais acentuada. O armazenamento refrigerado também influenciou a claridade dos feijões de cor, aos 180 dias, do estudo realizado por Oliveira et al. (2011). Essa diminuição representa um indicativo de perda de qualidade física dos grãos, visto que quanto mais próximo de 100 for L^* mais claro é o grão. Segundo Silochi et al. (2016), a diminuição de L^* é indesejável para feijões do grupo carioca, pois apontam escurecimento, além disso, indicam textura inadequada com aumento do tempo de cocção.

A diminuição de L^* em feijões carioca, armazenados em condições ambientais, foi relatada por Brackmann et al. (2002) para 3 cultivares, após 19 meses; por Siqueira et al.

(2014) em seis cultivares, após cinco meses e por Vanier et al. (2014) para BRS Pérola. Ávila et al. (2015), após 12 meses de experimento, também observaram queda desse parâmetro em feijão caupi.

Os grãos do cv Imperador apresentaram maior valor (65,61), entre os demais, demonstrando maior claridade no tegumento, característica desejável para feijões carioca. Ao avaliar linhagens nacionais de feijão, Carneiro, Soares e Costa (2000) indicaram como padrão mínimo de L^* para o grupo carioca o valor de 53,00. Neste estudo, foram verificados valores superiores a esse padrão, com médias de L^* 66,51, 64,76 e 61,52 para feijões recém-colhidos, refrigerados e armazenados em condições ambientais, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com Ribeiro, Storck e Poersch (2008) que afirmam que feijões carioca com L^* superiores a 55,00 são preferidos pelo mercado.

O índice de cor C^* (cromaticidade) dos feijões (Tabela 3) não foi alterado com o armazenamento refrigerado, porém, em condições ambientais houve aumento do valor médio dessa variável. O aumento da intensidade desse parâmetro com o armazenamento é retratado em feijão carioca por Silochi et al. (2016). Os grãos dos cultivares Imperador e Notável tiveram os maiores valores médios para C^* , diferindo estatisticamente dos demais, logo a intensidade de percepção da cor desses cultivares é maior.

Segundo Granato e Masson (2010), produtos com maior C^* serão mais perceptíveis à visão humana, ou seja, apresentam maior tonalidade cromática. Resultados maiores foram relatados por Schoeninger et al. (2013), que verificaram C^* de 19,04 nos feijões controle de seu experimento. Em feijões do grupo vermelho, armazenados sob refrigeração por Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009), não foi verificada alteração nesse parâmetro, mantendo a cor por 120 dias.

Para o ângulo de coloração (H^*) (Tabela 3) foi verificada interação entre os fatores, houve diminuição significativa quando os feijões foram armazenados na temperatura ambiente, sendo cv Estilo, Notável, Pérola e Tangará os cultivares que tiveram maiores variações, com 60,8, 60,0, 60,9 e 61,3, respectivamente. Os grãos de todos os cultivares apresentaram redução desse parâmetro. Campos Gerais (71,6), com valores maiores, diferiu dos demais, porém, quando recém-colhido e armazenado sob refrigeração e em condições ambientais foi igual ao Curió. Os feijões recém-colhidos apresentaram valores entre 64,5 e 71,6, os refrigerados entre 63,6 e 70,9 e os armazenados em condições ambientais entre 60,0 e 64,0. Esse parâmetro indica a tonalidade e define a cor básica do exemplar (GRANATO; MASSON, 2010).

A esfericidade dos grãos crus (Tabela 3) não foi alterada com o armazenamento. Os grãos dos cv Campos Gerais e Notável apresentaram dimensões significativamente iguais e superiores às demais, aproximando-se ao formato de esferas. Apesar de terem maior dimensão esses cultivares não apresentaram as maiores massas, indicando moderada ou baixa correlação entre essas variáveis. Os valores do coeficiente de correlação foram de

0,54 para os feijões recém-colhidos, 0,12 nos refrigerados e 0,47 para os feijões armazenados em condições ambientais.

Após serem submetidos ao processo de embebição, verificou-se que as dimensões dos feijões armazenados (Tabela 3) em condições ambientais foram significativamente inferiores aos recém-colhidos e refrigerados, o que sugere que absorveram menos água e apresentaram esfericidade reduzida. Os grãos dos cultivares Campos Gerais e Notável mantiveram maiores valores médios para essa variável, isso em virtude de também serem descritas como os grãos crus de maior esfericidade (Tabela 3).

Interpretando os dados das características tecnológicas dos feijões orgânicos testados, observou-se que não houve interação significativa entre os cultivares e as formas de armazenamento para a textura do grão embebido, capacidade de hidratação e tempo de cocção. Na Tabela 4, estão apresentados os valores da dureza dos feijões embebidos e cozidos, sendo o último representado pelo desdobramento da interação significativa.

Não foi verificada diferença estatística entre as formas de armazenamento na textura dos grãos embebidos (Tabela 4). A dureza dos cultivares variou entre 14,82 e 17,27 N.grão⁻¹, ocorrendo diferença significativa entre elas. O cultivar Imperador apresentou maior maciez entre os feijões testados com dureza estimada em 14,82 N.grão⁻¹. Os resultados evidenciados por Ávila et al. (2015) indicam que o aumento da textura em grãos armazenados em condições ambientais ocorrem após 12 meses, em feijões caupi. Segundo Khanal et al. (2015), pela análise da textura pode-se aferir a dureza média de feijões e determinar sua maciez ou firmeza.

Segundo Siqueira et al. (2014), a praticidade e agilidade do método de análise da textura, permite quantificar números significativos de amostras em pouco tempo, por isso, sendo gradativamente utilizado para a verificação do endurecimento em feijões (NASAR-ABBAS et al., 2008; SAHA et al., 2009), especialmente para definir os parâmetros de qualidade, levando em consideração a força máxima de compressão e a dureza (COELHO et al., 2009; SIQUEIRA, et al. 2014). O feijão carioca foi relatado por Coelho et al. (2009) como mais susceptível ao endurecimento que o feijão preto, caracterizado pelo aparecimento do HTC e verificando aumento da dureza dos grãos com o tempo de armazenamento.

Após a cocção foi realizada a análise da textura (Tabela 4) e verificou-se que os grãos dos cv Andorinha, Curió, Estilo, Pérola e Tangará tiveram sua maciez diminuída com o armazenamento em condições ambientais, no entanto, o cv Estilo também se mostrou susceptível ao resfriamento dos grãos. Já os feijões de Campos Gerais, Imperador e Notável não apresentaram alteração nesse parâmetro com os tipos de armazenamento testados. Os resultados estão de acordo com Coelho et al. (2009), que observaram aumento da dureza com o armazenamento de 12 meses para IAPAR 81 e, parcialmente, com

Siqueira et al. (2014) que verificaram aumento em quatro dos seis feijões testados, após dois meses, porém o cv Pérola não apresentou alteração de dureza.

Tabela 4 Valores médios da textura dos feijões embebidos e cozidos, de oito cultivares orgânicos, avaliados recém-colhidos e armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas por 180 dias

Cultivares	Forma de armazenamento			Média
	Recém-colhido	Refrigerado	Ambiente	
Textura do grão embebido (N.grão⁻¹)				
IAPAR Andorinha	15,48	14,96	15,57	15,34d
IAPAR Campos Gerais	15,83	15,41	15,07	15,43d
IAPAR Curió	16,82	16,93	16,61	16,79b
BRS Estilo	16,61	16,24	15,32	16,05c
IAC Imperador	15,12	15,24	14,11	14,82e
BRS Notável	16,78	16,14	16,52	16,48c
BRS Pérola	17,34	17,38	17,10	17,27a
IAPAR Tangará	16,10	16,87	17,10	16,69b
Média	16,26A	16,15A	15,92A	CV 3,42%
Textura do grão cozido (N.grão⁻¹)				
IAPAR Andorinha	5,04aB	4,66bB	6,97aA	5,56
IAPAR Campos Gerais	4,39aA	5,18aA	4,64cA	4,73
IAPAR Curió	4,10aB	4,45bB	6,04bA	4,86
BRS Estilo	3,59aB	4,22bA	4,76cA	4,19
IAC Imperador	4,38aA	5,21aA	4,93cA	4,84
BRS Notável	4,58aA	5,47aA	5,03cA	5,03
BRS Pérola	4,89aB	4,34bB	5,70bA	4,98
IAPAR Tangará	4,11aB	4,41bB	5,27cA	4,60
Média	4,38	4,74	5,42	1,51%

Notas: Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade.

No comparativo entre os cultivares, não foi verificada diferença entre os grãos recém-colhidos. Porém, quando refrigerados, os grãos dos cultivares Campos Gerais, Imperador e Notável apresentaram significativamente maior dureza e Andorinha apresentou maiores valores de textura após o armazenamento em condições ambientais.

Siqueira et al. (2014) verificaram dureza dos feijões cozidos recém-colhidos variando entre 1,8 a 10,5 N. Relataram, também, valores maiores (10,5 e 5,2 N) que os observados no presente estudo: 3,59 e 4,89 N.grão⁻¹, para os cv BRS Estilo e Pérola, respectivamente. Para Dalla Corte et al. (2003), as características genéticas dos grãos ou a interação entre os fatores ambientais e genéticos podem resultar em diferenças na dureza entre os cultivares. Para Zamindar et al. (2013), o processo de cozimento diminui a dureza pela decomposição das substâncias pécicas e enfraquecimento da ligação entre as células.

Conforme proposto por Proctor e Watts (1987), os feijões apresentam níveis de resistência ao cozimento em função do tempo em minutos. Abaixo de 16 são considerados muito suscetíveis; de 16 – 20 com suscetibilidade média; de 21 – 28 com resistência normal; de 29 – 32 com resistência média; de 33 – 36 são resistentes e acima 36 são muito resistentes. Considerando o tempo de cocção (Figura 1) em minutos, dos feijões recém-colhidos pode-se classificar os cv Andorinha (15,55) e Estilo (14,32) como muito suscetíveis,

Campos Gerais (17,11), Curió (19,26), Imperador (20,02) e Pérola (19,28) com suscetibilidade média e Notável (22,25) e Tangará (21,36) com resistência normal.

Os grãos armazenados aumentaram o tempo de cocção (TC) (Figura 1), em relação aos recém-colhidos. Quando em temperatura ambiente, apresentaram aumento de tempo significativo no processo de cocção, em média, 12 minutos. Embora os feijões refrigerados tenham apresentado aumento dessa variável, ainda assim, mantiveram-se mais próximos aos feijões “novos”, com aumento médio de 2 minutos no tempo de cozimento.

