

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Fernanda Daltrozo Arns

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS
DE FEIJÃO CARIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE
ARMAZENAMENTO E DO ANO DE CULTIVO**

Santa Maria, RS.
2018

Fernanda Daltrozo Arns

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS
DE FEIJÃO CARIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE
ARMAZENAMENTO E DO ANO DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientadora: Prof^a Dr^a Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Santa Maria, RS.
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Arns, Fernanda Daltrozo
QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO
CARIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO E DO ANO DE
CULTIVO / Fernanda Daltrozo Arns.- 2018.
65 p.; 30 cm

Orientadora: Nerinéia Dalfollo Ribeiro
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Agronomia, RS, 2018

1. Phaseolus vulgaris L. 2. Qualidade tecnológica de
grãos de feijão carioca 3. Armazenamento refrigerado 4.
Interação genótipo x ambiente 5. Índice de seleção I.
Dalfollo Ribeiro, Nerinéia II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Fernanda Daltrozo Arns. A reprodução de qualquer parte deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Treze de Maio 380, Bairro Vila Rocha, Cruz Alta - RS, 98025-420.

Endereço eletrônico: fernandaarns@hotmail.com

Fernanda Daltrozo Arns

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS
DE FEIJÃO CARIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE
ARMAZENAMENTO E DO ANO DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Aprovado em 16 de fevereiro de 2018:

Prof^a. Dr^a. Nerinéia Dalfollo Ribeiro (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Rogério Luiz Backes (UFSM)

Prof^a. Dr^a. Viviani Ruffo de Oliveira (UFRGS)

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ronaldo Grunwald Arns e Jane Maria Daltrozo Arns, pelos ensinamentos e amor incondicional; a minha irmã, Carolina Arns, pelo amor, apoio e suporte sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por me dar força, inteligência e discernimento para enfrentar os desafios encontrados e por me mostrar que sempre é tempo de recomeçar.

Aos meus pais Ronaldo e Jane, pelo amor, sacrifício, trabalho que dedicaram para a minha formação e confiança em minhas decisões, minha gratidão eterna.

À minha irmã Carolina e as minhas Dindas Jacira e Jussara, por todo amor, amizade e apoio incondicional.

A minha família e as minhas grandes amigas, Fernanda, Gabriela e Mayara, por todo apoio.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela base na minha formação profissional e pessoal.

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

À Prof^ª. Dr^ª. Nerinéia Dalfollo Ribeiro, minha orientadora, pela sua disponibilidade na transmissão de conhecimentos, pelo apoio, atenção, paciência e amizade que teve durante a realização do curso e deste trabalho. Agradeço imensamente a oportunidade que me foi concedida, a dedicação e zelo por este trabalho.

Aos membros da banca, por dedicarem o seu tempo visando à melhoria deste trabalho.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa em Melhoramento e Manejo do Feijão da UFSM, Henrique, Skarlet, Greice Klasener, Cleiton, Maykon, Iuri e Greice Godoy, pela intensa colaboração nos experimentos, análises estatísticas, amizade e sugestões de redação, Assim como pela prazerosa convivência e aprendizado.

A todos aqueles que, mesmo não mencionados aqui, contribuíram para que eu pudesse vencer mais uma etapa da minha vida acadêmica com sucesso.

Muito obrigada!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importam quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

RESUMO

QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CARIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO E DO ANO DE CULTIVO

AUTORA: Fernanda Daltrozo Arns
ORIENTADORA: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

O feijão carioca possui preferência nacional, estando presente no cardápio dos brasileiros de todas as regiões e consumido por pessoas de todas as classes sociais. Contudo, as condições de armazenamento e o ambiente de cultivo podem causar a redução da qualidade tecnológica dos grãos. Diante disso, os objetivos desse trabalho foram: (1) avaliar se os genótipos de feijão carioca diferem para os caracteres da qualidade tecnológica dos grãos; (2) investigar as correlações entre os caracteres que conferem qualidade tecnológica em feijão carioca; (3) selecionar genótipos de feijão carioca com padrão comercial de grãos, com coloração clara de tegumento e de cozimento rápido ao longo do armazenamento refrigerado (3 a 6 °C e 65 – 70% UR) e obtidos em dois anos de cultivo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições, e os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial, constituído por nove genótipos de feijão carioca, quatro tempos de armazenamento em câmara fria (0, 2, 4 e 6 meses) e dois anos de cultivo (2014 e 2015). Os seguintes caracteres foram avaliados: massa de 100 grãos, medidas de comprimento, largura, espessura, forma e grau de achatamento dos grãos, parâmetros da coloração (“L”, a* e b*), porcentagem de absorção de água e tempo de cozimento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Testes de comparação de médias foram aplicados para os fatores qualitativos e análise de regressão foi utilizada para o fator quantitativo. As associações entre os caracteres foram avaliadas por meio da correlação linear de Pearson para cada ano de cultivo. O índice multiplicativo foi utilizado para a seleção simultânea de caracteres que conferem qualidade tecnológica de grãos. Na análise da variância foi observada interação tripla (genótipo x tempo de armazenamento x ano de cultivo) significativa para os caracteres massa de 100 grãos, comprimento, largura, espessura, forma dos grãos, cromaticidade b* e absorção de água dos grãos. Os genótipos de feijão carioca avaliados apresentam variabilidade genética e respondem de maneira distinta em função do tempo de armazenamento e do ambiente de cultivo para os parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos. As linhagens C 10-2-4/41, CNFC 11 948 e a cultivar Pérola apresentam massa de 100 grãos que atende as exigências do mercado consumidor, com grãos de massa superior a 25g e essa característica se mantém por até seis meses de armazenamento. A linhagem C 10-2-4/41 apresenta coloração mais clara de tegumento ($L \geq 55,00$) e menores valores de cromaticidade a* e b*, 6,00 e 16,00, respectivamente. O grau de achatamento dos grãos é uma medida promissora para a seleção indireta de grãos de feijão carioca de cozimento rápido. O índice multiplicativo mostrou-se eficiente para a seleção simultânea de caracteres para a identificação de genótipos de feijão carioca com qualidade tecnológica de grãos. A linhagem C10-2-4/41 será selecionada pelo programa de melhoramento por apresentar padrão comercial de grãos, coloração clara de tegumento, escurecimento lento e cozimento rápido, quando submetida a armazenamento em ambiente refrigerado por seis meses.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Padrão de grãos. Coloração de tegumento. Tempo de cozimento. Armazenamento refrigerado. Interação genótipo x ambiente. Índice de seleção.

ABSTRACT

TECHNOLOGICAL QUALITY OF GRAINS OF CARIOCA BEAN GENOTYPES IN THE STORAGE TIMES AND YEARS OF CULTIVATION

Author: Fernanda Daltrozo Arns
Advisor: Nerinéia Dalfollo Ribeiro

Carioca beans have national preference, being present in the menu of Brazilians from all regions and consumed by people of all social classes. However, storage conditions and the growing environment may lead to a reduction in the technological quality of the beans. The objectives of this work were: (1) to evaluate whether the genotypes of carioca beans differ for the grains technological quality traits; (2) to investigate the correlations between the traits that confer technological quality in carioca beans; (3) to select carioca bean genotypes with commercial grain standard, with clear seed coat and fast cooking during storage refrigerated (3 to 6 °C and 65 to 70% RH) and obtained in two years of cultivation. A completely randomized design with three replications was used, and the treatments were combined in a factorial scheme, consisting of nine carioca bean genotypes, four storage times (0, 2, 4 and 6 months) and two years of cultivation (2014 and 2015). The following traits were evaluated: mass of 100 grains, length, width, thickness, shape and flatness of grains, color parameters ("L", a* and b*), percentage of water uptake and cooking time. The data were submitted to analysis of variance. Comparison tests of means were applied for the qualitative factors and regression analysis was used for the quantitative factor. The associations between the traits were evaluated by means of the linear correlation of Pearson for each year of cultivation. The multiplicative index was used for the simultaneous selection of characters that confer technological quality of grains. In the analysis of the variance, a significant triple interaction (genotype x storage time x year of cultivation) was observed for the characters mass of 100 grains, length, width, thickness, shape, b* chromaticity, and absorption of water for the grains. The genotypes of carioca beans evaluated presented genetic variability and respond differently as a function of the storage time and the growing environment for the parameters of grain quality. The genotypes C 10-2-4/41, CNFC 11-948, and Pérola have a mass of 100 grains meet the requirements of the consumer market, with grains of mass superior to 25g and this characteristic is maintained for up to six months of storage. The genotype C 10-2-4/41 shows clearer color ($L \geq 55.00$) and lower chromaticity a * and b * values, 6.00 and 16.00, respectively. The degree of flattening of the grains, is promising for the indirect selection of fast cooking carioca beans. The multiplicative index proved to be efficient for the simultaneous selection of characters for the identification of genotypes of carioca beans with technological grain quality. The genotype C10-2-4/41 will be selected by the breeding program as it presents commercial grain pattern, clearer color, slow darkening and fast cooking, when subjected to storage in a refrigerated environment for six months.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Grain pattern. Colour parameters. Cooking time. Refrigerated storage. Genotype x environment interaction. Selection index.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Diagrama de cores CIE L* a* b*.....24
- Figura 2 - Dados meteorológicos, precipitação (Precip), temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura máxima do ar (Tmáx) diária nos anos de cultivo 2014 e 2015. Dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia, na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizado na Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul ..31
- Figura 3 - Esquema apresentando as dimensões físicas dos grãos de feijão, considerados como esferoides-oblatos, onde a: comprimento, b: espessura e c: largura..... 33

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise de variância para os caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento (GRAU ACHAT), parâmetros da coloração de grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), avaliados em nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses) e obtidos em dois anos de cultivo (2014 e 2015). Santa Maria-RS, UFSM.36
- Tabela 2 - Testes de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação de regressão, média, coeficiente de determinação (R²) e ponto de máxima ou de mínima eficiência técnica (PMET, em dias), de nove genótipos de feijão carioca, submetidas a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses), na média de dois anos de cultivo (2014 e 2015) em relação aos caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma de grãos, parâmetros da coloração de grão (“L” e b*) e absorção de água (ABS). Santa Maria – RS, UFSM.39
- Tabela 3 - Valores médios obtidos para os caracteres de massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento dos grãos, parâmetros da coloração de grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), obtidos para nove genótipos de feijão carioca, obtidos em dois anos de cultivo (2014 e 2015), na média de quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses). Santa Maria – RS, UFSM.43
- Tabela 4 - Testes de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação de regressão, coeficiente de determinação (R²), média e ponto de máxima ou de mínima eficiência técnica (PMET, em dias), na média de nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses), em dois anos de cultivo (2014 e 2015), em relação aos caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma dos grãos (FORMA), parâmetros da coloração dos grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), Santa Maria – RS, UFSM.48
- Tabela 5 - Estimativas de correlação de Pearson entre os caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento (GRAU ACHAT) parâmetros da coloração (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ) de nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento dos grãos obtidas em dois anos de cultivo (2014 e 2015) em Santa Maria - RS, UFSM.51
- Tabela 6 - Média da população original (X_o), média dos genótipos selecionados (X_s), herdabilidade (h²), ganho genético (GG) e porcentagem de ganho genético (GG%) com seleção simultânea por índice multiplicativo para os três melhores genótipos avaliados na média dos tempos de armazenamento, em dois anos de cultivo (2014 e 2015) em Santa Maria, RS.52

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Média das datas da floração (FLOR), maturação fisiológica (MAT FISIOL) e colheita (COLH) dos nove genótipos de feijão carioca, avaliados em dois anos de cultivo (2014 e 2015), na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS.	65
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO NO CENÁRIO NACIONAL	16
2.2 ARMAZENAMENTO	18
2.3 QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA	20
2.3.1 Padrão de grãos	21
2.3.2 Coloração do tegumento dos grãos	22
2.3.3 Tempo de cozimento	25
2.4 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE SOBRE OS CARACTERES DA QUALIDADE TECNOLÓGICA	27
2.5. CORRELAÇÃO ENTRE OS CARACTERES QUE CONFEREM QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS	28
2.6 SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES COM QUALIDADE TECNOLÓGICA E GRÃOS	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento tradicional na dieta da população brasileira, por ser rico em vitaminas, proteínas, carboidratos e minerais, além de possuir baixo teor de gorduras (PAN et al., 2010). Por isso, seus grãos são muito utilizados para suprir as necessidades energéticas da dieta, estando presente na mesa de brasileiros de todas as classes sociais e em todo o território nacional (BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2011; SILVA et al., 2014).

O Brasil configura entre os maiores produtores e consumidores no cenário mundial de feijão (SANTOS et al., 2015). Além disso, a cultura apresenta alto valor socioeconômico, por necessitar de mão-de-obra durante todo o seu cultivo e fazer parte de sistemas de produção que compreendem pequenos, médios e grandes produtores, distribuídos em grande parte do território nacional (MELO et al., 2007). Porém, mesmo com a importância econômica e social que a cultura apresenta, atualmente o consumo *per capita* de feijão é inferior ao da década de 60 e 70, mas vem crescendo desde 1990, oscilando de acordo com a disponibilidade de mercado. Hoje em dia o consumo *per capita* de feijão no Brasil está próximo de 17,5 kg/hab/ano (CONAB, 2016). No país são cultivados feijões de diferentes tipos comerciais, retratando a grande variabilidade de cores e tamanhos dos grãos existentes nessa espécie (GEPTS; DEBOUCK, 1991). Contudo o feijão tipo carioca, isto é, coloração creme com estrias marrons, é o preferido pelos consumidores, representando, aproximadamente, 79% do feijão consumido no Brasil (CARNEIRO et al., 2012).

Diante desse cenário o trabalho dos melhoristas de feijão concentrou-se no tipo carioca e inúmeras cultivares foram obtidas e registradas (MATOS; RAMALHO; ABREU, 2007). Porém, a aceitação de algumas cultivares foi pequena, e até já saíram do mercado, devido a aspectos relacionados à qualidade tecnológica dos grãos, como o tamanho e a coloração dos grãos (RAMALHO; ABREU, 2006).

A qualidade tecnológica dos grãos de feijão pode ser afetada no campo, pelas condições climáticas, geográficas, agronômicas, época e ambiente de cultivo (BENEVIDES et al., 2013; SMANIOTTO et al., 2014). Também, podem ocorrer perdas nos processos de pós-colheita, secagem, transporte e armazenamento dos grãos (SMANIOTTO et al., 2014). Técnicas adequadas de armazenamento ajudam na manutenção da qualidade dos grãos e, conseqüentemente, na sua aceitação por parte dos consumidores (CARDOSO; BINOTTI; CARDOSO, 2012; MORAIS et al., 2010).

Devido à preferência da população brasileira pelo feijão carioca, o armazenamento dos grãos torna-se necessário, de modo a manter o abastecimento durante o ano todo e, com isso, evitar escassez do produto na entressafra e a oscilação de preços no mercado (BARBOSA; GONZAGA, 2012; MALUF; SPERANZA, 2014). O armazenamento de grãos no Brasil é feito em armazéns convencionais, graneleiros e silos (MAIA et al., 2013), porém esses locais não apresentam controle de temperatura e umidade relativa do ar. Segundo Resende et al. (2008), se o armazenamento ocorre de forma inapropriada, sem o controle da temperatura e umidade do ar, há uma perda qualitativa e quantitativa que diminui a qualidade tecnológica e reduz o valor comercial e nutricional do feijão.