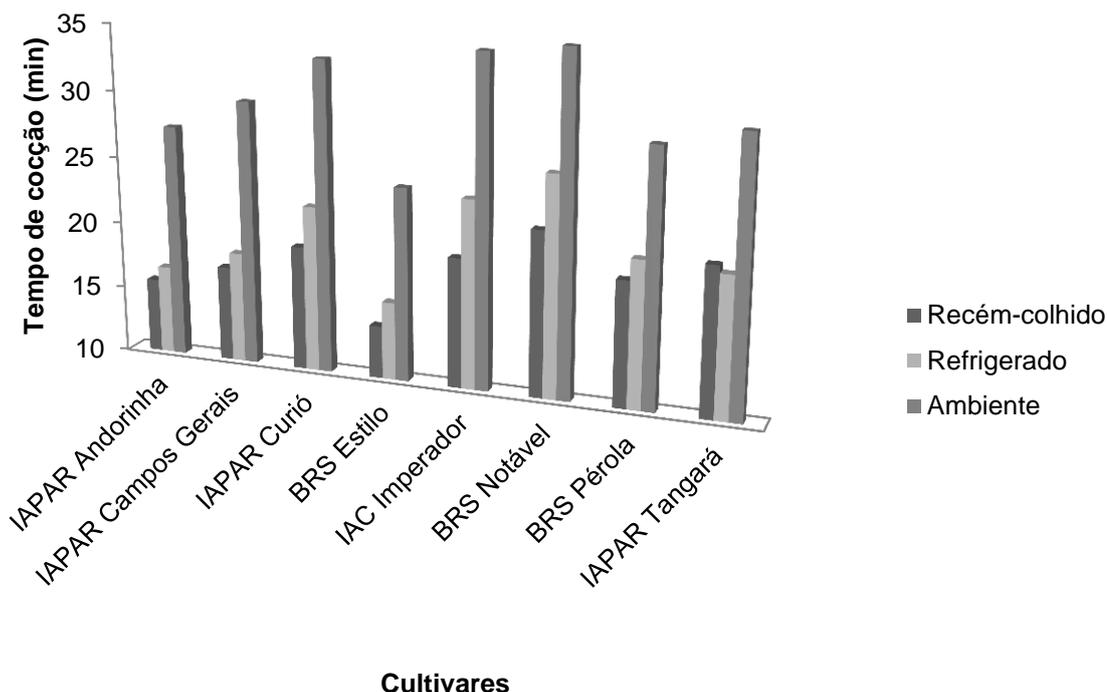


Figura 1 Tempo de cocção de oito cultivares de feijão carioca orgânicos, avaliados recém-colhidos e depois de 180 dias armazenados em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas.

Oliveira et al. (2011) relataram que o TC de cinco dos cultivares por eles estudados foi mantido com a refrigeração por 6 meses, apenas o cultivar Pérola aumentou esse parâmetro. Morais et al. (2010) não observaram aumento do TC nos feijões refrigerados e Arruda et al. (2012) verificaram aumento de 5 minutos no TC, após 12 meses de armazenamento em congelador, equivalente aos apresentados neste trabalho. Diversos estudos indicam o armazenamento em baixa temperatura como forma de preservar a qualidade dos grãos, entre eles: Rigueira, Lacerda Filho e Volk (2009), Morais et al. (2010) e Arruda et al. (2012).

A temperatura é um dos fatores mais significativos na conservação de grãos armazenados. Tendo-se em vista a velocidade das reações químicas, a utilização do resfriamento é uma técnica efetiva e econômica na preservação da qualidade, uma vez que reduzem a atividade da água e a taxa respiratória dos grãos, logo delonga a propagação de

insetos e da microflora presente (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009). Os referidos autores verificaram aumento no TC em 3 minutos e destacaram que essa diferença não é suficiente para alegar o endurecimento de feijão.

O aumento do tempo de cocção em função das condições ambientais de armazenamento foi descrito por Coelho et al. (2009) para IAPAR 81 aumento de 8 vezes, durante 12 meses; por Delfino e Caniatti-Brazaca, (2010) para BRS Pérola, perceptível até o terceiro mês de experimento; por Morais et al. (2010) para o mesmo cultivar; Arruda et al. (2012) para IPR Juriti; por Siqueira et al. (2014) em seis cultivares do grupo carioca e Vanier et al. (2014) para Pérola. Resultados que concordam com as observações aqui apresentadas, de acréscimo no tempo de cocção, após armazenamento, nas mesmas condições.

Os grãos do cv Estilo apresentaram menor tempo médio para realização do processo de cocção, significativamente inferior às demais. Fato desejável, pois permite menor tempo necessário para o preparo desse alimento. Condições inadequadas de armazenamento (alta temperatura e umidade relativa) favorecem o endurecimento dos grãos, levando ao defeito *hard-to-cook* (HTC) ou difícil de cozinhar (COELHO et al., 2009, 2013; BETANCUR-ANCONA, 2014). Grãos com esse defeito perdem valor nutricional, pois demandam mais tempo para adquirir a textura desejada (COELHO et al., 1997; BETANCUR-ANCONA, 2014; ÁVILA et al., 2015).

Tempos de cocção superiores em feijão carioca foram reportados por Morais et al. (2010), de 30 a 90 min para o cv Pérola, Lopes (2011) com média de 39 min nos 60 genótipos pesquisados e por Schoeninger et al. (2013) e Mariotto-Cezar et al. (2013) com 42 e 30 min para o controle de IAPAR 81. Indicando grãos mais resistentes ao amaciamento quando comparados aos resultados deste trabalho.

A seleção de linhagens com potencial tecnológico leva em consideração o tempo de cocção, no entanto é importante salientar que podem ocorrer variações para o mesmo cultivar decorrente de práticas culturais, época e local de cultivo, bem como tempo e condições de armazenamento (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003; ZAMINDAR et al., 2013). A diferença genotípica demonstrou pouca influência sobre o tempo de cocção, ao longo do armazenamento, dos feijões estudados por Bertoldo et al. (2009) e Arruda et al. (2012), indicando que essa variável é afetada pela interação com o meio ambiente. Para Coimbra et al. (2009), o melhoramento genético dos cultivares pode estar provocando redução na base genética e, assim, similaridade das características fenotípicas.

A capacidade de hidratação (CH) (Figura 2) dos feijões aumentou quando estes foram submetidos ao armazenamento em condições ambientais (106,09%), enquanto que aqueles que foram mantidos refrigerados (101,62%) mantiveram a taxa semelhante aos grãos recém-colhidos (100,75%). Silochi et al. (2016) também observaram elevação dessa

variável, aos 180 dias de armazenamento em condições ambientais não controladas, com média de 100,57%.

Entre os cultivares, os grãos de Pérola e Tangará apresentaram valores médios significativamente maiores: 105,9 e 104,27%, respectivamente, enquanto Curió apresentou menor porcentagem (99,41%) dessa variável. No estudo de Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), os feijões do cv Pérola apresentaram 130% de CH inicial e 110% após 180 dias, valores maiores que os descritos neste trabalho. Segundo os referidos autores, a oxidação dos taninos durante o armazenamento pode contribuir com a diminuição da CH, pela restrição da mobilidade da água, acarretando no *hard shell*.

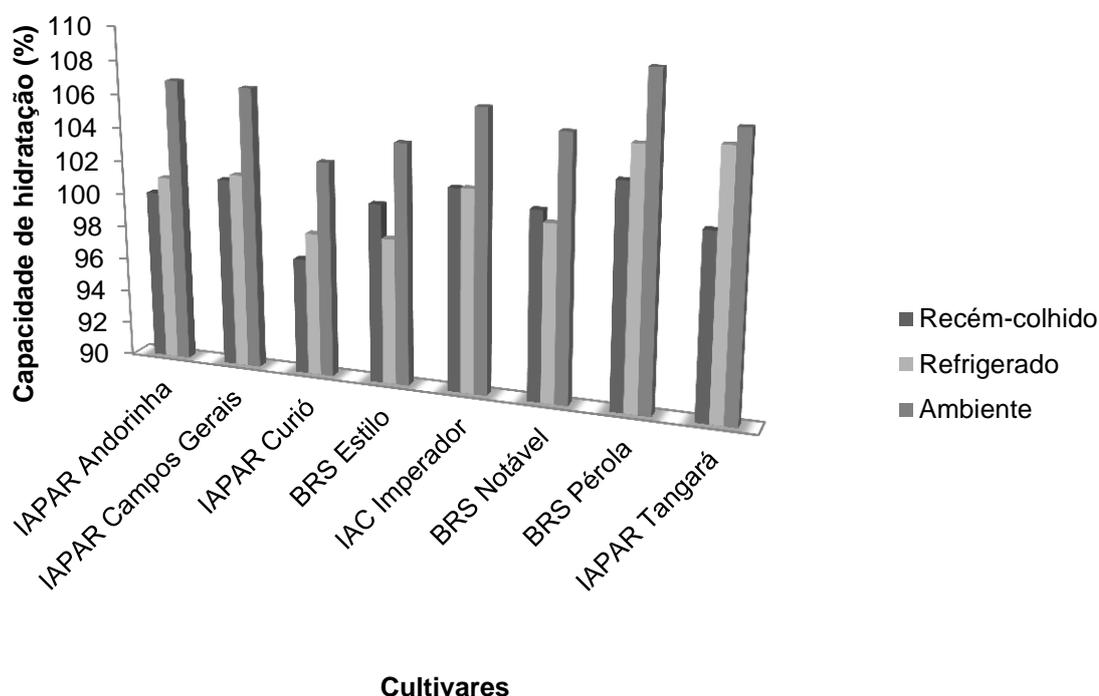


Figura 2 Capacidade de hidratação de oito cultivares de feijão carioca orgânicos, avaliados recém-colhidos e depois de 180 dias de armazenamento, em temperatura refrigerada e em condições ambientais não controladas.

Em geral, a diminuição do tempo de cocção é atribuída à capacidade de hidratação dos feijões, logo quanto maior é a CH menor o TC. Esse fato não foi verificado neste experimento, visto que os feijões armazenados em condições ambientais apresentaram maior hidratação e valores elevados de TC. A falta de associação linear entre essas variáveis foi comprovada pela análise de correlação que indicou R de -0,13 (Apêndice C), não sendo significativa.

Resultados similares foram descritos por Carbonell, Carvalho e Pereira (2003) e Lopes (2011), ambos relataram que a CH não influenciou na redução do TC em feijões. Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) constataram relação inversamente proporcional entre

essas variáveis. A relação negativa significativa entre esses parâmetros foi descrita por Bordin et al. (2010) ao avaliarem 22 genótipos de feijão (18 crioulos e 4 comerciais) e Schoeninger et al. (2014) que verificaram que o aumento da hidratação, maior que 80%, resulta em menor tempo de cozimento.

4 CONCLUSÕES

Considerando os objetivos propostos e os resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

- o armazenamento refrigerado preservou a qualidade nutricional, física e tecnológica, aumentou a capacidade antioxidante e manteve a maior quantidade de ferro dos feijões carioca orgânico.

- o armazenamento em condições ambientais não controladas diminuiu os nutrientes Ca e Ferro e elevou o tempo de cocção e a textura dos feijões, interferindo na qualidade nutricional, física e tecnológica dos cultivares testados.

- os grãos do cultivar IAPAR Campos Gerais foram os que melhor preservaram a qualidade nutricional, física e tecnológica após o armazenamento de 180 dias.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 2, n. 41, p. 253-258, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. Gaithersburg, Unit States. 16. ed. Arlington, 1995. 200 p.

ARBOS, K. A.; VILLAS-BOAS, L. B.; SANTOS, C. A. M.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Influência de diferentes técnicas de cultivo sobre o potencial antioxidante de crucíferas. **Alimentos e Nutrição** Araraquara, v. 15, n. 1, p. 55-61, 2008.

ARRUDA, B.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M.; BATTILANA, J. Environment is crucial to the cooking time of beans. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 573-578, 2012.

ÁVILA, B. P.; SANTOS, M. S.; NICOLETTI, A. M.; ALVES, G. D.; ELIAS, M. C.; MONKS, J.; GULARTE, M. A. Impact of different salts in soaking water on the cooking time, texture and

- physical parameters of cowpeas. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 70, n. 4, p. 463-469, 2015.
- BARRIOS, L. L.; RICARDO, M. A.; URIBE, J. A. G. Changes in antioxidant and anti-inflammatory activity of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolates due to germination and enzymatic digestion. **Food Chemistry**, Barking, v. 203, p. 417-424, 2016.
- BASSINELLO, P. Z. **Qualidade dos grãos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_2_28102004161635.html Acesso em: 25 jul. 2016.
- BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, R. D. B.; SOUZA, M. V.; LOPES, M. V. Effect of processing on oxalate and tannin levels in maxine (*Cucumis anguria* L.), eggplant (*Solanum gilo*), green bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and guandu bean (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 321-327, 2013.
- BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; ROCHA, F. Tempo de cocção de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 39-47, 2009.
- BETANCUR-ANCONA, D.; SOSA-ESPINOZA, T.; RUIZ-RUIZ, J.; SEGURA-CAMPOS, M.; CHEL-GUERRERO, L. Enzymatic hydrolysis of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein concentrates and its effects on biological and functional properties. **International Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 49, p. 2-8, 2014.
- BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 890-896, 2010.
- BRACKMANN, A.; NEUWALD, D. A.; RIBEIRO, N. D.; FREITAS, S. T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER ME, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Tech**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.
- CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Inheritance of condensed tannin content and relationship with seed color and pattern genes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Easton, v. 119, p 131-142, 2009.
- CARBONELL, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARDADOR-MARTINEZ, A.; LOARCA-PINÃ, G.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 24, p. 6975-6980, 2002.

CARMO, M. C. L.; ALCÂNTARA, B. K.; ALENCAR, S. M.; BEZERRA, R. M. N. Influência das técnicas de cultivo na atividade antioxidante de romã. **Multi-Science Journal**, Urutaí - GO, v. 1, n. 4, p. 3-6, 2016. Comunicado breve.

CARNEIRO, G. E. S.; SOARES, D. M.; COSTA, J. G. C. **Resultados do ensaio sul-brasileiro de avaliação de linhagens de feijão nos anos 1997/98 e 1998/99**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 77 p. (Documentos, 102). Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20001207877>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

CEVALLOS-CASALS, B. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweet potato. **Journal Agricultural Food Chemical**, v. 51, n.11, p. 3313–3319, 2003.

COELHO, S. R. M.; PRUDÊNCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p 2, p. 539-544, 2009.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C.; SCHOENINGER, V. Physical-chemical properties of common beans under natural and accelerated storage conditions. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 40, n. 3, p. 637-644, 2013.

COIMBRA, J. L. M.; BERTOLDO, J. G.; ELIAS, H. T.; HEMP, S.; VALE, N. M.; TOALDO, F. R.; BARILI, L. D.; GARCIA, S. H.; GUIDOLIN, A. F.; KOPP, M. M. Mineração da interação genótipo x ambiente em *Phaseolus vulgaris* L. para o Estado de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 355-363, 2009.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breed Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, p. 193-202, 2003.

DELFINO, R. A.; CANITTI-BRAZACA. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanin's in common bean seed coats. **Food Research International**, Easton, v. 43, p. 595-601, 2010.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística da UFOP**, Ouro Preto, v. 1, n. 1, p. 1-9. 2011.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.

HORNER, H. T.; CERVANTES-MARTINEZ, T.; HEALY, R.; REDDY, M.B.; DEARDORFF, B.L.; BAILEY T. B.; AL-WAHSH, I.; MASSEY, L.K.; PALMER, R.G. Oxalate and Phytate Concentrations in Seeds of Soybean Cultivars [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 7870-7877, 2005.

HORWITZ, W. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 18 th Ed. 2005. Current through Revision 3, Gaithersburg, Maryland, AOAC, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IAL, 2008.

JENG, T. L.; SHIH, Y. J.; LAI, C. C.; WUA, M. T.; SUNG, J. M. Anti-oxidative characterization of NaN₃-induced common bean mutants. **Food Chemistry**, Barking, v. 119, p. 1006-1011, 2010.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 9-18, 2013.

KHANAL, R.; BURT, A. J.; WOODROW, L.; BALASUBRAMANIAN, P.; NAVABI, A. Genotypic association of parameters commonly used to predict canning quality of dry bean. **Crops Science**, Madison, v. 54, p. 2564-2573, 2015.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LEAHU, A.; ROSU, A. I. Effect of soaking on the cooking quality and color parameters of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Faculty of Food Engineering**, Easton, v. 13, p. 244-251, 2014.

LEAL, A. S.; GONÇALVES, C. G.; VIEIRA, I. F. R.; CUNHA, M. R. R.; GOMES, T. C. B.; MARQUES, F. R. Avaliação da concentração de minerais e dos fatores antinutricionais fitato e oxalato em multimisturas da região metropolitana de Belo Horizonte/MG. **Revista Nutrire**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 39-52, 2010.

LOPES, R. L. T. Características tecnológicas de genótipos de feijoeiro em razão de épocas de cultivo e períodos de armazenamento. 2011. 77 f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico - IAC, Campinas, 2011.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Rockville, v. 79, p. 727-747, 2004.

MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N.; SHARMA, A. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 49, n. 9, p. 2005-2011, 2011.

MARATHE, S. A.; DESHPANDE, R.; KHAMESRA, G. I.; JAMDAR, S. N. Effect of radiation processing on nutritional, functional, sensory and antioxidant properties of red kidney beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Easton, v. 125, p. 1-8, 2016.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES, Londrina, 2015. 659p.

MARIOTTO-CEZAR, T. C.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SCHOENINGER, V.; ALMEIDA, A. J. B. Nutritional and antinutritional factors during the storage process of common bean. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 11, n. 1, p. 268-272, 2013.

- MCGEE, H. **Comida e cozinha: ciência e cultura da culinária**. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. 2. ed. São Paulo: Editora WMF; Martins Fontes, 2014. p. 977.
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach science publishers Inc., 1986. 734 p
- MORAIS, P. P. P.; VALENTINI, G.; GUIDOLIN, A. F.; BALDISSERA, J. N. C.; COIMBRA, J. L. M. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41 n. 4. p. 593-598, 2010.
- NASAR-ABBAS, S. M.; PUMMER, J. A.; SIDDIQUE, K. H. M.; WHITE, P.; HARRIS, D.; DODS, K. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role lignin's and other phenolics in bean hardening. **LWT. Food Science and Technology**, Easton, v. 41, p. 1260-1267, 2008.
- NYAKUNI, G.A.; KIKAFUNDA, J.K.; MUYONGA, J.H.; KYAMUHANGIRE, W.M.; NAKINKUGWE, D.; UGEN, M. Chemical and nutritional changes associated with the development of the hard-to cook defect in common beans. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, London, v. 59, n. 7, p. 652-659, 2008.
- NGOH, Y.; GAN, C. Enzyme-assisted extraction and identification of antioxidative and α -amylase inhibitory peptides from Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Pinto). **Food Chemistry**, Barking, v. 190, p. 331–337, 2016.
- OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; LONDERO, P. M. G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, 2008.
- OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.
- OOMAH, B. D.; CORBÉ, A.; BALASUBRAMANIAN, P. Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, p. 8225-8230, 2010.
- OOMAH, B.D.; LUC, G.; LEPRELLE, C.; DROVER, J.C. G.; HARRISON, J.E.; OLSON, M. Phenolics, phytic acid, and phytase in Canadian-grown low-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 3763-3771, 2011.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, Easton, v. 39, p. 791-800, 2006.
- PROLLA, I.R.D.; BARBOSA, R.G.; VEECK, A.P. L.; AUGUSTI, P.R.; SILVA, L.P.; RIBEIRO, N.D.; EMANUELLI, T. Cultivar, harvest year, and storage conditions affecting nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 96-102, 2010.
- PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. A.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 200-213, 2008.

RANILLA, L. G.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Effect of different cooking conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of some selected Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 5734-5742, 2009.

REYES, L. F., VILLARREAL, J. E., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemical**, Easton, v. 101, p. 1254–1262, 2007.

RETAMIRO, W.; SILVA, J. L. G. D.; VIEIRA, E. T. **A sustentabilidade na cadeia produtiva do algodão orgânico**. Latin American Journal of Business Management, Taubaté, SP, v. 4, n. 1, p. 25-43, jan.-jun. 2013.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; POERSCH, N. L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2042-2045, 2008.

RIBEIRO, N. D.; MAMBRIN, R. B.; STORCK, L.; PRIGOL, M; NOGUEIRA, C. W. Combined selection for grain yield, cooking quality and minerals in the common bean. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, n. 4, p. 869-877, 2013.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Evaluation of the quality beans stored in a refrigerated environment. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, 2009.

ROCHA-GUZMÁN, N. E.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; IBARRA-PÉREZ, F. J.; NAVA-BERÚMEN, C.A.; GALLEGOS-INFANTE, J. A Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, p. 31-35, 2007.

SAHA, S.; SINGH, G.; MAHAJAN, V.; GUPTA, H. S. Variability of nutritional and cooking quality in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a function of genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 64, p. 174-180, 2009.

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.

SILOCHI, R. M. H Q.; COELHO, S. R. M.; BISCHOFF, T. Z.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V. DO; BASSINELLO, P. Z. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 24, p. 2102-2111, 2016.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of comun bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, A.; PEREIRA, T.; COELHO, C. M. M.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 147-152, 2011.

SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 339-346, 2013.