A aparência do feijão interfere na sua aceitabilidade por parte do consumidor. O tamanho, formato e a coloração dos grãos, são características importantes na comercialização (BASSINELLO et al., 2003). A preferência dos consumidores é por grãos de formato elíptico, semi-cheios, e com tamanho de grãos médios a grandes, ou seja, grãos que possuam massa de 100 grãos superior a 25g (CARBONELL et al., 2010). De acordo com Perina et al. (2010), os genótipos de feijão com maior massa de grãos apresentam maior expansão volumétrica e, por consequência, proporcionam maior rendimento de panela.

A coloração dos grãos de feijão carioca, a mais clara possível, é altamente desejável. Uma vez que os consumidores associam os grãos de coloração clara ao produto recém-colhido, com baixo tempo de cozimento e macio após o preparo (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003). Durante o envelhecimento dos grãos, 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 do ar, além da exposição à luz.

Alguns autores (BRACKMANN et al., 2002; NASAR-ABBAS et al., 2009) atribuem o escurecimento do feijão a fatores como umidade, temperatura e tempo de armazenamento. Genótipos de feijão que apresentam estrias no tegumento, como o feijão carioca, que podem conservar a coloração clara durante o armazenamento atraem os consumidores e têm alto valor de mercado (MARLES; VANDENBERG; BETT, 2008).

Além disso, o feijão para ser consumido necessita passar pelo processo de cozimento, o que demanda tempo para o seu preparo. Hoje em dia, a população passou a ter menos tempo disponível para o preparo de suas refeições, sendo assim alimentos de preparo rápido são preferidos (SCHOENINGER et al., 2014). O armazenamento de feijão em condições

desfavoráveis reduz a capacidade de absorção de água dos grãos durante o cozimento, o que dificulta a separação celular, a gelatinização do amido e promove a desnaturação protéica (YOUSIF et al., 2007).

O tempo de cozimento, inferior a 25 minutos, é uma característica buscada pelo mercado consumidor de feijão (SANTOS; RIBEIRO; MAZIERO, 2016). Grãos com maior capacidade de hidratação, que cozinham mais rapidamente, expandindo-se sem se partirem, são os preferidos pelos consumidores (OLIVEIRA et al., 2012). Além disso, a redução no tempo de cozimento dos grãos de feijão promove economia de tempo e energia no preparo do alimento.

Frente ao exposto, o estudo da qualidade tecnológica de feijão carioca é de suma importância, e tem sido pouco estudado. A qualidade tecnológica dos grãos de feijão carioca tem sido relatada por alguns autores (BARROS; PRUDÊNCIO, 2016; CARBONELL et al., 2010; GANASCINI et al., 2014; MORAIS et al., 2010). Porém, para os valores de cromaticidades a^* e b^* não foram encontradas referências de padrões aceitos para o feijão carioca. Além disso, a seleção simultânea de caracteres para qualidade tecnológica de grãos, com uso do índice multiplicativo é inédito na literatura. Então, pesquisas com diferentes genótipos de feijão carioca possibilitam a identificação de genótipos que reúnam padrão comercial de grãos, coloração clara de tegumento, escurecimento tardio e rápida hidratação e tempo de cozimento dos grãos e que mantenham essas características ao longo do armazenamento e independente do ambiente em que foram cultivadas.

Assim os objetivos desse trabalho foram: (1) avaliar a variabilidade genética e a resposta de genótipos de feijão carioca em função do tempo de armazenamento e do ano de cultivo para os parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos; (2) investigar as correlações entre os caracteres que conferem qualidade tecnológica em feijão carioca; (3) selecionar genótipos de feijão carioca com padrão comercial de grãos, com coloração clara de tegumento e de cozimento rápido por até seis meses de armazenamento refrigerado e obtidos em dois anos de cultivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO NO CENÁRIO NACIONAL

O feijão pertence à classe Dicotyledoneae, família Fabaceae, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (CASTELLANE; VIERA; CARVALHO, 1988). Cerca de 55

espécies compõem o gênero *Phaseolus*, mas apenas cinco espécies são cultivadas (VIEIRA; BORÉM, RAMALHO, 2005). A cultura é originária da América Central e da América do Sul, e a partir destas regiões surgiu uma grande variedade de grãos de diferentes cores, formas e tamanhos (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

Segundo a Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008 (BRASIL, 2008), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), considera-se como feijão, grãos provenientes das espécies *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L) Walp, sendo classificado em grupos, classes e tipos, segundo sua espécie, coloração do tegumento e a qualidade. Em relação aos grupos, existem dois, que são o Grupo I, o feijão comum, proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L. e Grupo II, o feijão-caupi (feijão-de-corda), proveniente da espécie *Vigna unguiculata* (L) Walp. Já para as classes, que leva em consideração a coloração do tegumento dos grãos, o feijão é dividido em quatro classes: preto (grãos de tegumento preto), branco (grãos de tegumento de cor branca), cores (grãos com tegumento com cores diferentes das classes branco e preto) e misturado (resultado da mistura de cultivares que não atendem as especificações de nenhuma das classes anteriores), independentemente do Grupo. Para os tipos de feijão, os grãos se diferenciam de acordo com a qualidade dos grãos, em Tipo I, Tipo II e Tipo III. Esses tipos são definidos segundo os limites máximos de tolerância de defeitos: grãos mofados, ardidos, germinados, matérias estranhas e impurezas, conforme o Regulamento Técnico do Feijão (MAPA, 2008).

De acordo com Maluf; Speranza (2014), a variação de preferência por determinado tipo de grão é dependente dos aspectos culturais de cada região, variando conforme o Estado ou até mesmo região. O feijão preto é popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná e nos Estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. Os feijões dos tipos roxo, vermelho, rosinha e manteigão são restritos a determinadas regiões, por exemplo, o feijão roxo é consumido principalmente em Goiás e em algumas regiões de Minas Gerais e o rosinha é mais popular na região norte do Brasil (Pará e Acre), Minas Gerais e Goiás. Já, no norte e nordeste destaca-se a preferência pelo feijão caupi (BORÉM; CARNEIRO, 2006). Porém, mesmo com essa diversidade de consumo, o tipo carioca tem aceitação em praticamente todo o Brasil, sendo também o mais cultivado e o mais consumido (EMBRAPA, 2010).

A cultura do feijão apresenta uma ampla aptidão edafoclimática, sendo possível o cultivo em praticamente todo o território brasileiro (BURATTO et al., 2007), em três safras distintas. A primeira é denominada de safra das águas, cuja semeadura se concentra entre os meses de agosto a dezembro, predominando na região Sul e Sudeste. A segunda, safra da seca, abrange todos os Estados brasileiros com semeadura de janeiro a abril. Na terceira safra,

de outono/inverno, a semeadura está concentrada entre maio a agosto e se restringe as regiões tropicais do Brasil (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Considerando os aspectos produtivos, a produção brasileira do feijão varia de acordo com as condições climáticas e as oscilações do preço do produto no mercado. Entre os anos de 2012 até 2017, a produção nacional variou de 2,8 a 3,4 mil de toneladas (CONAB, 2017). De acordo com a mesma fonte, nos últimos anos a cultura do feijão apresentou uma produtividade média de 1.000 kg.ha⁻¹, em uma área plantada de aproximadamente 3.000 mil hectares de feijão cultivados nos mais variados sistemas produtivos, e em condições climáticas diferentes entre as regiões do Brasil.

A expressiva produção brasileira está atrelada ao fato de que o feijão é um alimento básico nas refeições da população brasileira, uma vez que é uma excelente fonte de proteína vegetal na dieta alimentar, sendo considerado um bom substituinte para a proteína animal. Nesse contexto, a cultura do feijão passa a fazer parte, de sistemas produtivos com baixo uso de tecnologias e também desperta o interesse crescente de produtores que utilizam tecnologias de cultivo avançadas (CUNHA; RAMALHO, ABREU, 2005).

2.2 ARMAZENAMENTO

O armazenamento é uma etapa de grande importância na cadeia de produtiva do feijão, pois tem um grande reflexo no custo e afeta diretamente a qualidade do produto (CONAB, 2016). Até chegar à mesa do consumidor, o feijão pode passar por um curto tempo de armazenamento, porém já é o suficiente para que ocorram alterações na qualidade dos grãos (OLIVEIRA et al., 2011).

A perda de qualidade dos grãos de feijão pode ser atrasada por processos adequados de armazenamento (CARDOSO; BINOTTI; CARDOSO, 2012). Segundo Moraes et al. (2010) e Lima et al. (2014), a correta armazenagem preserva a qualidade dos grãos de feijão. Porém, para que isso ocorra é preciso que os grãos mantenham a integridade do tegumento e a qualidade fisiológica e que estas se modifiquem o mínimo possível. No Brasil, o armazenamento do feijão ocorre, em geral, a temperaturas de até 30 °C e umidade relativa do ar superior a 75%, condições consideradas impróprias que podem resultar em perdas qualitativas e quantitativas, contribuindo para a depreciação sensorial dos grãos (NASAR-ABBAS et al., 2009).

Fatores como a umidade e a temperatura em que os grãos são armazenados, interferem na qualidade dos grãos (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Armazenar o feijão em

baixas temperaturas, inferiores a 10 °C contribui para a manutenção da qualidade tecnológica (RIGUEIRA; LACERDA FILHO; VOLK, 2009). De acordo com a mesma fonte, armazenar em baixas temperaturas é uma técnica eficiente e econômica, a qual reduz a atividade de água e a respiração dos grãos, e isso resulta em uma queda do metabolismo e, conseqüentemente, contribui para sua conservação. 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 refrigerado.

No decorrer do armazenamento, há o envelhecimento dos grãos de feijão podendo ocorrer mudanças químicas e a oxidação de compostos presentes no tegumento, resultando em seu escurecimento. Essas alterações estão relacionadas a fatores genéticos, ambientais e alterações químicas do tegumento, podendo ser intensificada pela alta temperatura, umidade e exposição à luz (MARTIN-CABREJAS et al., 1997).

A coloração do tegumento dos grãos de feijão está associada à oxidação de compostos fenólicos durante o período de armazenamento (VANIER et al., 2014). Nasar-Abbas et al. (2009) consideram que o escurecimento dos grãos de feijão é atribuído a fatores como umidade, temperatura, atmosfera e tempo de armazenamento. Em trabalho realizado por Lima et al. (2014), ao avaliar a influência do uso de embalagem a vácuo no controle do escurecimento em feijões da cultivar Pérola, os autores observaram um decréscimo nos valores de “L”, ao longo de oito meses de armazenamento em condições de ambiente ($\pm 20^{\circ}\text{C}$ e $\pm 55\%$ UR), para as três embalagens avaliadas. Esses resultados corroboram com o encontrado por Silochi et al. (2016), que verificaram valores de “L” de 55,90 para o tempo zero e de 53,30 para um período de 180 dias de armazenamento em ambiente natural para a média das três cultivares de feijão carioca avaliadas. De acordo com a mesma fonte, em relação aos valores de cromaticidades a^* e b^* houve uma diminuição nessas variáveis para todas as cultivares armazenadas durante 180 dias em comparação com aquelas armazenadas para 60, 90 e 135 dias. A cromaticidade a^* variou de verde para vermelho, indicando que BRS Pontal teve um maior valor a^* , 5,04 (coloração avermelhada), em comparação com BRS Estilo e BRS Madrepérola. As cromaticidades a^* e b^* em feijão carioca relatados na literatura são, em média, $a^* = 7,21$ e $b^* = 12,92$ como relatado por Silva et al. (2009); $a^* = 8,20$ e $b^* = 14,36$, como encontrado por Schoeninger et al. (2014).

Ao longo do armazenamento acontecem transformações físico-químicas e as interações bioquímicas que levam ao endurecimento do grão armazenado e, conseqüentemente, ao aumento do tempo de cozimento, assim como os fatores hard-to-cook (HTC) (perda das propriedades de cozimento) e o *hard shell* (desenvolvimento de casca dura),

em que, sob condições de alta temperatura e umidade relativa, causam migração dos taninos da casca para a parede do cotilédone e lamela média, podendo limitar a mobilidade da água e, desse modo, contribuindo para perda de qualidade do grão (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Morais et al. (2010) avaliaram o efeito do armazenamento em sacos de papel e em embalagem de polietileno em câmara fria (temperatura média do ar de 8 °C e umidade relativa do ar de 45%) e à temperatura ambiente (temperatura do ar variando de 36 e -7,4 °C e umidade relativa do ar de 79,3%), sobre o tempo de cozimento de duas cultivares de feijão (BRS Supremo e Pérola) armazenadas por 360 dias. Os autores verificaram que, em câmara fria, independentemente da embalagem utilizada, o tempo de cozimento manteve-se constante durante os 360 dias de armazenamento. Já, no armazenamento a temperatura ambiente, foi observado um aumento de 45 minutos no tempo de cozimento para a cultivar BRS Supremo, quando armazenada em saco de papel e de 14 minutos, quando a mesma foi armazenada em embalagem de polietileno. Para cultivar Pérola houve um aumento de 60 minutos no tempo de cozimento, quando o armazenamento foi realizado em saco de papel e de 15 minutos, em embalagem de polietileno.

2.3 QUALIDADE TECNOLÓGICA DOS GRÃOS DE FEIJÃO CARIOCA

Devido às variações observadas na preferência dos consumidores quanto às características dos grãos, são realizadas pesquisas que direcionam a produção e a comercialização do feijão no país, de modo que a qualidade dos grãos pode ser julgada sob os aspectos nutricionais, tecnológicos e comerciais (VIEIRA; BORÉM; RAMALHO, 2005).

O aspecto nutricional do feijão está relacionado com o alto teor de proteína e com a alta concentração de minerais nos grãos (RIBEIRO et al., 2007). Grãos de feijão com alto teor de proteína têm sido relatados na literatura, sendo que os genótipos que apresentam valor superior a 23% são destacados por seus altos valores, sendo considerado um bom substituinte para a carne (LONDERO, 2005). O fósforo (P), juntamente com o magnésio (Mg), está relacionado com a formação dos dentes e ossos, com o crescimento celular e com várias ações metabólicas no organismo (COZZOLINO, 2007). O cálcio (Ca) exerce funções no sistema nervoso, cardíaco, muscular e esquelético (THEOBALD, 2005). O ferro (Fe) é um dos principais constituintes da hemoglobina de um grande número de enzimas que atuam no metabolismo oxidativo (NUTTI et al., 2006). A presença do zinco (Zn) no organismo humano é fundamental para o bom funcionamento do sistema imunológico. Altos teores de minerais

nos grãos representam uma maior segurança alimentar para a população brasileira, pois a falta desses minerais pode causar deficiências e graves consequências para o organismo humano.

Em relação ao aspecto tecnológico, a qualidade dos grãos pode ser dividida em: comercial, culinária e sensorial (BASSINELLO et al., 2003). De acordo com a mesma fonte, entende-se por qualidade comercial a aparência dos grãos, ou seja, cor, brilho, forma e tamanho. Já, a qualidade culinária refere-se a capacidade de hidratação dos grãos, rápido tempo de cozimento e formação de um caldo espesso. Em relação ao perfil sensorial, bom sabor e textura dos grãos são desejáveis pelos consumidores.

As qualidades tecnológicas são as características decisivas para o consumidor na hora da compra, especialmente o rápido tempo de cozimento e a coloração creme a mais clara possível, e que esta seja persistente independente do tempo em que os grãos permanecem nas prateleiras dos supermercados (JACINTO- HERNÁNDEZ et al., 2011).

2.3.1 Padrão de grãos

O tamanho e o formato dos grãos de feijão são características que as empresas empacadoras e o consumidor levam em consideração na hora da escolha por uma determinada marca comercial de feijão. O consumidor associa grãos maiores a uma maior capacidade de expansão após o cozimento e, conseqüentemente, a um melhor rendimento de panela (PERINA et al., 2010).

O tamanho dos grãos de feijão é classificado quanto ao seu tamanho em pequenos, para massa de 100 grãos menor que 20 g; médios para massa de 100 grãos entre 20 e 40 g; e grandes para massa de 100 grãos maior que 40 g (BLAIR, et al., 2010). Carbonell et al. (2010) citam que até meados de 1998 o tamanho considerado como padrão era o da cultivar “Carioca” ou “Carioquinha”, que apresentava tamanho pequeno de grãos, ou seja, massa de 100 grãos menor que 20 g. Contudo, com o desenvolvimento da cultivar Pérola, esse padrão foi modificado e as empresas empacadoras e o consumidor passaram a preferir grãos maiores. Porém, o tamanho dos grãos varia de acordo com o tipo de grão e com a cultivar, sendo que atualmente são preferidos grãos com massa acima de 25 g/100 sementes (PEREIRA et al., 2012b), assim cultivares com valor inferior a esse, certamente terá restrição na sua adoção.

A classificação do tamanho dos grãos de feijão com base na sua massa de 100 grãos foi proposta por Mateo Box (1961). Entretanto, considerando que o tamanho dos grãos é definido pelos parâmetros comprimento, largura e espessura, Puerta Romero (1961) procedeu

a classificação do tamanho com base na forma e no grau de achatamento dos grãos, correspondentes aos índices J (razão entre o comprimento e a largura, em mm) e H (razão entre a espessura e largura, em mm). Dependendo dos valores de J, os grãos podem ser classificados em esféricos; elípticos e reniformes e em relação ao coeficiente H, podem ser classificados em achatados, semicheios e cheios.

A classificação dos grãos com base na forma e no grau de achatamento dos grãos é realizada rotineiramente por meio de peneiras de diferentes crivos, sendo os mais comuns os crivos circulares e os oblongos. Carvalho (2012) avaliou a precisão da classificação dos grãos por meio de peneiras, comparando-as com as dimensões de comprimento, largura e espessura obtidas por meio de um paquímetro. Esse autor verificou que as peneiras foram eficientes em classificar os grãos por tamanho, seguindo essas referidas dimensões, além de verificar correlação positiva entre o tamanho medido por peneiras e a massa de 100 grãos. Apesar disso, outros estudos demonstram que as correlações entre a massa de 100 grãos e os índices J e H não foram significativas (DALLA CORTE et al., 2003) ou foram de baixa magnitude (MOÇAMBIQUE, 2010), indicando que essas duas medidas podem ser úteis na diferenciação dos genótipos quanto ao tamanho e ao formato dos grãos.

De acordo com Carbonell et al. (2010), o mercado consumidor tem preferência por grãos de feijão com formato elíptico, ou seja, com coeficiente J variando de 1,43 a 1,65 mm e grãos semi-cheios, com coeficiente H de 0,70 a 0,79 mm, no que se refere ao grau de achatamento. Os programas de melhoramento, além de identificar linhagens de feijão que apresentem características de importância agrônômica, também visam atender às exigências do mercado consumidor quanto ao padrão dos grãos.

2.3.2 Coloração do tegumento dos grãos

Os grãos feijão apresentam os mais variados tipos de cores. A diversidade de cores existentes no feijão é formada por uma coloração uniforme, ou seja, cor primária, como o preto, bege, roxo, vermelho, marrom, branco, e também pode ocorrer a formação de uma cor secundária que é expressa na forma de estrias, manchas ou pontuações (SILVA; COSTA, 2003).

De acordo com Ramalho; Abreu; Carneiro (2004), na coloração dos grãos de feijão do tipo carioca, estão envolvidos pelo menos 18 genes, o que leva a uma dificuldade de se obter linhagens com coloração de grãos que atenda às exigências dos consumidores. A medida da

coloração é um índice de qualidade para alimentos e para a avaliação de mudanças na qualidade em função do armazenamento (GIESE, 2000).

A coloração do tegumento dos grãos de feijão carioca é um atributo importante na comercialização dos grãos, já que o consumidor associa a coloração clara dos grãos ao produto recém-colhido e que vai demandar um menor tempo de cozimento. O escurecimento dos grãos causa perda econômica considerável por causa de uma queda indesejável na qualidade visual que os consumidores associam com o tempo de cozimento prolongado (SIQUEIRA et al., 2014).

O tempo transcorrido entre a maturidade fisiológica e a colheita é de grande importância para a manutenção da qualidade tecnológica dos grãos de feijão. Após a maturação fisiológica, o grão pode ser considerado como armazenado a campo, enquanto a colheita não se processa. Se as condições climáticas forem favoráveis, a qualidade fisiológica pode ser menos prejudicada, porém, a ocorrência de chuvas ou mesmo de orvalho, aliada às altas temperaturas com alta umidade relativa do ar, diminui a qualidade das sementes (BRACCINI, 1993). Nesse período ocorrem mudanças bioquímicas e fisiológicas, associadas a deterioração dos grãos, como, mudanças na coloração, o atraso na germinação, menor tolerância às condições de armazenamento, redução da velocidade de crescimento e redução da germinação.

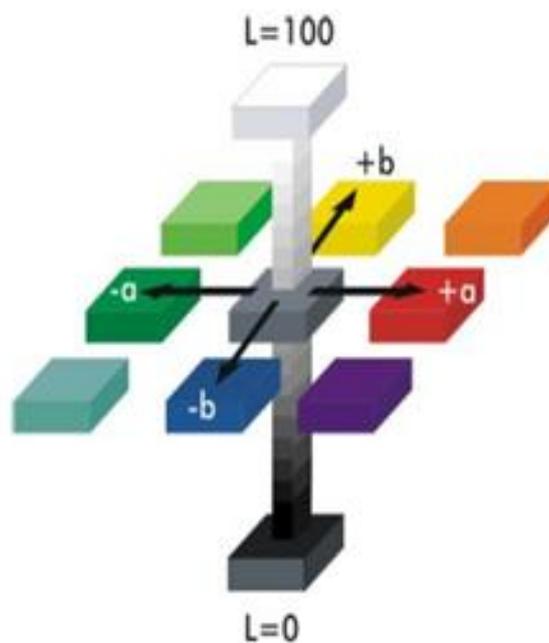
As causas exatas do escurecimento de pós-colheita não são bem conhecidas, mas incluem uma combinação de fatores do ambiente, da genética e de mudanças químicas que ocorrem no interior dos grãos (BENINGER et al., 2005). O escurecimento é acelerado pela exposição à luz, à alta temperatura e umidade que prevalece durante o armazenamento do feijão carioca (SIQUEIRA et al., 2014). Estudos realizados por Díaz; Caldas; Blair (2010) indicaram que a alteração da coloração do tegumento do feijão está associada à oxidação de compostos fenólicos, especialmente taninos condensados, que são o grupo predominante de flavonóides e mais amplamente distribuídos nos grãos de leguminosas.

A coloração dos grãos de feijão pode ser avaliada de duas maneiras: visualmente ou com o uso de colorímetro (ARAÚJO, 2012). A avaliação visual da coloração do tegumento dos grãos de feijão carioca é feita com o uso de uma escala de notas, em que a nota 1 refere-se a cor do fundo muito claro; 2: medianamente claro; 3: claro; 4: medianamente escuro; e 5: muito escuro (SILVA et al., 2008).

O uso do colorímetro, por meio do sistema CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes, 1976), apresenta maior aceitação e precisão na avaliação da coloração dos grãos de feijão, pois é a medida que mais se aproxima da percepção sensorial (GRANATTO,

MASSON, 2010). O colorímetro realiza a leitura da coloração da amostra em três eixos “L”, a^* e b^* . Nesse sistema tridimensional, o valor de “L” caracteriza a luminosidade e é expresso em valores que variam de 0 para o preto a 100 para o branco; o valor de a^* representa a cromaticidade do tom verde ao vermelho e adquire valor de -60 a +60; e o valor de b^* indica a saturação do azul ao amarelo, apresentando valores de -60 a +60 (BERNARDO, 2010).

Figura 1 - Diagrama de cores CIE $L^* a^* b^*$.



Fonte: Hunter Lab, 1996.

Em estudo realizado por Ganascini et al. (2014), em três cultivares de feijão carioca, foi constatada variação para os valores de “L” de 52,35 a 58,53, para a cromaticidade a^* , os valores variaram de 4,24 a 6,93 e para cromaticidade b^* , de 10,22 a 11,81. Já, em trabalho realizado por Barros; Prudêncio (2016) foram obtidos valores de “L” de 41,29 a 51,27, cromaticidade a^* , de 9,03 a 12,17 e cromaticidade b^* , de 17,48 a 19,52, quando se avaliaram as características físicas e químicas de sete cultivares de feijão carioca. Esses resultados demonstram que existe ampla variabilidade genética para os parâmetros da coloração do tegumento de grãos de feijão carioca.

Para feijão do tipo carioca, buscaram-se valores de “L” $\geq 55,00$, por caracterizarem uma maior claridade dos grãos (RIBEIRO et al., 2008), embora alguns autores usem valores

superiores a 53,00 como padrão de “L” (SILVA et al., 2009). De acordo com a mesma fonte, o valor de “L” tem sido usado para selecionar genótipos de feijão carioca quanto à claridade do tegumento dos grãos. Porém recentemente, os valores de cromaticidade a^* e b^* foram usados para caracterizar as diferenças na cor dos grãos de cultivares de feijão (SILVA et al., 2009; SOARES JÚNIOR et al., 2012).

Em estudo realizado por Soares Júnior et al. (2012), ao comparar seis cultivares crioulas de feijão com a cultivar Pérola (tipo carioca), foram encontrados valores de “L” de 52,91 para a cultivar Pérola e essa não diferiu estatisticamente da cultivar Iraí (tegumento creme com estrias vermelhas), 52,65. Entretanto essas cultivares apresentaram valores distintos para a cromaticidade a^* (5,77 e 5,04) e para b^* (10,09 e 8,58), respectivamente. Isso ocorre, pois diferentes tipos de feijão podem ter semelhantes valores de "L", mas diferirem quanto a cromaticidade a^* e b^* , indicando que a luminosidade não deve ser o único parâmetro considerado na avaliação da coloração do tegumento dos grãos de feijão (POSSOBOM et al., 2015). Contudo não foram encontradas referências de padrões aceitos para o feijão carioca, quanto aos valores para as cromaticidades a^* e b^* . Portanto, a busca por cultivares de feijão do tipo carioca que apresentem coloração a mais clara possível e que este fenótipo se preserve por maior tempo possível, são os preferidos pelas empresas empacotadoras e pelo mercado consumidor (MARLES; VANDENBERG; BETT, 2008).

2.3.3 Tempo de cozimento

Para o consumidor, é de extrema importância o tempo necessário para que os grãos de feijão atinjam o grau de maciez adequado para o consumo. O tempo de cozimento é um dos critérios de avaliação da qualidade tecnológica em programas de melhoramento, pela relevância que o consumidor atribui e por ser um fator de restrição durante a aceitação de uma nova cultivar no mercado (OOMAH; CORBE; BALASUBRAMANIAN, 2010).

A rápida absorção de água pelos grãos é outro parâmetro que caracteriza a qualidade de cozimento e também é determinante para a aceitação de uma cultivar de feijão (DALLA CORTE et al., 2003). As características do tegumento, como espessura, massa e porosidade, interferem na capacidade de absorção de água dos grãos de feijão (WYATT, 1977). Grãos que apresentam dificuldade ou não absorvem água está atrelada ao fato que ocorre a polimerização do tegumento ou lignificação dos cotilédones, sendo que há a dificuldade de penetração de água ou a limitação da capacidade de hidratação (MOURA, 1998).

A porcentagem de absorção de água pelos grãos aumenta com o tempo que permanecem embebidos, até atingir o ponto de máxima absorção de água. Esse tempo é variável de acordo com o genótipo, porém está em torno de 8 horas de embebição (RAMOS JÚNIOR; LEMOS, 2002). Segundo a mesma fonte, esse tempo está dentro do considerado ideal, pois simula o hábito da dona de casa em deixar o feijão de molho na noite anterior ao preparo da refeição.

A maior capacidade de absorção de água pelos grãos de feijão tem sido relacionada, de forma direta, ao menor tempo de cozimento, e esta característica é muito importante para a comercialização de feijão (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Porém, essa relação direta é encontrada apenas por alguns autores, na medida em que não é regra, porque nem sempre a maior capacidade de hidratação dos grãos é um indicativo de menor tempo de cocção (DALLA CORTE et al., 2003).

O cozimento é indispensável para o consumo de feijão, pois contribui para proporcionar um sabor e textura palatável para os consumidores. Diversos autores têm constatado variabilidade genética para o tempo de cozimento em feijão, 18 a 25 minutos (CARBONELL et al., 2003), 13 a 24 minutos (RIBEIRO et al., 2013), 21 a 46 minutos (PEREIRA et al., 2017) e 11 a 23 minutos (STECKLING et al., 2017). Essa variabilidade interfere na seleção de genótipos promissores, pois variações no tempo de cozimento podem ocorrer de acordo com o ambiente, a época e as práticas de cultivo, além das condições e do tempo que permanecem armazenados (ZAMINDAR et al., 2013).

Em trabalho realizado por Rodrigues et al. (2005), foram considerados feijões de rápido cozimento, aqueles que atingiam a maciez adequada para consumo em menos de 30 minutos de cozimento. Porém com o passar dos anos, a exigência por feijões que cozinhem rápido tem sido maior, pois proporcionam economia de capital (gás ou energia elétrica) e de tempo para o preparo do alimento. Santos; Ribeiro; Maziero (2016) afirmaram que os programas de melhoramento genético têm investido na seleção de genótipos com tempo de cozimento mais rápido, ou seja, aqueles que atingem suavidade ideal em até 25 minutos de cozimento. O desenvolvimento de cultivares de feijão de cozimento muito rápido, ou seja, aquelas que atingem a suavidade considerada ideal para o consumo em menos de 15 minutos de cozimento, atende a demanda por alimentos de preparação rápida (STECKLING et al., 2017). Genótipos de feijão que cozinhem em menos de 15 minutos foram previamente identificadas por Ribeiro et al. (2013).

No feijão recém-colhido, o tegumento contribui com aproximadamente 55% do tempo de cozimento, já para um feijão que está armazenado a algum tempo, contribui com mais de

75% desse tempo (BASSINELLO, 2014). Assim, o tegumento é o primeiro empecilho para o cozimento dos grãos de feijão e é o fator responsável pelo endurecimento dos grãos e, conseqüente, pelo aumento no tempo de cozimento.

2.4 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE SOBRE OS CARACTERES DA QUALIDADE TECNOLÓGICA

A interação genótipo x ambiente (GxA) é a resposta diferencial dos genótipos quando submetidos à diferentes ambientes (ALLARD; BRADSHAW, 1964). A interação pode dificultar a seleção de linhagens, pois a superioridade das linhagens pode ser mascarada pelo efeito do ambiente, por isso os experimentos são realizados em diversos locais, anos e safras, antes de se introduzir uma nova cultivar no mercado.