SIQUEIRA, B. S.; PEREIRA, W. J.; BATISTA, K. A.; OOMAH, D. B.; FERNANDES, K. F.; BASSINELLO, P. Z. Influence of storage on darkening and hardening of slow – and regular – carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 2166-0369, 2014.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C.; ALMEIDA, A. J. B. de. Pre-processing of aged carioca beans: Soaking effect in sodium salts in the cooking and nutrition quality. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 11, n. 1, p. 184-189, 2013.

SCHOENINGER, V.; COELHO, S. R. M.; CHRIST, D.; SAMPAIO, S. C. Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time. **Food Science and Technology**, Easton, v. 56, p. 49-57, 2014.

TORREZAN, R.; FRAZIER, R. A.; CRISTIANINI, M. Efeito do tratamento sob alta pressão isostática sobre os teores de fitato e inibidor de tripsina de soja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 179-86, 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela brasileira de composição dos alimentos**: TACO. Versão 4. Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco>. Acesso em: 12 nov. 2016.

VANIER, N. L.; RUPOLLO, G.; PARAGINSKI, R. T.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of nitrogen-modified atmosphere storage on physical, chemical and technological properties of Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 20, p. 10-20, 2014.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Eds.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 4-26.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 4754-4764, 2009.

WANG, S. Y.; CHEN, C.T.; SCIARAPPA, W.; WANG, C. Y.; CAMP, M. J. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 14, p. 5788-5794, 2008.

WANG, K.; LIU, F.; LIU, Z.; HUANG, J.; XU, Z.; LI Y. CHEN, J.; GONG, Y.; YANG, X.. Analysis of chemical components in oolong tea in relation to perceived quality. **International Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 45, p. 913-920, 2010.

WANG, S.; MECKLING, K. A.; MARCONE, M. F.; KAKUDA, Y.; TSAO, R. Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 960-968, 2011.

WARAHO, T.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 1, p. 3-13, 2011.

ZAMINDAR, N.; BAGHEKHANDAN, M. S.; NASIRPOUR, A.; SHEIKHZEINODDIN, M. Effect of line, soaking and cooking time on water absorption, texture and splitting of red kidney beans. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 50, n. 1, p. 108 -114, 2013.

ZUO, Y.; ZHANG, E. Iron and zinc biofortification strategies in dicot plants by intercropping with gramineous species: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 29, n. 1, p. 63-71, 2009.

ARTIGO 3 ANÁLISE MULTIVARIADA NA COMPARAÇÃO DE ATRIBUTOS NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICOS DE GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA ORGÂNICO E CONVENCIONAL ARMAZENADOS

RESUMO

Os atributos nutricionais e tecnológicos conferem a qualidade dos feijões e são baseados em um conjunto de variáveis. O uso da análise das componentes principais (APC) e de agrupamento (*Cluster*) contribuem para a diminuição do número de dados apresentados, melhorando a interpretação dos dados originais. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi usar técnicas multivariadas para determinar as variáveis que mais influenciam na qualidade dos feijões e verificar as semelhanças entre as formas de conservação e modo de produção dos feijões carioca. Foram empregados os dados de proteínas, ácido fítico, taninos, capacidade antioxidante, teores de cálcio, ferro e fósforo, componentes de cor (C^* , H^* e L^*), teor de água, massa de grãos, capacidade de hidratação, tempo de cocção, textura dos feijões cozidos e embebidos de oito cultivares de feijões orgânico e convencional, recém-colhidos, armazenados sob refrigeração e em condições ambientais, foram utilizados nas análises de APC e o *Cluster*. Com o uso da APC foram definidas as variáveis que mais influenciaram a qualidade dos feijões sendo elas proteínas, cálcio, fósforo, ácido fítico, taninos, a capacidade de hidratação e antioxidante, o tempo de cocção, a massa dos grãos e ângulo de coloração (H^*). A utilização do *Cluster* possibilitou classificar os cultivares em grupos e verificar que o armazenamento refrigerado foi eficaz na manutenção da qualidade, além disso, essa técnica mostrou a semelhança entre os feijões orgânicos e convencionais pertencentes ao mesmo cultivar.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L, análise de componentes principais, agrupamento, qualidade tecnológica

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é muito consumido na dieta de muitas populações e supre boa parte de suas necessidades nutricionais essenciais (BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011; SILVA et al., 2014). Em 2016, a produção total do feijão carioca no Brasil foi de 1.687 mil toneladas, com estimativa de produção para a safra de 2016/2017 de 2.032 mil toneladas, aumento de 10,6% na área plantada (CONAB, 2017).

A mudança dos hábitos alimentares, impulsionada pela busca da saúde, reflete no aumento do consumo de alimentos orgânicos. Na produção orgânica não é permitido o uso de fertilizantes sintéticos solúveis, agrotóxicos e sementes transgênicas, além de ser baseada em princípios agroecológicos que contemplam o uso saudável e responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, de modo a reduzir as formas de contaminação e desperdício desses elementos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (LOPES et al., 2011; STEFANO, 2013).

A esses produtos são atribuídas características de superioridade nutricional, mas existem muitas dúvidas sobre a melhor composição nutritiva dos orgânicos em relação aos convencionais, pois são poucos os estudos científicos que demonstram essa vantagem. Nesse sentido, o aumento da demanda por esses produtos exige a realização de pesquisas que confirmem a sua excelência como fontes alimentares (FERREIRA et al., 2010; MARTINS et al., 2010; SILVA; COELHO JR; SANTOS, 2012; STEFANO, 2013).

Outro fator a ser investigado é a manutenção da qualidade dos feijões, que pode ser determinada por suas características tecnológicas e nutricionais, pois elas determinam a aceitabilidade do consumidor. Os atributos mais avaliados incluem cor, teor de água, tamanho, capacidade de hidratação e textura que estão relacionados ao tempo de cocção e à composição nutricional, como os minerais (VANIER et al., 2014).

No entanto, essa quantidade de fatores, muitas vezes, pode interferir na avaliação dos resultados. Sendo assim, o uso de técnicas que facilitem a interpretação dos resultados é importante. A fim de verificar a relação entre os cultivares, baseada em variáveis testadas, podem ser utilizados os testes estatísticos de análise de componentes principais (APC) e análise de agrupamento (*Cluster*).

A análise de componentes principais (APC) é uma técnica estatística que permite modificar as variáveis originais em combinações lineares não correlacionadas, a fim de reduzi-las e revelar relações estatisticamente privilegiadas. Por meio dela, é possível identificar os parâmetros que melhor explicam as componentes formadas. A análise de agrupamento (*Cluster*) se baseia na formação de grupos de indivíduos similares, com base em critérios pré-determinados. Podem ser utilizados critérios de similaridade e determinar a maior semelhança entre indivíduos ou, ainda, medidas de dissimilaridade, que se baseiam

no cálculo das distâncias, em que, quanto menor a distância mais parecidos são os indivíduos (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Técnicas estatísticas multivariadas têm sido utilizadas em diversas pesquisas com feijoeiro, especialmente o entendimento da variabilidade genética obtida por meio da avaliação de descritores morfoagronômicos (SINGH et al., 1991; FONSECA; SILVA, 1999; FERRÃO et al., 2002; MACHADO et al., 2002; BERTINI et al., 2010; CABRAL et al., 2011; GONÇALVES et al., 2014; ANDRADE et al., 2016; GONÇALVES et al., 2016; SEBIM et al., 2016).

A qualidade do feijão pode ser caracterizada pelos atributos nutricionais e tecnológicos, definidos por um conjunto de fatores. Sendo assim, determinar quais as variáveis que mais explicam a qualidade final dos grãos é uma importante forma de classificar cultivares promissores e, além disso, verificar as variáveis que mais contribuíram para diferenciá-los quanto à sua forma de conservação e cultivo. Nessa busca, o objetivo desta pesquisa foi determinar as variáveis que mais influenciam na qualidade dos feijões, identificando os cultivares que apresentam menor alteração durante o armazenamento e, ainda, verificar semelhanças entre as formas de conservação e o modo de produção dos feijões carioca, por meio de técnicas estatísticas multivariadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de avaliação nutricional e tecnológica de oito cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), da classe comercial carioca, produzidos em sistema orgânico (Org) e convencional (Conv). Os cultivares (cv) IAPAR Andorinha, IAPAR Campos Gerais, IAPAR Curió, BRS Estilo, IAC Imperador, BRS Notável, BRS Pérola e IAPAR Tangará foram avaliados recém-colhidos (RC) e após 180 dias de armazenamento em condições refrigeradas (10 °C) (R) e ambientais não controladas (A).

2.1 Variáveis nutricionais avaliadas

Foi realizada a quantificação das proteínas pelo método de micro-Kjedahl, com fator de correção 6,25 utilizado para converter nitrogênio em proteína (IAL, 2008). Os minerais cálcio (Ca), ferro (Fe) foram quantificados (Ca e Fe) por leitura direta em espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e a determinação do P foi feita

em espectrofotômetro (Marca Femto, modelo 700 Plus), após extração nitroperclórica (AOAC, 1995).

O conteúdo de ácido fítico (fitatos) foi determinado conforme metodologia proposta por Latta e Eskin (1980), com modificação da coluna para DOWEX®. Os compostos fenólicos (taninos) foram determinados pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (HORWITZ). O método fotométrico de sequestro de radicais livres (DPPH - 2,2 difenil-1-picrilhidrazil) foi utilizado para verificar a capacidade antioxidante (DPPH) (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995), com utilização de curva padrão de Trolox (6 - hidroxil - 2,5,7,8 -tetrametilcromano - 2 - ácido carboxílico) para expressão dos resultados (REYES; VILLARREAL; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007).

2.2 Variáveis tecnológicas avaliadas

A massa de 100 grãos e a porcentagem do teor de água foram determinadas pelo método padrão de estufa e seguiram os critérios estabelecidos pelas *Regras para Análise de Sementes*, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). Os parâmetros de cor foram aferidos por leitura direta dos feijões, em colorímetro Konica Minolta®, modelo CR410, com abertura de 50 mm. Foram avaliados os valores de luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo de coloração (H^*) (GRANATO; MASSON, 2010).