A cultura do feijão pode apresentar diferentes desempenhos devido ao fato de ser cultivado em praticamente todos os estados brasileiros. O cultivo é realizado em diferentes épocas de semeadura em um mesmo ano e em diferentes sistemas de cultivo, que variam desde a agricultura de subsistência com baixo nível de investimento até a agricultura com altos níveis de investimentos. Portanto a cultura do feijão está sempre submetida a diferentes condições ambientais. A importância da interação GxA é comprovada em vários trabalhos realizados com essa cultura no Brasil, em diferentes regiões, especialmente para a produtividade de grãos (MELO et al., 2007; RAMALHO et al., 1998; TORGA et al., 2013).

Além da produtividade de grãos, outras características essenciais para a aceitação de novas cultivares de feijão também são influenciadas pelo ambiente. Tais como menor tempo para o cozimento, tamanho, formato e coloração do tegumento desejáveis (CARBONELL et al., 2003; DALLA CORTE et al., 2003; RIBEIRO et al., 2008).

O tamanho dos grãos varia de acordo com o tipo de grão e cultivar. Segundo Basset (1982), o tamanho dos grãos possui controle genético monogênico, e o alelo recessivo do gene *ds*, quando em homozigose, é responsável pela redução do tamanho dos grãos, quando o autor estudou populações F₂ do cruzamento entre o genótipo de feijão MITA 10597 com tamanho de grãos pequeno com a linhagem 7-1404 que possuía grãos grandes. Souza; Ramalho (1995) observaram a presença de poucos genes no controle genético desse caráter, ao avaliarem populações segregantes oriundas do cruzamento entre feijão do tipo Jalo e feijão branco com grãos pequenos. Alguns estudos demonstraram que esse caráter é muito influenciado pelas condições ambientais (CARBONELL et al., 2010; PEREIRA et al., 2012a), mesmo a sua herdabilidade sendo normalmente alta (RAMALHO et al., 2012).

Já com relação ao formato dos grãos, existem relatos de 12 diferentes tipos de formas dos grãos (LEAKEY, 1988), contudo, são escassos os estudos que elucidam o controle genético desse caractere. Porém sabe-se que o comprimento, a largura e a espessura dos grãos (que definem o formato dos grãos) possuem herança quantitativa (NIENHUIS; SINGH, 1988) e são altamente influenciados pelo ambiente, com presença de resposta diferenciada dos genótipos frente a variação ambiental (CARBONELL et al., 2010).

A coloração clara dos grãos de feijão carioca é um desafio para os programas de melhoramento, já que na expressão da cor do tegumento estão envolvidos, aproximadamente, 18 genes (BASSET, 2004). Vale salientar que apesar do grande número de genes envolvidos na expressão da cor, a herdabilidade desse caráter tem se mostrado alta durante a seleção (CUNHA et al., 2005; MENEZES JÚNIOR et al., 2008). Em trabalho realizado por Araújo et al. (2012), os autores concluíram que o escurecimento dos grãos é influenciado pelo ambiente, safras ou locais. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2014), avaliando experimentos em dois locais e em safras diferentes: geração F₃, na safra de inverno/2010 em Santo Antônio de Goiás, GO; geração F₄, na safra das águas/2010, no município de Ponta Grossa, PR.

O tempo de cozimento é um importante parâmetro de qualidade tecnológica pela relevância que o consumidor atribui e por ser um fator de restrição na aceitação de uma nova cultivar no mercado. Diversos estudos demonstram a ampla variabilidade genética existente para o tempo de cozimento (CARBONELL et al., 2003; PERINA et al., 2010; TORGA et al., 2011). Elia et al. (1997) constataram a existência de variabilidade entre as 32 linhagens estudadas e sugerem que a capacidade de cozimento em feijão Andino é controlado por poucos genes e com presença de efeito materno. Em trabalho realizado por Perina et al. (2014), ao avaliarem 25 genótipos de feijão preto e carioca em três épocas de cultivo, para os caracteres tempo de cozimento, capacidade de absorção de água antes e após o cozimento, verificaram que os genótipos de feijão se comportam de maneira diferenciada em função do ambiente onde são cultivados, indicando interação genótipo x ambiente.

2.5. CORRELAÇÃO ENTRE OS CARACTERES QUE CONFEREM QUALIDADE TECNOLÓGICA DE GRÃOS

A correlação entre caracteres é realizada quando se tem duas ou mais variáveis e se deseja conhecer a existência ou não de uma associação entre esses caracteres (FERREIRA, 2009). O conhecimento da relação entre esses caracteres é de grande interesse para o

melhoramento de plantas, isso porque permite avaliar o quanto da alteração de um caráter pode afetar os demais caracteres (SILVA; ABREU; RAMALHO, 2009).

A avaliação da correlação para os caracteres que conferem qualidade tecnológica de grãos é necessário, uma vez que a seleção direta de plantas para esses caracteres é muito difícil, pois as correlações entre esses caracteres variam amplamente, com valores positivos, negativos e até nulos (MOURA et al., 2013). Portanto, o estudo das correlações, tem relação direta no processo de seleção dos genótipos, pois, a seleção para um caráter pode provocar mudanças que podem ser indesejáveis em outro caráter ou ainda, de maneira favorável, selecionar outros caracteres de baixa herdabilidade (CRUZ et al., 2004).

Em trabalho realizado por Araújo et al. (2012), em uma população obtida do cruzamento BRSMG Madrepérola x RP-2 (linhagem com escurecimento lento dos grãos), avaliada aos 30, 60 e 90 dias após a colheita, observaram que a correlação foi positiva e significativa entre o escurecimento dos grãos e o tempo de cozimento aos 60 dias (0,69). Também foram obtidas correlações significativas entre o escurecimento dos grãos e o teor de tanino (0,69; 0,77 e 0,83), para 30, 60 e 90 dias após armazenamento em sacos plásticos, respectivamente. Nesse trabalho, a herdabilidade estimada para escurecimento lento dos grãos foi alta (>70%) para os diferentes períodos de avaliação, o que possibilita a seleção para esta característica em etapas mais iniciais no programa de melhoramento. Santos; Ribeiro; Maziero (2016), ao avaliarem 14 genótipos de feijão oriundos de duas épocas de cultivo distintas, obtiveram coeficientes de correlação de Pearson positiva e de alta magnitude entre a espessura dos grãos e o tempo de cozimento ($r = 0,9727$), ou seja, genótipos de feijão de cozimento rápido podem ser selecionados indiretamente, com base na menor espessura dos grãos.

2.6 SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES COM QUALIDADE TECNOLÓGICA E GRÃOS

Os programas de melhoramento genético de feijão tem por objetivo a busca de genótipos que atendam o mercado (RAMALHO; ABREU, 2006). O desenvolvimento de genótipos com caracteres específicos, como alta produtividade de grãos, resistência ao acamamento, ou ainda, qualidade tecnológica de grãos. Porém quando a seleção é praticada em determinado caractere, outros sofrem alterações. Sendo que o seu sentido pode ou não ser de interesse do melhorista (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Nos programas de melhoramento vários caracteres são avaliados para auxiliar a escolha de genótipos superiores. Tal situação culminou em abordagens matemáticas que possibilitassem a seleção simultânea de caracteres e os índices de seleção foram desenvolvidos. Assim, o índice de seleção constitui-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação ótima de vários caracteres, permitindo utilizar um único valor para efetuar a seleção simultânea com eficiência (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Esses índices foram idealizados para melhorar o valor genotípico populacional, melhorando gradativamente as frequências de alelos favoráveis para o conjunto de caracteres sob seleção (FARIA, 2005). A maioria desses índices é obtida a partir da maximização da correlação entre o valor genotípico e o índice.

De acordo com Pereira et al. (2004) o ganho com a seleção para os caracteres isolados são maiores, quando comparado aos ganhos com a seleção simultânea. Os autores observaram que ao selecionar cultivares resistentes a antracnose em feijão, também obtiveram ganho com a seleção para produtividade de grãos, tipo de grãos e outros caracteres simultaneamente. Como resultado os autores encontraram um ganho para todos os caracteres isolados, maiores, como por exemplo, produtividade de grãos isolado de 6,0%, enquanto que, considerando os caracteres simultaneamente o ganho foi de 4,46%.

Em trabalho realizado por Moraes et al. (2016), ao avaliarem 19 cultivares de feijão crioulo, para desempenho agrônomico e qualidade nutricional, os autores utilizaram índice Z, para onde foram elaborados gráficos para avaliar a contribuição de cada característica padronizada no valor do índice Z, permitindo a identificação visual de cultivares com as maiores médias do índice Z para todos os caracteres, assim as cultivares Carioca Santa Maria e Guapo Brilhante possuem alto desempenho agrônomico, cozimento rápido e alta concentração de minerais nos grãos.

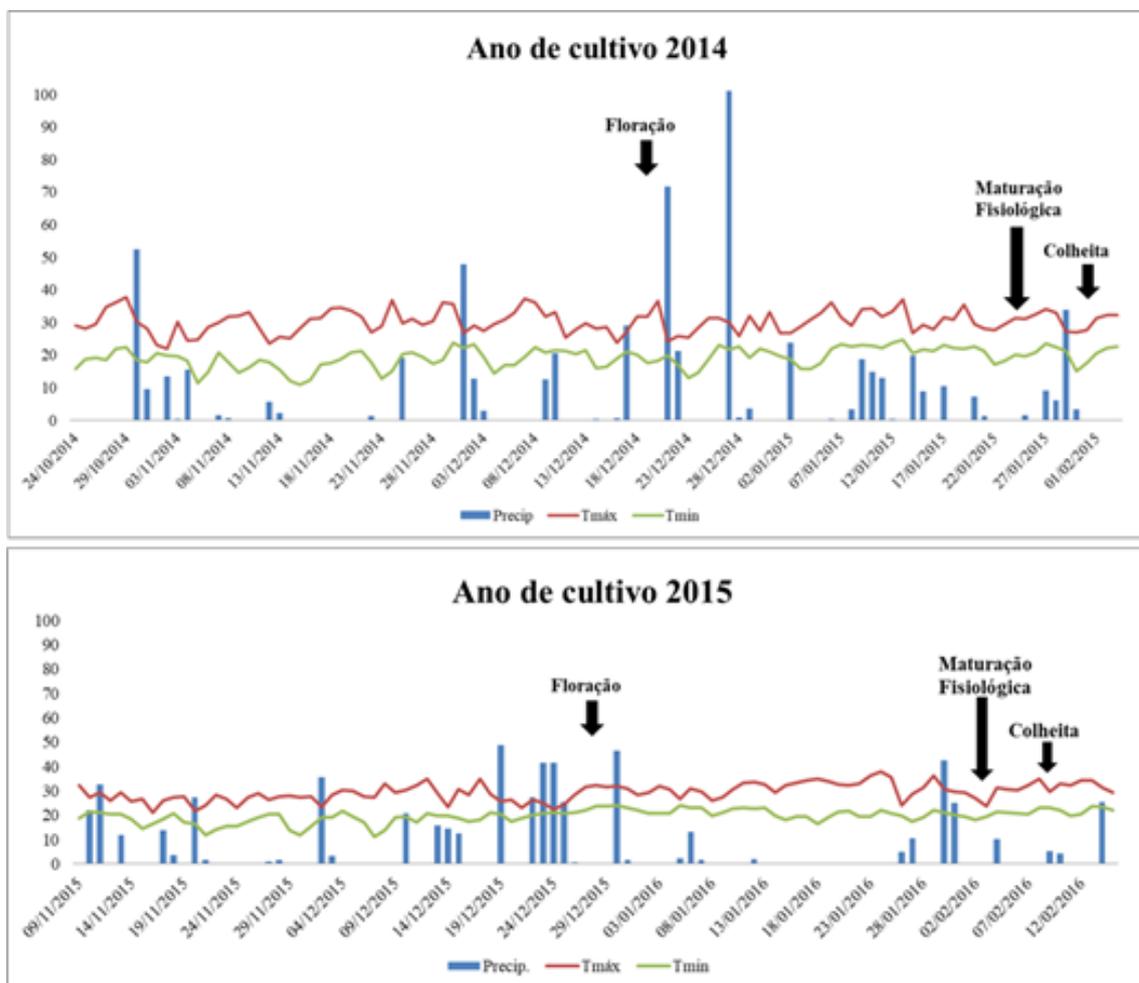
O índice multiplicativo, proposto por Subandi et al. (1973), foi utilizado pela eficiência do mesmo em selecionar os melhores genótipos de feijão para um conjunto de caracteres, desempenho agrônomico e qualidade nutricional (JOST et al., 2013; MAZIERO et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de campo foram conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria, em área experimental, localizada no Departamento de Fitotecnia, em Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95 m de altitude).

O cultivo foi realizado em dois anos: 2014 (semeadura em 24 de outubro de 2014) e 2015 (semeadura em 05 de novembro de 2015). As condições de cultivo, técnicas de manejo, colheita e beneficiamento foram homogêneas para ambos os experimentos, variando apenas as condições climáticas (Figura 2).

Figura 2 - Dados meteorológicos, precipitação (Precip), temperatura mínima (Tmin) e temperatura máxima (Tmáx) diária nos anos de cultivo 2014 e 2015. Dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia, na Estação Meteorológica de Santa Maria, localizado na Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.



O solo da área experimental é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado alítico típico (STRECK, 2008). A correção da fertilidade do solo e a adubação foram realizadas de acordo com o laudo da análise química do solo: 73,9% de saturação de bases, pH: 6,1, matéria orgânica: 1,8%, fósforo: 12,7 mg dm⁻³, potássio: 80 mg dm⁻³, cálcio: 6,7 cmolc dm⁻³, ferro: 2026,5 mg dm⁻³ e zinco: 0,5 mg dm⁻³. Na adubação de base, na semeadura, foram aplicados 275 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 5-20-20 (ureia: 45% de nitrogênio, superfosfato: 18% P₂O₅ e

cloreto de potássio: 60% K₂O). A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no estádio de primeira folha trifoliolada (V3), aplicando-se 67 kg ha⁻¹ de ureia (CTSBF, 2012).

O delineamento experimental utilizado nos experimentos de campo, para a obtenção dos grãos, foi blocos ao acaso, com três repetições. A parcela foi formada de quatro linhas de 4,0 m de comprimento e espaçada em 0,50 m entre as linhas. As duas linhas centrais foram consideradas como área útil, com um total de 4 m², e as duas linhas externas constituíram a bordadura. Os tratamentos avaliados consistiram de nove genótipos de feijão carioca (grãos de tegumento creme e estrias marrons), sendo sete deles linhagens avançadas e duas cultivares utilizadas como testemunha, pertencentes aos Experimentos de Valor de Cultivo e Uso Sul-brasileiro de Feijão, e oriundas diferentes obtentores: a cultivar Pérola (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA), FAP-F3-2 (Instituto Agrônomo de Campinas – IAC), LEC 03-14 (Universidade Estadual de Maringá – UEM), CNFC 11 954 (EMBRAPA), C 10-2-4/41 (IAC), CNFC 11 948 (EMBRAPA), CHC 01-175-1 (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI), Carioca (IAC) e LP 11-363 (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR).