Conforme proposto por Coelho et al. (2009), a dureza dos feijões embebidos e cozidos foi mensurada em aparelho texturômetro Stable Micro-System (Modelo TAX.T.plus), com força de compressão de 0,05 N, a uma velocidade constante de $2,0 \text{ mm.s}^{-1}$. O tempo de cocção foi determinado com uso do Cozedor de Mattson modificado (PROCTOR; WATTS, 1987) e a capacidade de hidratação (CH) foi calculada pela diferença da massa antes e após o processo de embebição dos feijões (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

2.3 Procedimento estatístico

Os dados foram submetidos à análise de correlação entre as variáveis em cada forma de armazenamento e no conjunto dessas formas no programa R, versão 3. 2. 5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016), para verificar a associação linear significativa que justificasse o uso das técnicas multivariadas. Para os procedimentos estatísticos

multivariados foram utilizadas as médias gerais de cada um dos oito cultivares (orgânicos e convencionais), formadas por três repetições experimentais. Foram investigados, com o uso da análise de componentes principais (PC), realizada com base na matriz de correlação entre as variáveis nutricionais e tecnológicas, de modo a formar novas combinações de variáveis que explicassem a variabilidade dos dados originais, atribuindo novos valores aos parâmetros, em relação aos componentes principais. A análise de agrupamento foi feita, utilizando-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade e o método aglomerativo da ligação simples ou do vizinho mais próximo (*Single linkage*). O resultado foi apresentado em gráfico conhecido como dendrograma que auxilia na identificação dos agrupamentos dos feijões mais similares. A quantidade de grupos foi definida por um ponto de corte na maior distância de junção, essas análises foram realizadas no programa R, versão 3.2.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para explicar a razão entre as variáveis relacionadas à qualidade, foi utilizada a técnica de análise de componentes principais, na qual as componentes principais (PC) são as novas variáveis formadas por transformações matemáticas e cada PC é uma combinação linear integral das originais. Os resultados são apresentados nas figuras 1, 2, 3 e 4.

O uso apropriado da APC foi avaliado pelo teste de esfericidade de Bartlett, que tem como estatística de teste a distribuição de Qui-quadrado e verifica a hipótese das variáveis não serem correlacionadas. Os resultados deste teste para as APC realizadas apresentaram p-valor menor que 0,05, logo considera-se que as variáveis apresentam correlação.

Outra forma de verificar a pertinência do uso dessa técnica é pela análise do fator de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que mede a adequação pela comparação de correlações simples entre as variáveis. Seu valor varia de 0 a 1 e os maiores índices indicam o uso adequado do teste. Foi observado o índice KMO de 0,5 para os feijões recém-colhidos, refrigerados e armazenados em condições ambientais e de 0,71 para a combinação das formas de armazenamento indicando que a análise é apropriada.

Conforme sugerido por Manly (2008), os PC devem explicar pelo menos 70% da variabilidade total. Para a avaliação das formas de armazenamento de forma individual (recém-colhido, refrigerado e condições ambientais) foi determinada a utilização de 4 componentes principais e na combinação deles a definição foi de 3 PC.

As quatro PCs dos feijões recém-colhidos representam 70% de explicação da variabilidade dos dados, distribuídos nas proporções 27, 18, 13 e 12% para PC1, PC2, PC3

contribuição inversa com correlação, já os demais apresentaram ação direta sobre a componente. Os grãos do cv Andorinha e Campos Gerais, ambos convencionais, tiveram maior influência da quantidade de fitatos, com maiores scores (negativos), enquanto os feijões do cv Andorinha (Org) e Notável (Conv) foram mais influenciados pelas demais variáveis, apresentando os maiores valores positivos dos scores.

A PC3 teve sua formação atribuída aos parâmetros de cor L* e H*, ambos influenciando de forma inversa. Os feijões do cv Notável (Org) tiveram maior score positivo e o Imperador (Conv) teve maior valor negativo, indicando grãos de melhor qualidade de cor. A quantidade taninos e o tempo de cocção contribuíram de forma inversa com a construção da PC4, enquanto a quantidade de cálcio apresentou relação direta. Os grãos de Andorinha (Org) apresentaram maior score positivo e Notável convencional apresentou maior valor negativo dessa variável, mostrando a qualidade inferior.

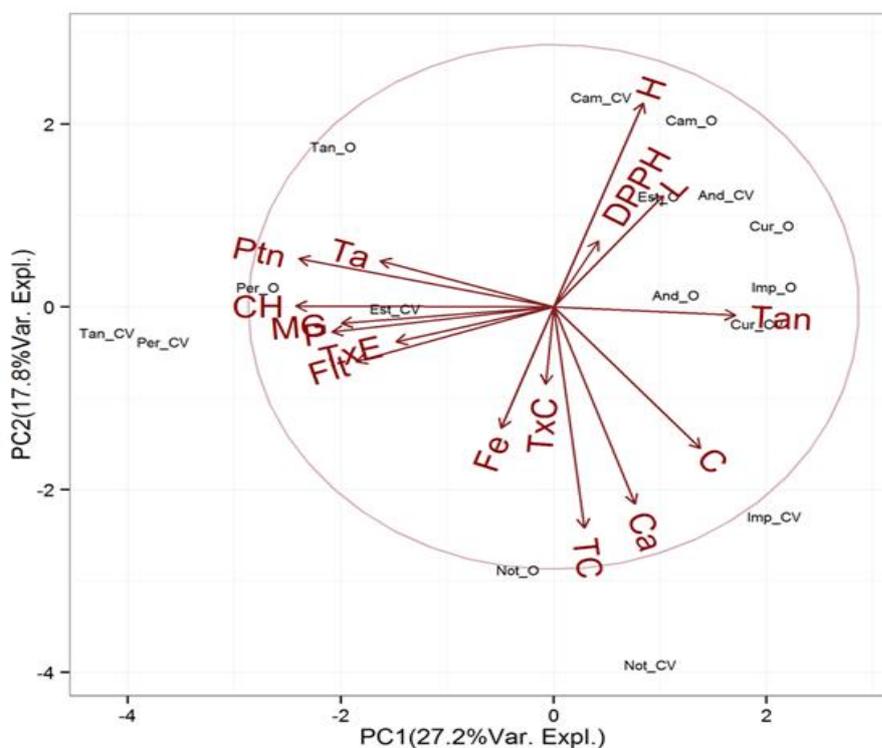


Figura 2 Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões orgânicos e convencionais armazenados sob refrigeração, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), massa de 100 grãos (MG), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE).

Nota: Os oito cultivares de feijão estão representados conforme a seguinte ordem: cultivar_cultivo, sendo os cultivares: IAPAR Andorinha (And), IAPAR Campos Gerais (Cam), IAPAR Curió (Cur), BRS Estilo (Est), IAC Imperador (Imp), BRS Notável (Not), BRS Pérola (Per) e IAPAR Tangará (Tan) e tipo de cultivo: Orgânico (O) e Convencional (C).

Em relação aos feijões armazenados de forma refrigerada, também foram estabelecidos o uso de quatro PCs. Elas expressam 70% da variabilidade presente nos

16 dados originais. A proporção verificada foi de 27% em PC1, 18% em PC2, 15% em PC3 e 10% em PC4. As duas primeiras somam 45% da variabilidade dos dados, conforme representada na Figura 2.

A primeira componente foi composta, principalmente, de forma inversa pelas variáveis, teor de proteína, quantidade de fósforo, capacidade de hidratação, ácido fítico e massa de grãos, sendo significativa a correlação com os três primeiros. Os grãos dos cv Pérola e Tangará, produzidos de forma convencional, apresentaram os maiores *scores* negativos para essa componente, sendo mais influenciados por esses parâmetros. Já o cv Campos Gerais (Org e Conv) ficou posicionado no quadrante superior direito, apresentando maiores valores dessas variáveis, sugerindo maior qualidade.

A quantidade de cálcio, tempo de cocção e os parâmetros de cor C^* e H^* foram as variáveis que mais contribuíram para a formação da PC2, as três primeiras de forma inversa e a última diretamente. Correlação significativa com a componente foi observada, sendo negativa para Ca ($R=-0,74$) e TC ($R=-0,84$) e positiva para H^* ($R=0,79$). Os feijões do cultivar Campos Gerais (Org e Conv) foram mais influenciados por H^* , indicando maior qualidade, enquanto o cv Notável, produzido nas duas formas de cultivo, sofreu maior interferência das demais variáveis, apresentando menor qualidade de cozimento, de cor e nutricional (menos Ca).

Em PC3 a maior contribuição foi pela capacidade antioxidante, quantidade de tanino e ferro e luminosidade (L^*), com relação direta na formação da componente. Os feijões do cv Imperador cultivado de forma convencional apresentou maior *score* para essa componente, indicando melhor qualidade nutricional e de cor. Na formação da PC4 a textura dos grãos cozidos apresentou relação direta e o teor de água relação inversa, no entanto, a correlação delas com a componente não foi significativa. Os grãos orgânicos de cv Campos Gerais apresentaram maior *score* positivo e do cv Notável (Conv) maior valor negativo, sendo os mais afetados, com menor e maior qualidade culinária, respectivamente.

Quando conservados em condições ambientais não controladas, a combinação das variáveis originais foi representada por quatro PCs. As duas primeiras representam 47% da variabilidade dos dados e as outras duas 15 e 12% respectivamente, totalizando 74% da variação dos dados iniciais. PC1 e PC2 estão representadas na Figura 3 e refletem a relação entre os parâmetros e o desempenho dos cultivares avaliados.

As variáveis, ácido fítico, quantidade de taninos, capacidade antioxidante, componentes de cor H^* e L^* e capacidade de hidratação foram as que mais contribuíram na formação da PC1, a última apresentou relação direta nesse processo. Apenas DPPH, H^* e capacidade de hidratação apresentaram correlação significativa com a componente, com R de -0,72, -0,81 e 0,74, respectivamente. Os feijões dos cultivares Curió (Org e Conv) tiveram maiores *scores* negativos, enquanto Notável e Pérola, cultivados de forma convencional, tiveram os maiores valores positivos, indicando maior e menor qualidade, respectivamente.

Para a composição da PC2 as variáveis, quantidade de proteína, fósforo e massa de grãos tiveram as maiores contribuições de forma inversa, com correlação significativa apenas com P. Os grãos dos cv Pérola (Org) e Tangará (Org e Conv) apresentaram os maiores scores negativos, sendo mais influenciadas por Ptn, P e MG, já os maiores valores positivos foram evidenciados em Imperador e Notável, ambos convencionais, indicando menor qualidade nutricional.