A semeadura foi realizada de maneira convencional e a densidade de semeadura utilizada para todos os genótipos de feijão carioca foi de 13 sementes por metro linear, pois todos apresentam hábito de crescimento do tipo III, ou seja, indeterminado com guias longas. O tratamento de sementes, utilizado no momento da semeadura, foi constituído pelo fungicida Maxim XL (Fludioxonil + Metalaxyl-M) e pelo inseticida Cruiser (Tiametoxam), ambos na dose de 200 mL de produto comercial por 100 kg de sementes.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais a fim de não haver competição com a cultura. Para o controle de insetos foi utilizado o inseticida Engeo™ Pleno (Tiametoxam + Lambda-cialotrina) na dose de 125 mL ha⁻¹, conforme a recomendação do fabricante, sempre que a infestação de insetos atingiu aproximadamente 5% de dano. Já, o controle de doenças não foi efetuado a fim de se observar a incidência natural de doenças na cultura. Na maturação, as plantas da área útil foram colhidas manualmente.

Após a colheita, os grãos obtidos foram utilizados para constituírem os tratamentos. O delineamento experimental utilizado no laboratório foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial 9 x 4 x 2, constituído por nove genótipos de feijão carioca, quatro tempos de armazenamento dos grãos (0, 2, 4 e 6 meses) e dois anos de cultivo (2014 e 2015). Os grãos de feijão foram acondicionados em sacos de papel do tipo kraft e recobertos com sacos plásticos, com uma umidade média de 13%, armazenados em câmara fria a uma temperatura de 3 - 6 °C e 65 - 70% de umidade

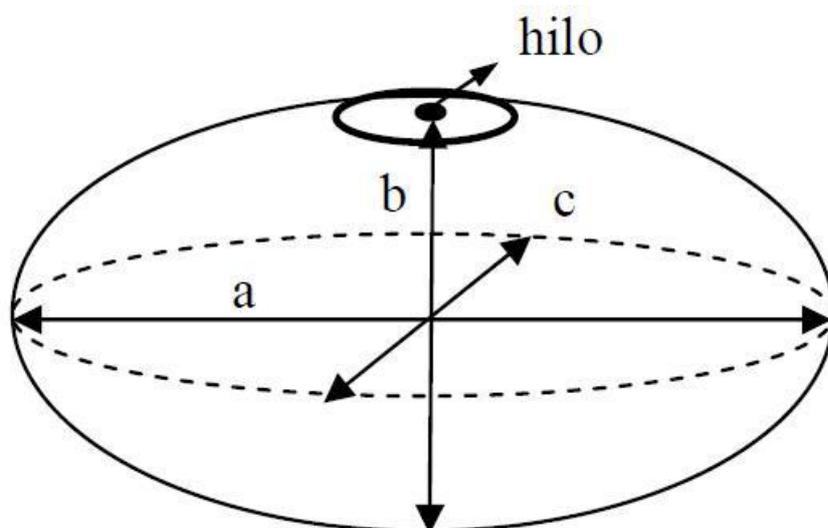
relativa do ar. Os grãos foram avaliados em momentos distintos, sendo o primeiro logo após a colheita, o segundo após dois meses em armazenamento em câmara fria, o terceiro aos quatro meses de armazenamento e o quarto, aos seis meses de armazenamento em refrigeração.

A massa de 100 grãos foi determinada a partir de três amostras de 100 grãos de cada genótipo, pesadas em balança de precisão. Em seguida utilizou-se a classificação proposta por Blair et al. (2010) para a determinação do tamanho dos grãos, considerando-se grãos grandes aqueles que possuem massa maior que 40 g 100 grãos⁻¹; grãos médios, massa de 25 a 40 g 100 grãos⁻¹; e pequenos, massa inferior a 25 g 100 grãos⁻¹.

As dimensões físicas dos grãos, comprimento (C), largura (L) e espessura (E) foram medidas em 10 grãos por repetição. Para tanto, usou-se um paquímetro digital, como apresentado de maneira sucinta na Figura 3.

Posteriormente, a forma e o grau de achatamento dos grãos foram determinados, segundo os critérios estabelecidos por Puerta Romero (1961). A forma dos grãos foi obtida com base no coeficiente J (mm), o qual mediu a relação entre o comprimento e a largura e classificou os grãos em esféricos (1,16 a 1,42 mm), elípticos (1,43 a 1,65 mm), oblonga/reniforme curta (1,66 a 1,85 mm), oblonga/reniforme média (1,86 a 2,00 mm) e oblonga/reniforme longa (> 2,00 mm). O grau de achatamento dos grãos foi baseado no coeficiente H (mm), que mediu a relação entre a espessura e a largura e classificou os grãos em achatados (< 0,69 mm), semicheios (0,70 a 0,79 mm) e cheios (> 0,80 mm).

Figura 3 - Esquema apresentando as dimensões físicas dos grãos de feijão, considerados como esferoides-oblatos, onde a: comprimento, b: espessura e c: largura.



A coloração do tegumento dos grãos foi quantificada em um colorímetro portátil Konica Minolta, modelo CR 410. As leituras foram realizadas no período diurno em uma sala iluminada com a determinação no modo CIE, de coordenadas “L”, a^* e b^* . O sistema considera a coordenada “L” responsável pela luminosidade dos grãos e pode variar de 0 para o preto até 100 para o branco. A cromaticidade a^* varia do verde e ao vermelho (a^* negativo = verde e a^* positivo = vermelho) e a cromaticidade b^* avalia a intensidade das tonalidades azul e amarelo (b^* negativo = azul e b^* positivo = amarelo) (GRANATTO; 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 branca.

Após a calibração do aparelho, uma amostra aleatória de grãos foi disposta em uma placa de petri de 6,0 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura, a qual foi colocada sobre um papel branco, a fim de não absorver possíveis cores do ambiente. O cabeçote de medição do colorímetro, com abertura de 50 mm, foi colocado verticalmente sobre os grãos. Três leituras foram realizadas em cada amostra para determinar os valores dos parâmetros de coloração “L”, a^* e b^* .

A capacidade de absorção de água dos grãos foi determinada pela diferença entre o peso úmido e seco dos grãos e expressa em porcentagem. Para isso uma amostra de 25 grãos foi pesada em balança de precisão para a determinação do seu peso seco e posteriormente foram embebidas em 50 mL de água destilada por um período de 8 horas em temperatura ambiente ($15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Após esse período, os grãos foram levemente secos em papel toalha e novamente pesados para a determinação do peso úmido.

A mesma amostra de 25 grãos após a embebição foi utilizada para a determinação do tempo de cozimento dos grãos, com o auxílio do cozedor de Mattson. O cozedor de Mattson é composto por 25 hastes metálicas de 90 gramas cada com uma ponta de 1 mm de espessura. Então cada grão foi colocado embaixo de uma das hastes do cozedor de Mattson. O cozedor foi colocado dentro de uma panela de pressão com capacidade de 7 litros, sem tampa, com 3 litros de água destilada em ebulição. O cozimento dos grãos transcorreu em fogo médio, de forma que quando os grãos amoleceram, as hastes caíram, perfurando-os, indicando que os grãos estavam cozidos. O tempo de cozimento foi determinado pelo tempo médio de queda das 13 primeiras hastes ($50\% +1$) do cozedor de Mattson.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, considerando todos os efeitos como fixos, exceto o erro, que é aleatório. O teste F a 5% de probabilidade foi utilizado para testar as hipóteses dos efeitos principais e das interações. Sendo significativo o

efeito da interação tripla, genótipo x tempo de armazenamento x ano de cultivo, realizou-se o desdobramento desta em três interações duplas. Para os fatores qualitativos foi utilizado como análise complementar, o teste de médias Scott-Knott para a comparação entre as médias dos genótipos em cada ano de cultivo e o teste *t* de Bonferroni para a comparação de médias entre os anos de cultivo, ambos a 5% de probabilidade de erro. Já, para o fator quantitativo, foi realizada análise de regressão, ajustando-se a equação de maior grau significativo.

As associações entre os caracteres foram obtidas a partir da estimativa da matriz fenotípica com os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os 10 caracteres avaliados, para cada época de cultivo. A significância dos coeficientes foi verificada pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

O índice multiplicativo, proposto por Subandi et al. (1973), foi utilizado para a seleção simultânea de genótipos de feijão carioca com tamanho padrão de grãos, coloração clara de tegumento e cozimento rápido. Nesta análise foram excluídos os caracteres de dimensão dos grãos, forma e grau de achatamento, pois os mesmos não apresentaram diferenças expressivas em função do tempo de armazenamento e ano de cultivo para os genótipos de feijão carioca avaliados. Para tanto, foi estipulado um número máximo de três genótipos superiores para a seleção, ou seja, 33,33% do total de genótipos avaliados. As análises estatísticas foram efetuadas com o uso do Microsoft® Office Excel e dos softwares Sisvar (FERREIRA, 2011) e Genes (CRUZ, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise da variância foi observada interação tripla significativa (genótipo x tempo de armazenamento x ano de cultivo: G x T x A) para os caracteres massa de 100 grãos, comprimento, largura, espessura, forma dos grãos, cromaticidade b^* e absorção de água pelos grãos (Tabela 1). Isso indica que, para esses caracteres, os genótipos apresentaram respostas distintas em função do tempo em que permanecem armazenados e do ambiente em que foram cultivados. Na literatura não foram encontrados trabalhos prévios de avaliação da interação genótipo x tempo de armazenamento x ano de cultivo para os caracteres da qualidade tecnológica do feijão.

Tabela 1 - Análise de variância para os caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento (GRAU ACHAT), parâmetros da coloração de grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), avaliados em nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses) e obtidos em dois anos de cultivo (2014 e 2015). Santa Maria-RS, UFSM.

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio					
		M100G (g)	COMP (mm)	LARG (mm)	ESPES (mm)	FORMA -	GRAU ACHAT -
Repetição	2	5,15	0,49 *	0,27 *	0,03	0,00	0,00
Genótipo (G)	8	82,91 *	4,02 *	1,25 *	1,53 *	0,07 *	0,03 *
Tempo (T)	3	1,46	2,11 *	2,20 *	1,22 *	0,07 *	0,00
Ano (A)	1	340,56 *	27,81 *	8,05 *	8,60 *	0,01	0,02 *
G x T	24	3,53	0,32 *	0,14 *	0,07 *	0,01 *	0,00
G x A	8	61,65 *	0,86 *	0,66 *	0,92 *	0,01 *	0,00 *
T x A	3	1,09	0,39 *	0,61 *	0,46 *	0,03 *	0,00
G x T x A	24	6,95 *	0,15 *	0,15 *	0,09 *	0,02 *	0,00
Erro	142	2,64	0,08	0,03	0,04	0,00	0,00
Média		23,41	10,41	5,95	4,36	1,75	0,73
CV ³ (%)		6,95	2,70	3,13	4,88	3,61	4,45
AS ⁴ (%)		98,50	99,00	98,60	98,50	96,90	98,20

FV	GL	“L” -	a* -	b* -	ABS (%)	COZ (s)
Repetição	2	3,51 *	0,42	0,37	179,08	524,48
Genótipo(G)	8	49,73 *	7,24 *	34,95 *	467,54 *	209302,61 *
Tempo (T)	3	28,46 *	4,19 *	6,75 *	980,53 *	78703,97 *
Ano (A)	1	159,01 *	34,06 *	10,92 *	648,16 *	5349018,89 *
G x T	24	1,72 *	0,27	0,84 *	366,96 *	11719,77
G x A	8	12,31 *	1,81 *	2,75 *	291,93 *	45067,09 *
T x A	3	6,26 *	0,99 *	1,86 *	3998,56 *	33240,30 *
G x T x A	24	1,52	0,24	1,12 *	390,69 *	10441,39
Erro	142	0,98	0,19	0,44	63,67	7759,03
Média		52,15	6,83	16,62	97,42	1119,38
CV ³ (%)		1,90	6,39	3,99	8,19	7,87
AS ⁴ (%)		99,00	98,70	99,50	92,90	98,10

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

¹FV: fontes de variação; ²GL: graus de liberdade; ³CV: coeficiente de variação; ⁴AS: acurácia seletiva.

Para os demais caracteres, grau de achatamento dos grãos, parâmetros da coloração “L” e cromaticidade a* e tempo de cozimento, não houve interação tripla G x T x A significativa, contudo constatou-se a significância das interações duplas. Para a luminosidade dos grãos, ou seja, valor de “L” verificou-se a significância da interação dupla genótipo x tempo de armazenamento (G x T) (Tabela 1). Essa interação representa o fato de que os

genótipos de feijão carioca se comportaram de maneira variada, dependendo do tempo em que permaneceram armazenados. Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2011), ao avaliar a qualidade tecnológica e nutricional de seis cultivares de feijão (preto e de cores) quando armazenados por seis meses em câmara fria (0°C e 50% UR), os autores encontraram interação genótipo x tempo de armazenamento significativa para absorção de água, tempo de cozimento e coloração do tegumento dos grãos.

No que se refere a significância da interação do genótipo x ano de cultivo (G x A), essa foi observada para os caracteres grau de achatamento dos grãos, para os parâmetros da coloração “L” e a* e tempo de cozimento (Tabela 1). Assim evidenciou-se que os genótipos de feijão carioca possuem efeito diferenciado em função do ambiente em que são cultivados. Segundo Farias et al. (2009) a avaliação desta interação é importante no melhoramento de plantas, em virtude da possibilidade de uma linhagem se desenvolver bem em um certo ambiente de cultivo e em outro não apresentar caracteres favoráveis, tornando a indicação de genótipos para ambientes de cultivo específicos. Além disso, quando se considera um ou mais de um ambiente, além do efeito genético e ambiental, deve-se considerar também, o efeito causado pela interação genótipo x ambiente. Tal interação é influenciada por diferentes fatores, entre os quais se destaca a variação entre anos, locais e épocas de semeadura.

Corroborando com este estudo, em trabalho realizado por Santos; Ribeiro; Maziero (2016), ao avaliarem 14 genótipos de feijão em duas épocas de cultivo, encontraram interação genótipo x época de cultivo significativa para os caracteres massa de 100 grãos, comprimento, largura, grau de achatamento e absorção de água dos grãos. Outros autores também relataram a significância da interação genótipo x ambiente para a massa de 100 grãos (RIBEIRO et al., 2014), o grau de achatamento dos grãos (CARBONELL et al., 2010) e para absorção de água (PERINA et al., 2014; RODRIGUES et al., 2005), para cultivares de feijão cultivadas em diferentes ambientes.

Para os parâmetros de coloração “L” e a* e tempo de cozimento, também foi constatada a significância da interação tempo de armazenamento x ano de cultivo (T x A) (Tabela 1). Sendo possível inferir que as condições ambientais nos anos de cultivo, especialmente precipitação e temperatura (Figura 2), exerceram influência sobre o comportamento dos genótipos enquanto estiveram armazenados. Não foram encontrados na literatura trabalhos prévios que avaliassem a interação tempo de armazenamento x ano de cultivo para os caracteres que conferem qualidade tecnológica de grãos.

A precisão experimental, medida pelos valores de coeficiente de variação (CV), oscilou entre 1,90% (valor de L) a 8,19% (absorção de água pelos grãos) (Tabela 1). Todos os

caracteres avaliados apresentaram coeficiente de variação com valores inferiores ou próximos aos relatados na literatura para feijão para massa de 100 grãos (RIBEIRO et al., 2014; STECKLING et al., 2017), comprimento, largura, espessura, forma, grau de achatamento (SANTOS et al., 2016), parâmetros da coloração “L”, a^* e b^* (RIBEIRO et al., 2014), absorção de água e tempo de cozimento (BERTOLDO et al., 2010; PEREIRA et al., 2017).

Porém a utilização somente do CV como indicador de precisão experimental tem sido questionada, uma vez que é um parâmetro que depende apenas da magnitude da variação residual e do número de repetições, assim foi utilizada também a acurácia seletiva (AS), proposta como medida de precisão mais adequada já que é dependente da proporção entre as variações de natureza genética e residual associadas ao caráter, do número de repetições e independe da média (RESENDE; DUARTE, 2007). Os valores de AS, foram superiores a 92% para todos os caracteres avaliados. Portanto, seguindo os critérios de Resende; Duarte (2007) foi obtida precisão experimental muito alta para todos os caracteres, ou seja, valores de AS maiores que 90%.

A massa de 100 grãos apresentou reposta linear para as cultivares Pérola e Carioca e a linhagem LP 11-363 (Tabela 2), em relação ao tempo de armazenamento, na média dos anos de cultivo, ou seja, os grãos desses genótipos quando armazenados em ambiente refrigerado por até seis meses, sofreram uma alteração no seu tamanho de grão, sendo que para as cultivares Pérola e Carioca foi observado uma diminuição e no caso da linhagem LP 11-363 um aumento na sua massa de 100 grãos. Já, para os demais genótipos não houve ajuste de nenhuma equação de regressão, o que favorece a seleção de genótipos de feijão carioca que mantenham a massa de 100 grãos após seis meses de armazenamento refrigerado, facilitando a comercialização desses grãos.

Para as medidas de comprimento (C), largura (L) e espessura (E) dos grãos foram obtidos ajustes de equações de 1º ou de 2º graus para a maioria dos genótipos armazenados assim os genótipos de feijão carioca avaliados apresentaram um período de armazenamento máximo em que não se observaram alterações em suas dimensões físicas de grão (Tabela 2). Ao longo de seis meses de armazenamento foram mantidas as seguintes dimensões de físicas: comprimento para as linhagens CNFC 11 948 e LP 11-363; largura para a cultivar Carioca; e espessura para as linhagens CNFC 11 954, CNFC 11 948 e a cultivar Carioca.

Apenas as cultivares Pérola e Carioca mantiveram a forma dos grãos após o armazenamento por seis meses em câmara fria. Essas cultivares apresentam grãos oblongos/reniformes curtos, com valores de coeficiente J que variam de 1,66 a 1,85 mm, segundo critérios estabelecidos por Puerta Romero (1961). Os demais genótipos apresentaram

respostas lineares e quadráticas para a forma de seus grãos, ou seja, ao armazenar esses genótipos ocorreram mudanças na forma dos grãos. Segundo Carbonell et al. (2010), a preferência do mercado brasileiro concentra-se em grãos de feijão de formato elíptico, sendo assim, nenhum dos genótipos avaliados atende o padrão de mercado quando armazenados.

Tabela 2 - Testes de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação de regressão, média, coeficiente de determinação (R^2) e ponto de máxima ou de mínima eficiência técnica (PMET, em dias), de nove genótipos de feijão carioca, submetidas a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses), na média de dois anos de cultivo (2014 e 2015) em relação aos caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma de grãos, parâmetros da coloração de grão ("L" e b*) e absorção de água (ABS). Santa Maria – RS, UFSM.

Genótipo	RL	RQ	RC	Equação de regressão	Média	R^2 (%)	PMET ⁽¹⁾
M100G (g)							
Pérola	*	ns	ns	$Y = 28,115 - 0,653t$	26,48	59,86	-
FAP-F3-2	ns	ns	* ⁽¹⁾	-	21,26	-	-
LEC 03-14	ns	ns	ns	-	22,50	-	-
CNFC 11 954	ns	ns	ns	-	24,13	-	-
C 10-2-4/41	ns	ns	ns	-	25,11	-	-
CNFC 11 948	ns	ns	ns	-	25,00	-	-
CHC 01-175-1	ns	ns	ns	-	22,88	-	-
Carioca	*	ns	ns	$Y = 22,750 - 0,600t$	21,25	68,18	-
LP 11-363	*	ns	ns	$Y = 20,183 + 0,746t$	22,05	66,10	-
COMP (mm)							
Pérola	*	*	ns	$Y = 9,348 + 0,899t - 0,122t^2$	10,68	93,25	110,52
FAP-F3-2	*	*	ns	$Y = 8,581 + 1,407t - 0,259t^2$	10,16	98,98	81,48
LEC 03-14	*	*	* ⁽¹⁾	$Y = 10,356 - 0,479t + 0,136t^2$	10,18	77,60	52,83
CNFC 11 954	*	ns	* ⁽¹⁾	$Y = 10,379 + 0,117t$	10,67	40,68	-
C 10-2-4/41	*	*	ns	$Y = 10,123 + 0,845t - 0,134t^2$	11,23	91,79	94,59
CNFC 11 948	ns	ns	ns	-	10,41	-	-
CHC 01-175-1	*	*	* ⁽¹⁾	$Y = 9,104 + 0,875t - 0,144t^2$	10,21	79,01	91,14
Carioca	*	ns	* ⁽¹⁾	$Y = 9,529 + 0,112t$	9,81	20,55	-
LP 11-363	ns	ns	* ⁽¹⁾	-	10,33	-	-
LARG (mm)							
Pérola	*	*	ns	$Y = 5,072 + 0,984t - 0,154t^2$	6,38	98,83	95,85
FAP-F3-2	*	*	ns	$Y = 4,662 + 1,138t - 0,192t^2$	6,07	99,46	88,89
LEC 03-14	ns	*	ns	$Y = 5,179 + 0,505t - 0,089t^2$	5,77	83,77	85,11
CNFC 11 954	*	*	ns	$Y = 5,110 + 0,700t - 0,120t^2$	5,96	90,52	87,51
C 10-2-4/41	ns	*	ns	$Y = 4,887 + 1,202t - 0,232t^2$	6,15	94,24	77,70
CNFC 11 948	*	*	ns	$Y = 5,169 + 0,611t - 0,107t^2$	5,89	98,86	85,65
CHC 01-175-1	*	*	ns	$Y = 4,335 + 1,261t - 0,204t^2$	5,95	99,65	92,73
Carioca	ns	ns	ns	-	5,60	-	-
LP 11-363	ns	*	ns	$Y = 5,412 + 0,437t - 0,093t^2$	5,81	73,11	70,47

ESPES (mm)								
Pérola	*	*	*(1)	$Y = 4,088 + 0,529t - 0,085t^2$	4,77	60,23	93,36	
FAP-F3-2	*	*	ns	$Y = 2,996 + 0,834t - 0,136t^2$	4,06	98,87	91,98	
LEC 03-14	*	ns	ns	$Y = 3,904 + 0,121t$	4,21	78,66	-	
CNFC 11 954	ns	ns	ns	-	4,59	-	-	
C 10-2-4/41	*	*	ns	$Y = 3,542 + 0,856t - 0,152t^2$	4,54	94,05	84,48	
CNFC 11 948	ns	ns	ns	-	4,27	-	-	
CHC 01-175-1	*	*	ns	$Y = 3,073 + 0,884t - 0,152t^2$	4,14	94,56	87,24	
Carioca	ns	ns	ns	-	4,13	-	-	
LP 11-363	ns	*	ns	$Y = 4,019 + 0,481t - 0,090t^2$	4,54	97,60	80,16	
FORMA								
Pérola	ns	ns	ns	-	1,68	-	-	
FAP-F3-2	*	ns	ns	$Y = 1,756 - 0,032t$	1,68	91,72	-	
LEC 03-14	ns	*	*(1)	$Y = 1,970 - 0,231t + 0,050t^2$	1,76	66,42	70,71	
CNFC 11 954	ns	*	ns	$Y = 1,977 - 0,163t + 0,030t^2$	1,80	88,26	81,51	
C 10-2-4/41	ns	*	ns	$Y = 2,018 - 0,212t + 0,046t^2$	1,83	98,51	69,12	
CNFC 11 948	ns	*	ns	$Y = 1,986 - 0,206t + 0,039t^2$	1,77	90,39	79,23	
CHC 01-175-1	*	*	ns	$Y = 2,008 - 0,222t + 0,036t^2$	1,72	95,83	90,49	
Carioca	ns	ns	*(1)	-	1,76	-	-	
LP 11-363	ns	*	*(1)	$Y = 1,870 - 0,115t + 0,026t^2$	1,78	42,41	66,33	
"L"								
Pérola	*	ns	ns	$Y = 53,567 - 0,418t$	52,52	54,78	-	
FAP-F3-2	*	ns	ns	$Y = 53,682 - 0,883t$	51,48	90,80	-	
LEC 03-14	ns	ns	ns	-	49,70	-	-	
CNFC 11 954	*	*	ns	$Y = 50,724 + 2,617t - 0,604t^2$	52,74	99,83	64,98	
C 10-2-4/41	ns	ns	ns	-	55,03	-	-	
CNFC 11 948	*	ns	ns	$Y = 54,289 - 0,734t$	52,45	74,65	-	
CHC 01-175-1	*	*	ns	$Y = 49,034 + 3,253t - 0,769t^2$	51,40	96,13	63,45	
Carioca	*	*	ns	$Y = 49,731 + 2,413t - 0,575t^2$	51,45	99,86	62,94	
LP 11-363	*	*	ns	$Y = 51,723 + 1,550t - 0,404t^2$	52,56	86,37	57,54	
b*								
Pérola	ns	ns	ns	-	17,40	-	-	
FAP-F3-2	ns	*	*(1)	$Y = 16,009 + 2,311t - 0,415t^2$	18,67	70,22	83,52	
LEC 03-14	ns	ns	ns	-	16,71	-	-	
CNFC 11 954	ns	ns	ns	-	17,07	-	-	
C 10-2-4/41	*	*	*(1)	$Y = 12,629 + 1,823t - 0,267t^2$	15,19	57,09	102,42	
CNFC 11 948	*	*	ns	$Y = 13,282 + 1,748t - 0,298t^2$	15,42	98,21	87,99	
CHC 01-175-1	ns	*	ns	$Y = 14,917 + 1,898t - 0,347t^2$	17,06	92,63	82,05	
Carioca	*	*	ns	$Y = 12,837 + 1,722t - 0,287t^2$	14,99	92,49	90,00	
LP 11-363	ns	ns	ns	-	17,12	-	-	
ABS (%)								
Pérola	ns	*	ns	$Y = 131,807 - 26,199t + 5,288t^2$	105,97	95,41	74,31	
FAP-F3-2	*	ns	*(1)	$Y = 109,025 - 5,244t$	95,91	48,13	-	
LEC 03-14	ns	*	ns	$Y = 117,462 - 21,422t + 3,933t^2$	93,41	99,12	81,69	
CNFC 11 954	ns	ns	ns	-	96,62	-	-	

C 10-2-4/41	ns	*	ns	$Y = 117,786 - 18,920t + 3,410t^2$	96,06	89,96	83,10
CNFC 11 948	ns	ns	ns	-	96,63	-	-
CHC 01-175-1	ns	*	* ⁽¹⁾	$Y = 76,577 + 19,898t - 4,039t^2$	96,02	88,40	73,89
Carioca	ns	ns	ns	-	95,30	-	-
LP 11-363	*	*	* ⁽¹⁾	$Y = 161,547 - 47,775t + 8,230t^2$	103,83	84,57	87,06

*= efeito significativo a 5% pelo teste F; ^{ns}= não significativo pelo teste F; ⁽¹⁾ Regressão para terceiro grau não ajustada, de difícil explicação biológica.

Em relação à luminosidade dos grãos (valor de “L”), respostas lineares e quadráticas foram observadas para a maioria dos genótipos avaliados, assim, ao final do período de seis meses de armazenamento em ambiente refrigerado, os genótipos apresentaram uma queda nos seus valores de “L”, ou seja, um escurecimento do tegumento desses grãos (Tabela 2). Fato que faz com que seu valor de mercado e oportunidade de comercialização sejam reduzidos, uma vez que os consumidores associam a cor escura dos grãos a um produto velho e que precisa de um maior tempo de cozimento (NASAR-ABBAS et al., 2009). Resultados semelhantes foram relatados previamente por Lima et al. (2014), que observaram decréscimo nos valores de luminosidade para a cultivar Pérola, quando armazenada por oito meses a temperatura ambiente ($20\text{ °C} \pm 5,26\text{ °C}$ e $55,2\% \pm 16,8\%$ UR), usando diferentes tipos de embalagens. No trabalho realizado por Oliveira et al. (2011), com grãos da cultivar Pérola e Carioca, também avaliadas neste trabalho, armazenados por seis meses em câmara fria (0 °C e 50% UR), os autores observaram queda nos valores de luminosidade dessas cultivares, após seis meses de armazenamento refrigerado. Os valores de “L”, das cultivares Pérola e Carioca, após a colheita foram de 53,86 e 52,26, já após seis meses de armazenamento, os valores foram de 47,37 e 49,75, respectivamente.

Já, as linhagens C 10-2-4/41 e LEC 03-14 não apresentaram escurecimento dos seus grãos após seis meses de armazenamento em câmara fria (Tabela 2). A linhagem C 10-2-4/41, manterá o valor de 55,03, sendo considerada uma linhagem com boa aceitação de mercado, já que para feijão carioca são preferidos valores de “L” superiores a 55,00 (RIBEIRO, et al., 2008). A linhagem LEC 03-14 também manteve a sua luminosidade estável após o armazenamento, porém essa linhagem apresenta um valor de “L” de 49,70, considerado escuro para feijão carioca. Em trabalho realizado por Brackmann et al. (2002), com três genótipos de feijão carioca armazenadas em minisilos (5L), em diferentes condições de armazenamento, os autores concluíram que o armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada proporcionam a manutenção da coloração clara do tegumento das cultivares avaliadas, corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho para a linhagem C 10-2-

4/41, onde o armazenamento em ambiente refrigerado foi eficiente para manter a coloração do tegumento desta linhagem.

Essas diferenças encontradas em relação à luminosidade dos grãos, sendo que alguns genótipos mantem a sua claridade e outros tendem a escurecer com o decorrer do tempo de armazenamento, pode ser relacionada com as características genéticas (ARAÚJO et al., 2012). Além disso, em genótipos de feijão carioca com escurecimento rápido, as causas são uma combinação de fatores relacionados com a oxidação enzimática e não enzimática, já para os genótipos que possuem um escurecimento de pós-colheita mais lento, se deve principalmente a atividade da enzima polifenoloxidase durante o armazenamento (SIQUEIRA et al., 2016a).

Para o valor de cromaticidade b^* , que representa a matiz do azul ao amarelo, todos os genótipos avaliados apresentam valores positivos para a cromaticidade b^* , ou seja, as variações encontradas ocorrem na faixa do amarelo (Tabela 2). Os genótipos de feijão carioca avaliados, FAP-F3-2, C10-2-4/41, CNFC 11 948, CHC 01-175-1 e Carioca apresentaram respostas quadráticas para os valores de cromaticidade b^* , ou seja, há um amarelecimento em função do armazenamento. Já, para as linhagens LEC 03-14, CNFC 11 954 e LP 11-363 e a cultivar Pérola, mantiveram o parâmetro de coloração b^* constante mesmo após seis meses de armazenamento em ambiente refrigerado, o que é satisfatório para feijão carioca, que se buscam valores de b^* mais baixos, não ocorrendo assim o amarelecimento dos grãos.