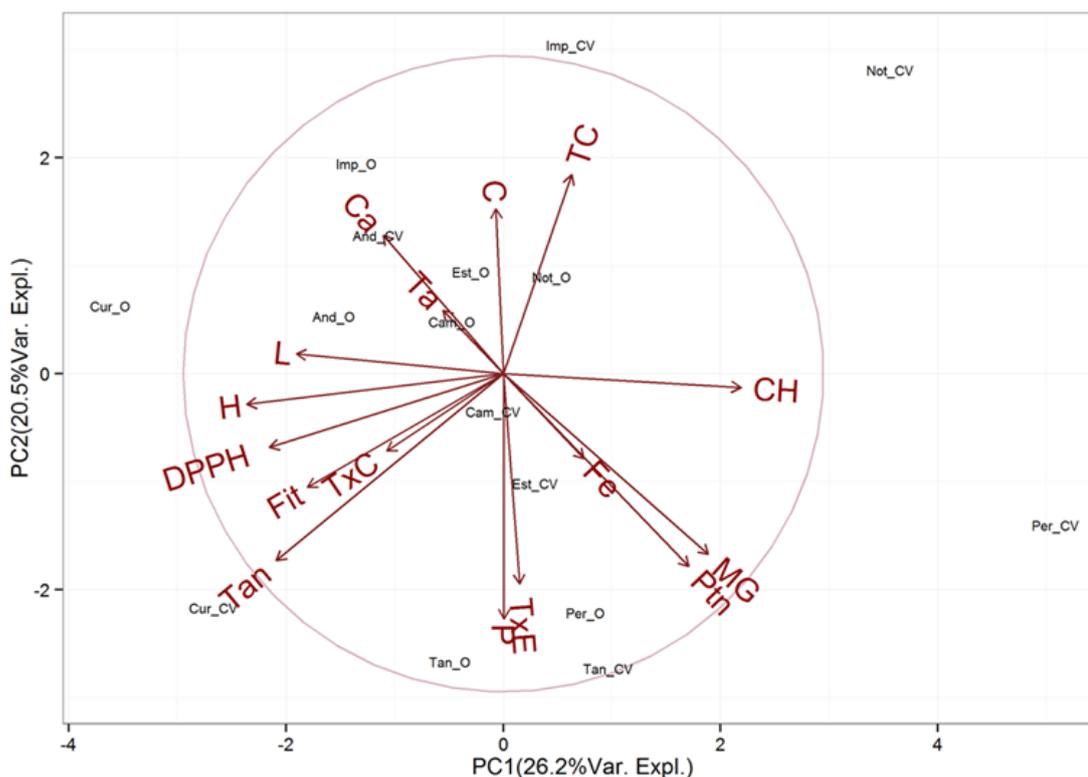


Figura 3 Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões orgânicos e convencionais armazenados sob condições ambientais, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), massa de 100 grãos (MG), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), Textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE).

Nota: Os oito cultivares de feijão estão representados conforme a seguinte ordem: cultivar_cultivo, sendo os cultivares: IAPAR Andorinha (And), IAPAR Campos Gerais (Cam), IAPAR Curió (Cur), BRS Estilo (Est), IAC Imperador (Imp), BRS Notável (Not), BRS Pérola (Per) e IAPAR Tangará (Tan) e tipo de cultivo: Orgânico (O) e Convencional (C).

Foi verificada correlação significativa positiva de Fe e Ta com PC3, além desses, o teor de cálcio e cromaticidade (C*) também contribuíram para a formação dessa componente, tendo C* apresentado relação inversa. O maior score positivo foi evidenciado nos grãos de Campos Gerais cultivado de forma orgânica, indicando melhor qualidade nutricional e o maior valor negativo foi em Imperador (Conv), evidenciando maior influência da cromaticidade. As texturas dos grãos embebidos e cozidos e o tempo de cozimento contribuíram para a formação da PC4 de forma direta. E os feijões do cultivar Campos

Gerais (Org) foram os menos influenciados por essa componente, tendo a melhor qualidade tecnológica verificada por seu *score* negativo.

De modo geral, o uso da análise dos componentes principais conseguiu estabelecer os parâmetros que tiveram maior influência sobre a qualidade dos feijões. Os cultivares recém-colhidos, Imperador e Campos Gerais produzidos de forma convencional, os refrigerados Campos Gerais (orgânico e convencional) e os mantidos em condições ambientais Andorinha, Campos Gerais e Curió produzidos de forma orgânica apresentaram maior qualidade nutricional e tecnológica. Enquanto os grãos do cultivar Notável (Org e Conv) apresentaram menor qualidade em todas as formas de armazenamento testadas.

Para a avaliação total do experimento, considerando-se todas as formas de armazenamento foram selecionadas três componentes principais. Essa determinação também foi baseada nos seus respectivos autovalores (maiores que 1) (MINGOTI, 2007), que explicam 38, 18 e 13% da variabilidade dos dados, totalizando 69% da variabilidade efetiva ente as características nutricionais e tecnológicas dos feijões recém-colhidos e armazenados sob condições refrigeradas e ambientais.

Tabela 1 Correlação (R) e valores dos autovetores (λ) de cada variável com os componentes principais considerados do armazenamento total

Variáveis	PC1		PC2		PC3	
	R	λ	R	λ	R	λ
Proteína	-0,27	0,112	-0,22	-0,133	-0,82*	0,582
Fitatos	-0,13	0,056	0,79*	0,484	-0,38	0,268
Taninos	0,35	-0,147	0,83*	0,508	-0,06	0,044
DPPH	-0,11	0,046	0,92*	0,560	-0,18	0,126
Ca	0,63	-0,263	-0,32	-0,196	0,33	-0,231
Fe	0,66	-0,277	-0,15	-0,089	-0,31	0,221
P	-0,25	0,107	-0,51	-0,313	-0,34	0,240
C*	-0,62	0,260	0,18	0,108	0,53	-0,376
H*	0,93*	-0,393	-0,03	-0,017	-0,06	0,042
L*	0,87*	-0,368	0,04	0,026	0,08	-0,055
Teor	0,92*	-0,387	0,03	0,017	-0,08	0,060
CH	-0,75*	0,317	-0,21	-0,127	-0,31	0,221
TC	-0,83*	0,350	0,05	0,030	0,17	-0,122
Tex coc	-0,63	0,265	-0,08	0,012	-0,03	0,022
Tex emb	0,11	-0,046	-0,08	-0,051	-0,63	0,445

Nota: Proteína, ácido fítico (Fitatos), taninos, capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P), componentes de cor (C*, H* e L*), teor de água (Teor), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (Tex coc) e embebidos (Tex emb). *significativo em 5% de probabilidade, pelo teste t.

Conforme apresentado na Tabela 1, as variáveis H*, L*, teor de água, capacidade de hidratação e tempo de cocção apresentaram alta correlação com a PC1, complementada por seus respectivos autovetores que demonstraram que esses parâmetros foram os que mais contribuíram na formação dessa componente. Essas variáveis estão relacionadas à

qualidade tecnológica dos feijões e são as que mais afetam esse atributo nos feijões próximos.

Para PC2 ocorreu maior contribuição dos parâmetros fitatos, taninos, capacidade antioxidante e fósforo, sendo observada alta correlação positiva das três primeiras com essa componente. Essas variáveis estão relacionadas aos aspectos nutricionais dos feijões, interferindo na qualidade dos cultivares adjacentes. Já a quantidade de proteínas e a textura dos grãos embebidos foram as variáveis que mais participaram da construção da componente 3, que teve alta correlação com a primeira. A PC3 contribuiu em menor proporção para a explicação da qualidade tecnológica dos feijões.

Na Figura 4 estão representadas as duas principais componentes geradas com base nas 15 variáveis originais. Os PC1 e PC2 expressam 56% de explicação da variabilidade dos dados para os fatores nutricionais e tecnológicos dos cultivares de feijão carioca avaliados, considerando-se as formas de armazenamento.

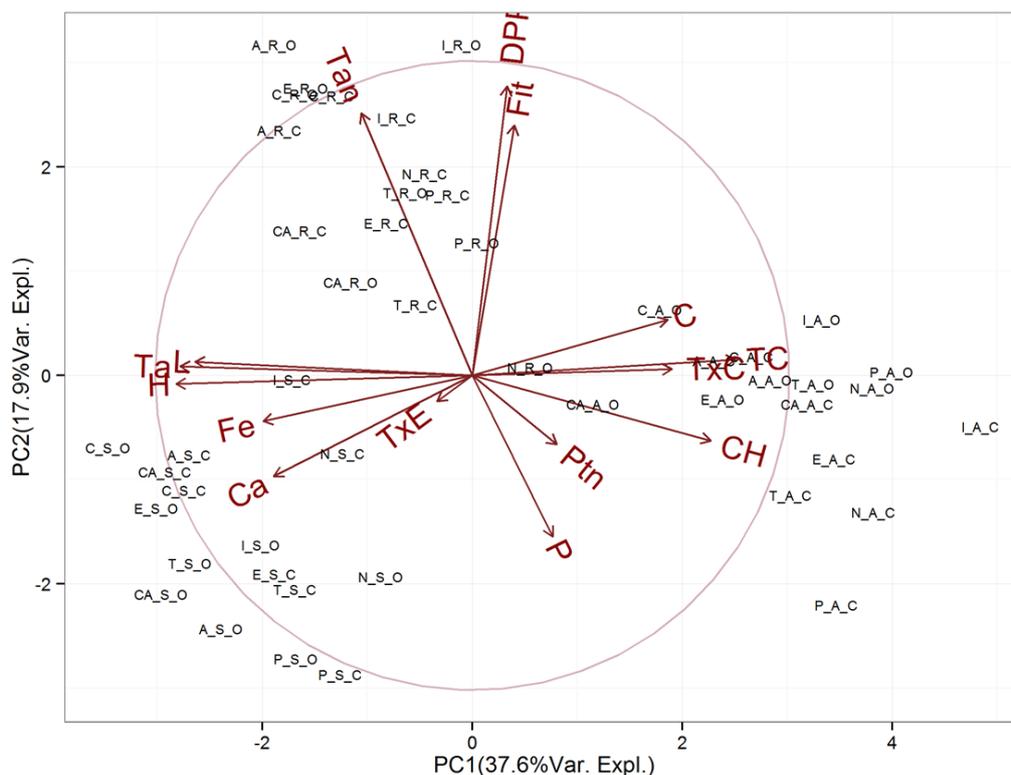


Figura 4 Biplot resultante da análise de componentes principais para oito cultivares de feijões recém-colhidos, armazenados sob refrigeração e em condições ambientais, com os parâmetros de qualidade nutricional: proteínas (Ptn), ácido fítico (Fit), taninos (Tan), capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), e tecnológica: componentes de cor (C*, H* e L*), teor de água (Ta), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), textura dos feijões cozidos (TxC) e embebidos (TxE).

Nota: Os oito cultivares de feijão estão representados conforme a seguinte ordem: cultivar_armazenamento_cultivo, sendo os cultivares: IAPAR Andorinha (A), IAPAR Campos Gerais (CA), IAPAR Curió (C), BRS Estilo (E), IAC Imperador (I), BRS Notável (N), BRS Pérola (P) e IAPAR Tangará (T); formas de armazenamento: recém-colhido (S), refrigerado (R), condições ambientais (A); tipo de cultivo: orgânico (O) e convencional (C).

Os feijões foram caracterizados pela proximidade das variáveis e é possível observar a formação de três grupos distintos. Um grupo composto pela maioria dos feijões conservados em condições ambientais que foram influenciados de forma direta por PC1, no quadrante inferior direito, com valores positivos e próximos as características tempo de cocção, capacidade de hidratação, textura dos grãos cozidos e C*. Esses fatores são responsáveis pela capacidade que os grãos têm de cozinhar mais rápido e adquirir maciez. Sendo assim, os grãos desses cultivares, destaque para Imperador e Notável convencionais e armazenados em condições ambientais que apresentaram os maiores valores, são os que mais foram influenciados por esse conjunto de parâmetros, tendo menor qualidade de cozimento.