Resultados semelhantes já foram relatados na literatura por Silochi et al. (2016), ao avaliarem três cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal), armazenadas em prateleiras (25°C e sem controle da umidade relativa do ar) por 180 dias de armazenamento, os autores observaram que os valores “L”, diminuíram ao longo do tempo de armazenamento, variando de 55,90 a 53,30 na médias das três cultivares. Para a cromaticidade b^* também houve uma queda nessas variáveis no período de 180 dias em comparação aos períodos anteriores (60, 90 e 135 dias). Alguns autores relataram valores de cromaticidade b^* em feijão carioca são, em média, $b^* = 12,92$ como relatado por Silva et al. (2009); $b^* = 14,36$, conforme relatado por Schoeninger et al. (2014), valores próximos ao encontrados no presente estudo. Feijão carioca com tegumento amarelado têm sido associados com baixo teor de antocianinas (DIAZ et al., 2010) e taninos (CALDAS; BLAIR, 2009).

A absorção de água pelos grãos apresentou comportamento similar aos demais caracteres em função do tempo de armazenamento (Tabela 2). As linhagens CNFC 11 954 e CNFC 11 948 e a cultivar Carioca, quando armazenadas por até seis meses em ambiente refrigerado, não têm problemas com sua capacidade de absorção de água. Já para os demais genótipos, houve o ajuste de equações de 1º e 2º grau, ou seja, esses se comportaram de

maneiras distintas durante o período de armazenamento. Fatores como espessura, o peso, à aderência aos cotilédones, à porosidade e às propriedades coloidais do tegumento, podem ter interferido na absorção de água dos genótipos avaliados (WYATT, 1977). Silochi et al. (2016), ao avaliarem três cultivares de feijão carioca (BRS Estilo, BRS Madrepérola e BRS Pontal), armazenadas por até 180 dias em ambiente natural (25°C), obtiveram porcentagens de absorção de água média ao longo do armazenamento de 100,75%, valor superior ao encontrado no presente estudo.

Em relação ao desdobramento da interação genótipo x ano de cultivo, se observou que a massa de 100 grãos variou de 20,30 (LEC 03-14, 2015) a 30,72 g (Pérola, 2014) (Tabela 3). Segundo Carbonell et al. (2010) lotes de feijão carioca com massa de 100 grãos superior a 25,00 g são preferidos pelos consumidores, pois representam maior rendimento de panela e, por isso são mais aceitos pelo consumidor. No presente estudo, as linhagens C 10-2-4/41 e CNFC 11 954 e a cultivar Pérola apresentaram massa de 100 grãos superior a 25,00 g no ano de cultivo 2014, porém esse comportamento não se manteve no ano de cultivo de 2015. No geral os valores de massa de 100 grãos foram superiores no ano 2014, exceto para a cultivar Carioca, que apresentou comportamento inverso. Esse fato pode ser explicado devido às condições climáticas, principalmente a baixa precipitação no período de enchimento de grãos, verificadas no ano de 2015 (Figura 2).

De acordo com Cunha et al. (2005), a disponibilidade hídrica no solo no momento do enchimento dos grãos altera significativamente a nutrição e a massa de 100 grãos. Esse resultado vai de encontro às afirmações de que esta característica é muito influenciada pelo ambiente (RIBEIRO et al., 2014; SANTOS; RIBEIRO; MAZIERO, 2016).

Tabela 3 - Valores médios obtidos para os caracteres de massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento dos grãos, parâmetros da coloração de grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), obtidos para nove genótipos de feijão carioca, obtidos em dois anos de cultivo (2014 e 2015), na média de quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses). Santa Maria – RS, UFSM.

Genótipo	M100G		COMP		LARG	
	(g)		(mm)		(mm)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Carioca	20,33 e B	22,17 b A	9,91 d B	9,71 d B	5,52 e A	5,67 b A
FAP-F3-2	21,29 e A	21,23 c A	10,63 c A	9,68 d B	6,35 c A	5,79 b B
LP 11-363	22,46 d A	21,64 c A	10,60 c A	10,05 c B	5,94 d A	5,67 b B
LEC 03-14	24,71 c A	20,30 c B	10,54 c A	9,82 d B	5,92 d A	5,62 b B
CNFC 11 948	24,74 c A	25,27 a A	10,43 c A	10,38 b A	5,83 d A	5,96 a A

CNFC 11 954	25,49	c A	22,77	b B	11,14	b A	10,20	c B	6,25	c A	5,67	b B
CHC 01-175-1	24,97	c A	20,79	c B	10,65	c A	9,77	d B	6,25	c A	5,66	b B
C 10-2-4/41	27,26	b A	22,97	b B	11,77	a A	10,70	a B	6,51	b A	5,79	b B
Pérola	30,72	a A	22,24	b B	11,23	b A	10,12	c B	6,733	a A	6,02	a B
Média	24,66		22,15		10,767		10,05		6,146		5,76	
	ESPES (mm)			FORMA			GRAU DE ACHATAMENTO					
	2014		2015		2014		2015		2014		2015	
Carioca	3,99	e B	4,26	a A	1,80	a A	1,72	c B	0,72	c B	0,75	b A
FAP-F3-2	4,30	d A	3,82	b B	1,68	b A	1,67	d A	0,68	d A	0,66	e A
LP 11-363	4,62	c A	4,47	a A	1,79	a A	1,77	b A	0,78	a A	0,79	a A
LEC 03-14	4,44	c A	3,97	b B	1,79	a A	1,75	c A	0,75	b A	0,71	d B
CNFC 11 948	4,22	d A	4,32	a A	1,79	a A	1,75	c A	0,72	c A	0,72	c A
CNFC 11 954	4,88	b A	4,29	a B	1,79	a A	1,80	b A	0,78	a A	0,76	b A
CHC 01-175-1	4,49	c A	3,79	b B	1,71	b A	1,73	c A	0,72	c A	0,67	e B
C 10-2-4/41	4,87	b A	4,21	a B	1,81	a A	1,85	a A	0,75	b A	0,73	c A
Pérola	5,22	a A	4,31	a B	1,67	b A	1,68	d A	0,78	a A	0,71	d B
Média	4,56		4,16		1,76		1,75		0,74		0,72	
	"L"			a*			b*					
	2014		2015		2014		2015		2014		2015	
Carioca	50,68	d B	52,22	b A	6,04	c B	6,63	d A	14,39	f B	15,57	e A
FAP-F3-2	52,67	c A	50,28	d B	7,29	a B	8,39	a A	18,34	a B	19,00	a A
LP 11-363	52,76	c A	52,37	b A	7,13	a A	6,64	d B	17,42	b A	16,82	d B
LEC 03-14	50,56	d A	48,83	e B	6,69	b B	7,53	c A	16,58	c A	16,84	d A
CNFC 11 948	53,69	b A	51,21	c B	5,85	c B	6,64	d A	15,66	d A	15,17	e A
CNFC 11 954	54,04	b A	51,44	c B	5,95	c B	7,35	c A	16,69	c B	17,43	c A
CHC 01-175-1	52,76	c A	50,03	d B	6,60	b B	7,85	b A	16,75	c B	17,36	c A
C 10-2-4/41	56,42	a A	53,64	a B	5,78	c B	6,47	d A	15,05	e A	15,32	e A
Pérola	53,46	b A	51,58	c B	6,54	b B	7,54	c A	16,69	c B	18,11	b A
Média	53,00		51,29		6,43		7,23		16,39		16,85	
	ABS (%)			COZ (min:s)								
	2014		2015		2014		2015					
Carioca	98,81	A A	91,79	b B	17:08	c B	20:12	b A				
FAP-F3-2	102,34	A A	89,49	b B	18:45	d B	23:19	d A				
LP 11-363	99,15	A B	108,52	a A	13:03	a B	17:39	a A				
LEC 03-14	94,80	A A	92,01	b A	16:08	c B	21:35	c A				
CNFC 11 948	96,18	A A	91,09	b A	16:23	c B	21:39	c A				
CNFC 11 954	99,43	A A	93,81	b A	16:51	c B	21:34	c A				
CHC 01-175-1	97,53	A A	94,51	b A	15:42	b B	22:38	d A				
C 10-2-4/41	100,84	A A	91,28	b B	15:03	b B	19:39	b A				
Pérola	103,27	A A	108,67	a A	15:16	b B	23:15	d A				
Média	99,15		95,69		16:02		21:16					

* Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (valor-p <0,05) e maiúscula na linha, pelo teste de *t* de Bonferroni (valor-p <0,05).

Foram observadas diferenças nos caracteres de comprimento, largura e espessura entre os genótipos avaliados (Tabela 3). Para os valores de comprimento dos grãos, nenhum outro genótipo superou a linhagem C 10-2-4/41 que apresentou os maiores valores de comprimento dos grãos em ambos os anos de cultivo (11,77 mm, 2014 e 10,70 mm, 2015) (Tabela 3). Já, para os valores de largura, a cultivar Pérola obteve os maiores valores, de 6,73 mm (2014) e de 6,02 mm (2015), porém não diferiu estatisticamente da linhagem CNFC 11 948 (5,96 mm), em 2015. Os valores de espessura dos grãos foram superiores no ano 2014, com exceção da cultivar Carioca onde o maior valor de espessura foi no ano 2015, com valores variaram de 3,79 mm (CHC 01-175-1, 2015) a 5,22 mm (Pérola, 2014). Em trabalho realizado por Soares Júnior et al. (2012), avaliando as dimensões físicas da cultivar Pérola, foi observado valores para o comprimento de 10,88 mm, largura de 6,86 mm e espessura dos grãos de 4,29 mm, valores próximos aos encontrados neste estudo.

Em relação à forma dos grãos, os genótipos de feijão avaliados em ambos os anos de cultivo apresentaram valores que ficaram entre 1,67 a 1,85 mm (Tabela 3), que conforme o coeficiente J são classificados em oblongos/reniformes curtos, segundo os critérios estabelecidos por Puerta Romero (1961). Segundo a mesma fonte, para o grau de achatamento dos grãos, somente a linhagem FAP-F3-2, em ambos os anos de cultivo, apresentou grãos classificados como achatados, com valores de coeficiente H, menores de 0,69 mm. Os demais genótipos avaliados foram classificados como grãos semi-cheios (valores que variam de 0,70 a 0,79 mm).

A preferência do mercado brasileiro concentra-se em grãos de feijão de formato elíptico e com grau de achatamento semi-cheio (CARBONELL et al., 2010). Nenhum dos genótipos avaliados se enquadra no padrão comercial quanto à forma dos grãos, o que restringirá a comercialização dos grãos. Já, para o grau de achatamento todos os genótipos de feijão carioca atendem à demanda do mercado consumidor, com exceção da linhagem FAP-F3-2, que não se enquadra na preferência do consumidor. No presente estudo não houve alteração da forma e do grau de achatamento dos genótipos de feijão carioca avaliados em função do ano de cultivo, contradizendo a informação de Carbonell et al. (2010), onde os autores afirmam que as dimensões dos grãos de feijão (comprimento, largura e espessura), as quais determinam a forma e o grau de achatamento dos grãos, são altamente influenciados pelo ambiente, com presença de resposta diferenciada dos genótipos frente a variação ambiental.

Os valores de luminosidade foram estratificados em quatro grupos em 2014, e em cinco grupos, em 2015 (Tabela 3). Contudo nos dois anos de cultivo, a linhagem C 10-2-4/41

apresentou os maiores valores de “L”, 56,42 para o ano de 2014 e 53,64 para o ano de 2015, atendendo a demanda do mercado consumidor por grãos com coloração clara de tegumento, facilitando assim a sua comercialização. A linhagem LEC 03-14, por sua vez, mostrou os menores valores de luminosidade em ambos anos de cultivo (50,56 em 2014 e 48,83 em 2015).

A linhagem C 10-2-4/41 obteve os menores valores em ambos os anos de cultivo para a cromaticidade a^* , de 5,78 (ano de cultivo 2014), porém não diferiu estatisticamente das linhagens CNFC 11 948, CNFC 11 954 e a cultivar Carioca (Tabela 3). No ano de cultivo de 2015, o valor de a^* , da linhagem C 10-2-4/41 foi de 6,47 e não diferiu das linhagens CNFC 11 948, LP 11-363 e cultivar Carioca. Em relação a cromaticidade b^* , o mesmo comportamento foi observado para a linhagem C 10-2-4/41 com os menores valores observados em ambos os anos de cultivo 15,05 para o ano de 2014 e de 15,32 para 2015. Portanto, a linhagem C 10-2-4/41 apresenta os seus grãos menos avermelhados e menos amarelados e, conseqüentemente, menos escurecidos, aumentando a aceitabilidade pelo mercado consumidor que prefere grãos de tegumento claro, por associarem a demanda de tempo para o cozimento.

Em trabalho realizado por Ganascini et al. (2014), ao avaliarem três cultivares de feijão carioca obtidas no Estado de Goiás, foram observadas amplitudes nos valores de “L” de 52,35 a 58,53, cromaticidade a^* de 4,24 a 6,93 e para cromaticidade b^* , de 10,22 a 11,81, valores de cromaticidade b^* menores aos encontrados nesse estudo. Já, em trabalho realizado por Barros e Prudêncio (2016), avaliando características químicas e físicas de sete genótipos de feijão carioca os valores observados para os parâmetros de coloração foram valores diferentes ao desse estudo em relação a “L” de 41,29 a 51,27 e cromaticidade a^* , de 9,03 a 12,17, para cromaticidade b^* , de 17,48 a 19,52 os valores vão de encontro ao observado nesse estudo. A linhagem C 10-2-4/41, apresenta valores de luminosidade que atendem aos padrões para feijão carioca. Também apresenta valores de cromaticidades a^* e b^* semelhantes e até inferiores ao encontrados na literatura, como já citado anteriormente, podendo então serem considerados valores de referência para cromaticidade a^* de 6,00 e para cromaticidade b^* , de 15,00.

A absorção de água pelos grãos após o tempo de embebição de oito horas, no ano de cultivo 2014, foi observada formação de um único grupo, com altas porcentagens de absorção, que variaram de 94,80% (LEC 03-14) a 103,27% (Pérola) (Tabela 3). No ano 2015 ocorreu a formação de dois grupos distintos, sendo que a maior capacidade de absorção foi novamente da cultivar Pérola (108,67%), repetindo o comportamento do ano de 2014, porém

não diferiu estatisticamente da linhagem LP 11-363 (108,52%). Valores semelhantes foram encontrados por Perina et al. (2014), ao avaliar a qualidade tecnológica de 25 genótipos de feijão obtidos em diferentes épocas de cultivo. E em trabalho realizado por Santos; Ribeiro; Maziero (2016) foram observadas médias de absorção de água menores (84,86% e 75,00%), quando se avaliaram genótipos de feijão oriundos de diferentes épocas de cultivo.

Rodrigues et al. (2005) observaram correlação negativa entre a porcentagem de absorção de água e o tempo de cozimento dos grãos de feijão. No entanto, no presente estudo, o genótipo com a maior absorção de água apresentou tempo de cozimento intermediário em relação aos demais genótipos. Segundo Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), os grãos de feijão que absorvem mais água tendem a ser os de mais fácil cozimento, porém, esta constatação não foi comprovada para todos os genótipos avaliados no presente trabalho. Lopes (2011), ao avaliar diferentes grãos de feijão do grupo carioca, também verificou que os grãos com maior porcentagem de embebição de água antes do cozimento não foram os que apresentaram o menor tempo cozimento.