Ainda na PC1, mas com influência inversa, observa-se a proximidade entre os feijões recém-colhidos no quadrante inferior esquerdo, com valores de *scores* negativo para teor de água, L* e H*. Essas variáveis correspondem, em geral, aos atributos de cor que refletem a qualidade tecnológica; menores valores correspondem a feijões de menor qualidade. Sendo assim, os grãos dos cv Curió orgânico, Campos Gerais (Org e Conv) e Estilo orgânico são os mais influenciados por essa componente, com maiores valores são mais claros.

Outro grupo observado é formado pelos feijões refrigerados no quadrante superior esquerdo, com maior influência inversa das variáveis antinutricionais (fitatos e taninos) e pela capacidade antioxidante (DPPH). Com destaque para os grãos orgânicos do cv Andorinha, mais influenciados pela quantidade de taninos e o cv Imperador pela capacidade antioxidante. Ainda nessa componente, observa-se menor atuação dessas variáveis sobre os feijões do cv Pérola (orgânico e convencional) recém-colhidos com *scores* positivos, indicando maior qualidade nutricional.

Conforme apresentado na Figura 5, observa-se a formação de seis grupos distintos para as 48 amostras de feijões avaliados. É possível verificar a diferença entre as formas de armazenamento, sendo as condições ambientais divididas em três grupos, mostrando maior interferência desse método de conservação.

O cultivar com maior distância euclidiana foi o cv Pérola convencional (A), pois seus grãos apresentaram a maior distinção de qualidade entre todos os feijões. Outros dois grupos foram formados com os cultivares armazenados em condições ambientais, o primeiro representado pelos grãos dos cv Andorinha e Curió orgânicos e Tangará convencional e o segundo pelos orgânicos: Estilo, Imperador, Notável, Pérola e Tangará e os convencionais: Andorinha, Campos Gerais, Curió, Estilo, Imperador e Notável que expressaram semelhança entre si com qualidade reduzida, em relação aos outros cultivares. Apenas os feijões do cv Campos Gerais orgânico, que ficaram nas mesmas condições por 180 dias, foram classificados com os grupos de qualidade superior, que melhor preservou as características nutricionais e tecnológicas.

E, por fim, um grupo foi formado com representante de todas as formas de conservação. Neste grupo estão presentes os grãos do cv Notável (Conv), que apresentou baixa qualidade inicial, e os do cv Campos Gerais (Org), que foi armazenado em condições ambientais, indicando que foi o cultivar que mais preservou os atributos testados. Fazem parte desse grupo os feijões dos cv Estilo (Conv) e Notável, Pérola e Tangará produzidos nos dois sistemas de cultivo e classificados como de menor qualidade, após serem mantidos sob condições refrigeradas. Mesmo assim, preservaram-se com boa qualidade nutricional e tecnológica.

Por esses dados, verifica-se que o armazenamento refrigerado é eficiente na conservação de feijões por 180 dias, mantendo a qualidade alimentar e culinária e os grãos produzidos de forma orgânica e convencional são similares entre cultivares. Havendo poucas diferenças, não se pode afirmar a superioridade nutricional e tecnológica referente ao modo de produção.

4 CONCLUSÃO

Considerando os objetivos propostos e os resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

- as variáveis que mais influenciaram a qualidade tecnológica e nutricional dos feijões carioca foram a quantidade de proteínas, cálcio, fósforo, ácido fítico, taninos, a capacidade de hidratação e antioxidante, o tempo de cocção, a massa dos grãos e o ângulo de coloração (H^*).

- os grãos do cultivar Campos Gerais mantiveram a qualidade, após 180 dias armazenamento.

- o método de agrupamento foi eficiente na classificação dos cultivares em grupos e na distinção das formas de armazenamento, sendo a armazenagem refrigerada mais eficiente na conservação de feijão carioca. A semelhança entre mesmos cultivares de manejos distintos não permitiu a diferenciação da qualidade dos feijões baseada na forma de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. A.; GONÇALVES, L. S. A.; MIGLIORANZA, E.; RUAS, C. F.; RUAS, P. M.; TAKAHASHI, L. S. A. AFLP analysis of genetic diversity in determinate and indeterminate snap bean accessions. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 29-34, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. Gaithersburg, Unit States. 16. ed. Arlington, 1995. 200 p.
- BERTINI, C. H. C. M.; ALMEIDA, W. S.; SILVA, A. P. M.; SILVA, J. W. L.; TEÓFILO, E. M. Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.
- BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER ME, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Tech**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus Vulgaris* L.) **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.
- CABRAL, P. D. S.; SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; ALVES, D. S.; NUNES, J. A. Diversidade genética de acessos de feijão comum por caractere agrônômicos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 898-905, 2011.
- CARBONELL, S. A.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.
- COELHO, S. R. M.; PRUDÊNCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p 2, p. 539-544, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 4 - Safra 2016/2017, n. 4. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_10_12_36_42_boletim_graos_janeiro_2017.pdf, 2017. Acesso em: 2 jan. 2017.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003.
- FERRÃO, M. A. G.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A. Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1089-1098, 2002.
- FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; KARKLE, E. N. L.; QUADROS, D. A.; TULLIO, L. T.; LIMA, J. J.. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 224-230, 2010.
- FONSECA, J. R.; SILVA, H. T. Identificação de duplicidades de acessos de feijão por meio de técnicas multivariadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 409-414, 1999.

GONÇALVES, D. L.; AMBROZIO, V. C.; BARELLI, M. A. A.; NEVES, L. G.; SOBRINHO, S. P.; LUZ, P. B.; SILVA, C. R. Divergência genética de acessos tradicionais de feijoeiros através de características da semente. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1671-1681, 2014.

GONÇALVES, D. L.; BARELLI, M. A. A.; SANTOS, P. R. J.; OLIVEIRA, T. C.; SILVA, C. R. NEVES, L. G.; POLETINE, J. P.; LUZ, P. B. Variabilidade genética de germoplasma tradicional de feijoeiro comum na região de Cáceres-MT. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 1, p. 100-107, 2016.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.

HORWITZ, W. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18 th ed. 2005. Current Through Revision 3, Gaithersburg, Maryland, AOAC, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IAL, 2008.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 51-56, 2011.

MACHADO, C. F.; NUNES, G. H. S.; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. Genetic divergence among genotypes of common bean through of multivariate techniques. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 251-258, 2002.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A., 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 319 p.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. Trad. Carmona, S. I. C. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MARTINS, C. R.; FARIA, J. C.; ROMBALDI, C. V.; FARIAS, R. M. Qualidade sensorial de maçãs produzidas em diferentes sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n. 2, p. 91-99, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 295 p.

PROCTOR, J. R.; WATTS, B. M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

REYES, L. F., VILLARREAL, J. E., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemical, Baking**, v. 101, p. 1254–1262, 2007.

SEBIM, D. E.; OLIVEIRA, P. H. de; BRUSAMARELLO, A. P.; BARETTA, D. R.; BRUM, B. Diversidade genética entre populações de feijão crioulo através da análise multivariada de caracteres morfoagronômicos. **Espacios**. v. 37, n. 16, p.19, 2016.

SILVA, M. A. D.; COELHO JUNIOR, L. F.; SANTOS, A. P. Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.14, p.192-196, 2012.

SILVA, M. M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, A. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente**, *online*, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014.

SINGH, S. P.; GUTIÉRREZ, J. A.; MOLINA, A.; URREA, C.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common beans: II. Markers based analysis of morphological and agronomic traits. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 23-29, 1991.

STEFANO, N. M. Quadro atual dos produtos orgânicos e comportamento do consumidor. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Santo Amaro, v. 8, n. 1, p. 70-101, 2013.

VANIER, N. L.; RUPOLLO, G.; PARAGINSKI, R. T.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of nitrogen-modified atmosphere storage on physical, chemical and technological properties of Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 20, p. 10-20, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi verificada a melhor adaptação dos cultivares IAPAR Andorinha, IAPAR Curió, BRS Estilo, IAC Imperador e BRS Notável para o cultivo orgânico, enquanto que para o cultivo convencional não foram identificadas variações em relação às já descritas na literatura. Sendo assim, verifica-se a necessidade de mais estudos que busquem indicar outros cultivares que tenham bom desempenho no cultivo orgânico e então estimular o desenvolvimento dessa forma de produção.

Os feijões orgânicos mantiveram a qualidade nutricional e tecnológica quando conservados em condições refrigeradas. Sendo esta forma de armazenamento indicada para preservar as características citadas. Além disso, é uma alternativa viável e econômica, pela praticidade e fácil acesso de equipamentos, como a geladeira, permitindo que o pequeno agricultor e os consumidores finais possam garantir um feijão de qualidade por mais tempo. Já em sistemas a granel, o resfriamento pode ser realizado por meio de aeração, tornando-se uma alternativa interessante aos cerealistas com vantagens na comercialização.

Já o armazenamento em condições ambientais, conforme estudado neste trabalho, não foi indicado para garantir a manutenção da qualidade dos feijões, pois em 180 dias, ficou evidente a redução das características nutricionais e tecnológicas. Assim, esta forma de conservação deve ser evitada para diminuir o desperdício de alimentos rejeitados pelo mercado consumidor.

A análise multivariada dos componentes principais permitiu a identificação das variáveis: quantidade de proteínas, cálcio, fósforo, ácido fítico, taninos, a capacidade de hidratação e antioxidante, o tempo de cocção, a massa dos grãos e ângulo de coloração (H*) como as que mais influenciaram a qualidade tecnológica e nutricional dos feijões carioca testados. O resultado contribui com o desenvolvimento de novas pesquisas, indicando aspectos a serem selecionados nos cultivares de interesse comercial.

Os feijões do cultivar IAPAR Campos Gerais, cultivados de forma orgânica e convencional, foram os que melhor preservaram a qualidade após o armazenamento de 180 dias. Mantiveram a menor claridade, a quantidade ferro e dos compostos antinutricionais e aumentaram a capacidade antioxidante. Além disso, apresentaram maior maciez e razoável aumento da capacidade de hidratação e tempo de cocção, atributos indispensáveis para garantir uma boa qualidade culinária e nutritiva, desejada pelos consumidores.

E, por fim, o método de agrupamento foi eficiente na classificação dos cultivares em grupos, pois tornou possível identificar a semelhança entre os mesmos cultivares originários de cultivos diferentes. Foi possível verificar que a forma de produção não afetou a composição química e física dos feijões, tendo estes apresentado propriedades nutricionais e tecnológicas semelhantes.

APÊNDICES DO ARTIGO 2

APÊNDICE A CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS PESQUISADAS EM GRÃOS RECÉM COLHIDOS

Estimativa dos coeficientes de correlações lineares de Pearson entre os parâmetros físicos, nutricionais e tecnológicos dos cultivares de feijão carioca recém-colhidos, cultivados em sistema orgânico

	PTN	Fitatos	Taninos	DPPH	Ca	Fe	P	a*	b*	H*	C*	L*	Massa	CE	Teor	CH	TC	Tex coc	Tex emb	EE	
Fitatos	0,24																				
Taninos	-0,20	-0,14																			
DPPH	-0,16	0,13	0,29																		
Ca	0,13	0,22	-0,07	0,82*																	
Fe	0,24	-0,20	-0,10	-0,23	-0,08																
P	0,27	-0,03	-0,69	-0,20	0,32	0,49															
a*	-0,59	-0,03	-0,58	0,24	0,20	-0,26	0,18														
b*	-0,59	-0,33	-0,38	0,30	0,20	0,04	0,13	0,86*													
H*	0,55	-0,08	0,60	-0,22	-0,21	0,36	-0,18	-0,99*	-0,77*												
C*	-0,62	-0,23	-0,47	0,28	0,20	-0,07	0,15	0,95*	0,98*	-0,88*											
L*	0,23	-0,40	0,57	0,38	0,27	0,10	-0,33	-0,46	-0,05	0,55	-0,22										
Massa	0,59	0,62	-0,54	-0,43	-0,08	-0,07	0,27	-0,12	-0,33	0,03	-0,26	-0,28									
CE	-0,27	0,00	0,68	-0,16	-0,62	-0,32	-0,92*	-0,33	-0,27	0,33	-0,30	0,20	-0,17								
Teor	-0,54	-0,85*	-0,03	-0,30	-0,42	0,25	0,11	0,29	0,48	-0,20	0,43	-0,06	-0,62	0,02							
CH	0,62	0,09	-0,79*	-0,22	0,02	0,23	0,44	0,19	0,15	-0,19	0,17	-0,16	0,59	-0,48	-0,16						
TC	0,06	0,35	-0,27	0,45	0,53	-0,18	0,31	0,31	-0,02	-0,39	0,12	-0,48	-0,11	-0,50	-0,23	0,11					
Tex coc	0,18	-0,09	-0,63	-0,41	0,07	0,58	0,96*	0,11	0,06	-0,11	0,09	-0,43	0,22	-0,78*	0,26	0,35	0,21				
Tex emb	0,05	0,94*	-0,13	-0,06	0,03	-0,34	-0,09	0,02	-0,33	-0,14	-0,21	-0,49	0,64	0,13	-0,73*	-0,05	0,19	-0,10			
EE	0,26	0,00	-0,20	-0,71*	-0,79*	0,05	-0,11	-0,19	-0,38	0,16	-0,31	-0,48	0,25	0,32	0,17	0,34	-0,01	0,08	0,04		
EC	0,06	0,46	-0,32	-0,61	-0,69	-0,11	-0,19	0,07	-0,19	-0,14	-0,09	-0,65	0,54	0,38	-0,15	0,31	-0,08	-0,05	0,55	0,78*	

Notas: Proteínas (PTN), ácido fítico (Fitatos), taninos, capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), componentes de cor (a*, b*, H*, C* e L*), massa de 100 grãos (Massa), condutividade elétrica (CE), teor de água (Teor), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), Textura dos feijões cozidos (Tex coc) e embebidos (Tex emb) e esfericidade do grão embebido (EE) e cru (EC). *significativo em 5% de probabilidade, pelo teste t.

APÊNDICE B CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS PESQUISADAS EM GRÃOS ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO

Estimativa dos coeficientes de correlações lineares de Pearson entre os parâmetros físicos, nutricionais e tecnológicos dos cultivares de feijão carioca, cultivados em sistema orgânico e armazenados sob refrigeração

	PTN	Fitatos	Taninos	DPPH	Ca	Fe	P	a*	b*	H*	C*	L*	Massa	CE	Teor	CH	TC	Tex coc	Tex emb	EE	
Fitatos	-0,09																				
Taninos	-0,26	0,24																			
DPPH	0,25	0,01	0,75*																		
Ca	-0,92*	0,28	0,33	-0,20																	
Fe	0,06	0,29	0,08	0,13	0,22																
P	0,46	0,36	-0,24	-0,30	-0,21	0,39															
a*	-0,29	0,45	-0,16	-0,48	0,24	-0,54	-0,04														
b*	-0,38	-0,39	0,02	-0,20	0,21	-0,52	-0,60	0,45													
H*	0,08	-0,52	0,30	0,48	-0,05	0,52	-0,16	-0,94*	-0,16												
C*	-0,57	0,20	0,20	-0,24	0,52	-0,37	-0,39	0,76*	0,81*	-0,49											
L*	0,18	-0,47	0,65	0,79*	-0,23	-0,03	-0,35	-0,61	0,13	0,72*	-0,19										
Massa	0,13	0,40	-0,38	-0,29	0,13	0,31	0,48	0,25	-0,38	-0,40	-0,10	-0,66									
CE	-0,09	-0,76*	-0,37	-0,08	0,00	0,07	-0,30	-0,52	0,02	0,51	-0,40	0,13	0,09								
Teor	-0,22	0,81*	0,41	0,16	0,26	-0,21	0,07	0,56	-0,24	-0,63	0,27	-0,28	0,19	-0,69							
CH	0,85*	0,32	-0,25	0,04	-0,70*	0,28	0,67	-0,09	-0,45	-0,10	-0,39	-0,10	0,17	-0,46	0,00						
TC	-0,12	0,02	-0,43	-0,61	-0,12	-0,53	-0,11	0,58	0,45	-0,53	0,43	-0,40	-0,36	-0,33	0,06	0,09					
Tex coc	-0,27	-0,31	-0,28	-0,65	0,21	-0,11	0,03	0,26	0,65	-0,05	0,51	-0,14	-0,30	-0,03	-0,46	-0,10	0,58				
Tex emb	0,39	0,15	-0,48	-0,06	-0,52	-0,27	0,06	0,09	-0,48	-0,38	-0,47	-0,38	0,25	0,06	0,28	0,30	0,20	-0,57			
EE	0,12	-0,65	-0,70*	-0,65	-0,16	-0,05	0,17	-0,06	0,35	0,11	-0,01	-0,19	0,07	0,52	-0,81*	0,01	0,26	0,71*	-0,21		
EC	-0,14	-0,70*	-0,44	-0,30	0,11	0,10	-0,31	-0,21	0,46	0,35	0,08	0,01	0,12	0,78*	-0,82	-0,37	-0,11	0,43	-0,30	0,76*	

Notas: Proteínas (PTN), ácido fítico (Fitatos), taninos, capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), componentes de cor (a*, b*, H*, C* e L*), massa de 100 grãos (Massa), condutividade elétrica (CE), teor de água (Teor), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), Textura dos feijões cozidos (Tex coc) e embebidos (Tex emb) e esfericidade do grão embebido (EE) e cru (EC). *significativo em 5% de probabilidade, pelo teste t.

APÊNDICE C CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS PESQUISADAS EM GRÃOS ARMAZENADOS EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Estimativa dos coeficientes de correlações lineares de Pearson entre os parâmetros físicos, nutricionais e tecnológicos dos cultivares de feijão carioca, cultivados em sistema orgânico e armazenados em condições ambientais

	PTN	Fitatos	Taninos	DPPH	Ca	Fe	P	a*	b*	H*	C*	L*	Massa	CE	Teor	CH	TC	Tex coc	Tex emb	EE	
Fitatos	0,25																				
Taninos	0,72*	0,42																			
DPPH	0,00	-0,21	-0,10																		
Ca	-0,73*	0,20	-0,43	-0,09																	
Fe	-0,52	0,01	0,00	-0,58	0,53																
P	0,52	0,60	0,32	-0,31	-0,33	-0,36															
a*	0,18	-0,21	-0,43	0,50	-0,17	-0,86*	0,14														
b*	-0,26	-0,30	-0,45	0,80*	0,21	-0,44	-0,58	0,62													
H*	-0,34	0,08	0,32	-0,21	0,30	0,83*	-0,47	-0,92*	-0,26												
C*	-0,10	-0,28	-0,52	0,73*	0,13	-0,66	-0,28	0,88*	0,91*	-0,62											
L*	0,00	-0,06	0,29	0,44	-0,32	0,09	-0,33	-0,40	0,13	0,55	-0,18										
Massa	0,65	-0,08	0,23	-0,30	-0,26	-0,20	0,25	0,26	-0,21	-0,42	0,05	-0,55									
CE	-0,26	-0,74*	-0,26	-0,19	0,07	0,51	-0,53	-0,28	-0,11	0,30	-0,16	0,04	0,26								
Teor	-0,47	-0,41	-0,10	-0,55	0,17	0,83*	-0,52	-0,71*	-0,35	0,70*	-0,58	0,16	-0,18	0,66							
CH	0,63	0,30	0,26	-0,43	-0,36	-0,26	0,33	0,19	-0,18	-0,34	-0,06	-0,35	0,64	-0,27	-0,16						
TC	-0,08	0,18	0,24	0,28	0,11	-0,20	-0,07	0,09	0,28	0,04	0,18	-0,03	-0,40	-0,59	-0,17	-0,13					
Tex coc	-0,27	0,77*	-0,11	-0,19	0,63	0,32	0,18	-0,24	-0,06	0,23	-0,12	-0,04	-0,24	-0,37	-0,14	0,07	-0,13				
Tex emb	0,45	0,61	0,49	-0,10	0,13	-0,10	0,66	-0,02	-0,38	-0,17	-0,16	-0,38	0,40	-0,32	-0,53	0,07	0,03	0,30			
EE	-0,05	-0,42	0,02	-0,36	-0,09	0,09	-0,15	0,01	-0,14	-0,06	-0,10	-0,46	0,19	0,16	0,40	0,15	0,47	-0,61	-0,21		
EC	-0,03	-0,25	0,07	-0,50	0,24	0,33	-0,11	-0,11	-0,26	0,03	-0,17	-0,68	0,47	0,33	0,37	0,15	0,22	-0,33	0,18	0,82*	

Nota: Proteínas (PTN), ácido fítico (Fitatos), taninos, capacidade antioxidante (DPPH), teores de cálcio (Ca), ferro (Fe) e fósforo (P), componentes de cor (a*, b*, H*, C* e L*), massa de 100 grãos (Massa), condutividade elétrica (CE), teor de água (Teor), capacidade de hidratação (CH), tempo de cocção (TC), Textura dos feijões cozidos (Tex coc) e embebidos (Tex emb) e esfericidade do grão embebido (EE) e cru (EC). *significativo em 5% de probabilidade, pelo teste t.