Os menores tempos de cozimento foram observados no ano de cultivo 2014 para todos os genótipos de feijão carioca avaliados, onde foram formados três grupos distintos, com tempo de cozimento variando de 13 min e 3 s (LP 11-363) a 18 min e 45 s (FAP-F3-2) (Tabela 3). No ano de 2015, a linhagem LP 11-363 também foi a que apresentou o menor tempo de cozimento (17 min e 39 s), superando as testemunhas Pérola e Carioca nos dois anos de cultivo. Observou-se uma variação do tempo de cozimento semelhante para genótipos de feijão recentemente divulgados por diferentes autores (FARINELLI; LEMOS, 2010; MINGOTTE et al., 2013; PERINA et al., 2014; RIBEIRO et al., 2014). Todos os genótipos de feijão avaliados apresentaram tempo de cozimento inferior a 25 minutos, considerados como de cozimento rápido (SANTOS; RIBEIRO; MAZIERO, 2016). Lotes comerciais de feijão que cozinham em menor tempo representam vantagens aos consumidores de feijão, pelo menor tempo de preparo do alimento e pelo menor consumo de energia empreendido em seu preparo (RIBEIRO et al., 2007).

O desdobramento da interação tempo de armazenamento x ano de cultivo mostrou que não houve ajuste de nenhum grau de equação de regressão para a massa de 100 grãos, em ambos anos de cultivo, na média de todos os genótipos avaliados (Tabela 4). Portanto, independente do ano de cultivo, para o caractere massa de 100 grãos é possível o armazenamento dos genótipos de feijão carioca em ambiente refrigerado sem que hajam mudanças no tamanho dos grãos, o que representa vantagem para os produtores na hora da comercialização. Pereira et al. (2012a) relataram variação de 18,9 a 23,5 g em cultivares

comerciais do tipo carioca, quando avaliada a influência do ambiente em cultivares de feijão do cerrado. Pereira et al. (2013) observaram redução na massa de 100 grãos das cultivares BRS Estilo, BRS Horizonte, BRS 9435 Cometa e BRS Pontal conduzidas em cinco ambientes no Estado de Pernambuco, em comparação com seus tamanhos padrões de grãos.

Tabela 4 - Testes de hipótese dos efeitos linear (RL), quadrático (RQ) e cúbico (RC), equação de regressão, coeficiente de determinação (R²), média e ponto de máxima ou de mínima eficiência técnica (PMET, em dias), na média de nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento (0, 2, 4 e 6 meses), em dois anos de cultivo (2014 e 2015), em relação aos caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma dos grãos (FORMA), parâmetros da coloração dos grãos (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ), Santa Maria – RS, UFSM.

Caractere		2014						
		RL	RQ	RC	Equação de regressão Y= função (t)	R ² (%)	Média	PMET ⁽¹⁾
M100G	(g)	Ns	ns	ns	-	-	24,66	-
COMP	(mm)	*	ns	* ⁽¹⁾	Y= 10,372 + 0,158t	74,45	10,77	-
LARG	(mm)	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 5,063 + 0,928t - 0,165t ²	85,55	6,15	84,36
ESPES	(mm)	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 3,713 + 0,711t - 0,124t ²	85,13	4,56	86,01
FORMA	-	Ns	*	ns	Y= 1,977 - 0,215t + 0,042t ²	95,58	1,76	76,77
“L”	-	*	*	ns	Y= 52,248 + 1,544t - 0,414t ²	94,10	53,01	55,95
a*	-	*	ns	ns	Y= 6,059 + 0,149t	96,17	6,43	-
b*	-	*	*	ns	Y= 14,497 + 1,507t - 0,249t ²	93,71	16,40	90,78
ABS	(%)	*	*	ns	Y= 111,263 - 18,501t + 4,552t ²	99,07	99,15	60,99
COZ	(s)	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 1109,2778 - 178,126t + 39,741t ²	83,32	16:02	67,23
		2015						
		RL	RQ	RC	Equação de regressão	R ² (%)	Média	PMET ⁽¹⁾
M100G	(g)	ns	ns	ns	-	-	22,15	-
COMP	(mm)	*	*	ns	Y= 9,383 + 0,471t - 0,068t ²	94,38	10,05	103,89
LARG	(mm)	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 5,001 + 0,613t - 0,103t ²	73,06	5,76	89,28
ESPES	(mm)	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 3,648 + 0,422t - 0,072t ²	60,95	4,16	87,90
FORMA	-	ns	*	* ⁽¹⁾	Y= 1,858 - 0,101t + 0,019t ²	50,38	1,75	79,74
“L”	-	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 51,370 + 0,580t - 0,204t ²	68,29	51,29	42,63
a*	-	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 5,636 + 1,286t - 0,217t ²	85,18	7,23	88,89
b*	-	*	*	* ⁽¹⁾	Y= 15,740 + 0,884t - 0,147t ²	61,07	16,85	90,21
ABS	(%)	*	ns	* ⁽¹⁾	Y= 113,470 - 7,113t	66,93	95,69	-
COZ	(s)	ns	*	ns	Y= 1401,250 - 117,217t + 22,472t ²	92,35	21:17	78,24

*= efeito significativo a 5% pelo teste F; ns= não significativo; ⁽¹⁾Regressão para terceiro grau não ajustada, de difícil explicação biológica.

Para a medida de comprimento dos grãos no ano de 2014 houve o ajuste de uma equação de 1º grau, ou seja, no decorrer do armazenamento os grãos apresentaram um aumento na sua medida de comprimento. Já, no ano de 2015 houve o ajuste de uma equação de 2º grau, sendo que o comprimento dos grãos sofreu alterações ao longo do armazenamento por seis meses em ambiente refrigerado (Tabela 4). Para as medidas de largura, espessura e forma dos grãos, em ambos os anos de cultivo, na média dos genótipos, foi observado uma resposta quadrática, sendo assim ocorrem mudanças nesses caracteres em função do tempo que os genótipos de feijão carioca estão armazenados e do ambiente em que foram cultivados. Em trabalho realizado por Santos; Ribeiro; Maziero, (2016), os autores não observaram diferença estatística entre os ambientes de cultivo para a forma dos grãos, resultado oposto ao encontrado no presente estudo.

Os parâmetros de coloração apresentaram comportamentos diferenciados em função do ambiente de cultivo, devido às diferenças nas condições climáticas nos anos de cultivo (Figura 2). Dos caracteres avaliados o mais influenciado pelo tempo de armazenamento e ano de cultivo foi a luminosidade dos grãos, ou seja, o valor de “L”. Para este parâmetro de coloração, após os dois meses de armazenamento em ambiente refrigerado já é possível observar uma queda nos valores de “L” para os dois anos de cultivo (Tabela 4). O mesmo ocorre para a cromaticidade a^* no ano de 2015. Para a cromaticidade a^* no ano de 2014, na média os genótipos apresentam um aumento no valor de a^* ao longo do armazenamento, ou seja, a um amarelecimento dos grãos, reduzindo assim o seu valor de mercado. Para a cromaticidade b^* , foi observado o mesmo comportamento nos dois anos de cultivo, os grãos apresentam um decréscimo no seu valor, os grãos não tendem a ficar avermelhados. Portanto, há necessidade de avaliação da coloração de feijão carioca em diferentes anos e locais de cultivo.

Para o caractere absorção de água pelos grãos, os genótipos avaliados apresentaram respostas distintas em função do ambiente em que foram cultivados (Tabela 4). As condições climáticas no momento da colheita interferiam na qualidade fisiológica, modificando a integridade dos grãos e refletindo na sua capacidade de absorção (Figura 2). As diferenças entre os anos de cultivo observadas são resultantes do efeito do ambiente sobre o desenvolvimento dos genótipos que quando cultivados em diferentes condições, neste estudo as variáveis precipitação e temperatura do ar, se desenvolvem de forma diferenciada (ROCHA et al., 2010).

O tempo de cozimento dos grãos, nos dois anos de cultivo (2014 e 2015) se comportaram de maneira semelhante. Os genótipos após seis meses de armazenamento em

ambiente refrigerado apresentam um aumento no tempo necessário para que os mesmos atinjam a maciez adequada para consumo (Tabela 4). Em estudo realizado por Bertoldo et al. (2010), ao avaliar genótipos de feijão, em três tempos de armazenamento e três tipos de recobrimento dos grãos, observaram um aumento no tempo de cozimento dos grãos com o tempo de armazenamento em condições de ambiente natural durante o período de zero, 45 e 90 dias após a colheita. De acordo com a mesma fonte, o tempo de cozimento dos grãos de feijão é influenciado por diversos fatores, como, por exemplo: o tempo de armazenamento; a interação genótipo x ambiente e; o tempo necessário para a máxima hidratação. Um dos aspectos que influenciam o aumento no tempo de cozimento é o endurecimento do tegumento dos grãos, que ocorre com o passar dos dias de armazenagem.

Os genótipos de feijão carioca diferiram para todos os caracteres avaliados e isso permite a seleção indireta de um caractere com base em outro (Tabela 5). Os coeficientes de correlação apresentaram magnitude diferente nos dois anos de cultivo avaliados. Os coeficientes de correlação de Pearson para o ano de cultivo 2014 variaram de -0,68 (grau de achatamento e tempo de cozimento) a 0,86 (massa de 100 grãos e espessura). Já, para o ano de cultivo de 2015, os coeficientes variaram de -0,80 (grau de achatamento e tempo de cozimento) a 0,90 (espessura e grau de achatamento) (Tabela 5).

Correlação de alta magnitude e positiva foi obtida entre a massa de 100 grãos e o comprimento dos grãos ($r= 0,75$ e $0,70$), nos dois anos de cultivo. Assim, correlações positivas indicam grandezas relacionadas, ou seja, quando maior for o valor para determinado caractere, maior será o valor do outro caractere relacionado. Portanto, o aumento da medida de comprimento dos grãos de feijão carioca, resulta em uma maior massa de 100 grãos. Não foram encontrados relatos prévios na literatura que comprovem a correlação entre o comprimento e a massa de 100 grãos em feijão.

Já, entre o grau de achatamento dos grãos (E/L) e o tempo de cozimento dos grãos foi encontrada correlação negativa e de alta magnitude ($r= -0,68$ e $-0,80$), nos dois anos de cultivo. Valores negativos para correlação de Pearson indicam grandezas inversamente relacionadas, ou seja, quanto maior for o valor para um determinado caractere, menor será o valor do outro caractere relacionado. Então o aumento da relação espessura/largura, que indica o grau de achatamento dos grãos, resulta em menor tempo de cozimento dos grãos, ou seja, grãos de feijão carioca cheios ou semi-cheios apresentaram tempo de cozimento mais rápido do que os grãos achatados.

Tabela 5 - Estimativas de correlação de Pearson entre os caracteres massa de 100 grãos (M100G), comprimento (COMP), largura (LARG), espessura (ESPES), forma, grau de achatamento (GRAU ACHAT) parâmetros da coloração (“L”, a* e b*), absorção de água (ABS) e tempo de cozimento (COZ) de nove genótipos de feijão carioca, submetidos a quatro tempos de armazenamento dos grãos obtidas em dois anos de cultivo (2014 e 2015) em Santa Maria - RS, UFSM.

2014											
	COMP	LARG	ESPES	FORMA	GRAU	“L”	a*	b*	ABS	COZ	
M100G	0,75 *	0,75 *	0,86 *	-0,27	0,55	0,54	-0,30	-0,05	0,28	-0,35	
COMP		0,84 *	0,85 *	-0,07	0,44	0,85 *	-0,23	0,07	0,48	-0,29	
LARG			0,83 *	-0,59	0,20	0,63	0,11	0,38	0,69 *	-0,09	
ESPES				-0,26	0,71 *	0,59	-0,06	0,20	0,52	-0,45	
FORMA					0,30	0,10	-0,58	-0,62	-0,53	-0,26	
GRAU						0,24	-0,23	-0,10	0,03	-0,68 *	
“L”							-0,42	-0,09	0,43	-0,25	
a*								0,84 *	0,19	-0,03	
b*									0,25	0,07	
ABS										0,08	
2015											
	COMP	LARG	ESPES	FORMA	GRAU	“L”	a*	b*	ABS	COZ	
M100G	0,70 *	0,60	0,58	0,28	0,33	0,50	-0,58	-0,57	-0,12	-0,10	
COMP		0,43	0,54	0,73 *	0,36	0,64	-0,61	-0,52	0,05	-0,31	
LARG			0,27	-0,30	-0,17	0,23	-0,04	0,03	0,25	0,39	
ESPES				0,37	0,90 *	0,68 *	-0,77 *	-0,45	0,53	-0,61	
FORMA					0,51	0,50	-0,61	-0,57	-0,12	-0,62	
GRAU						0,60	-0,77 *	-0,47	0,42	-0,80 *	
“L”							-0,72 *	-0,47	0,24	-0,60	
a*								0,89 *	-0,11	0,79 *	
b*									0,26	0,57	
ABS										-0,25	

* Significativo pelo teste *t* em nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Santos; Ribeiro; Maziero (2016), em uma avaliação de 14 genótipos de feijão em duas épocas de cultivo, existe uma correlação positiva entre o grau de achatamento, que é a relação entre espessura/largura, com o tempo de cozimento ($r = 0,66$), ou seja, aumentando o grau de achatamento, há um aumento no tempo de cozimento dos grãos, resultado oposto ao encontrado nesse estudo. As diferenças observadas nesse estudo se devem as condições dos grãos de feijão no momento da colheita (seca ou chuva), o que interfere na qualidade fisiológica dos grãos, ocorrendo modificações nas características de tegumento dos grãos, influenciando na absorção e no tempo de cozimento dos grãos (SCHOLZ; FONSECA JUNIOR, 1999).

Embora tenham sido identificados genótipos com comportamento superior para cada caráter, sabe-se que a seleção de genótipos superiores fundamentada em uma característica é inadequada por conduzir a um produto final superior apenas em relação ao caráter selecionado (CRUZ; REGAZZI, 2001). Uma forma de aumentar o êxito com a seleção é utilizar a seleção simultânea, a qual é realizada empregando-se índices de seleção Na cultura do feijão diversos estudos apontam a viabilidade do uso de índices para a seleção simultânea para caracteres agronômicos e nutricionais (JOST et al., 2013; MAZIERO et al., 2015; MORAIS et al., 2016). Contudo, o uso do índice multiplicativo para a seleção de genótipos superiores para qualidade tecnológica de grãos é inédito na literatura.

Para que seja possível obter progresso com a seleção de determinado genótipo é preciso conhecer o controle genético da característica em estudo, sendo que a herdabilidade (h^2) é um dos parâmetros mais importantes nesse tipo de estudo. Todos os caracteres utilizados para a seleção simultânea de genótipos de feijão carioca com qualidade tecnológica de grãos obtiveram estimativas de herdabilidade de alta magnitude, com valores variando de 81,72% para tempo de cozimento a 97,55% para cromaticidade b^* (Tabela 6), demonstrando que os caracteres que conferem qualidade tecnológica dos grãos de feijão carioca são altamente herdáveis, propiciando maiores ganhos com a seleção.

Tabela 6 - Média da população original (X_o), média dos genótipos selecionados (X_s), herdabilidade (h^2), ganho genético (GG) e porcentagem de ganho genético (GG%) com seleção simultânea por índice multiplicativo para os três melhores genótipos avaliados na média dos tempos de armazenamento, em dois anos de cultivo (2014 e 2015) em Santa Maria, RS.

Caractere*	X_o	X_s	h^2	GG	GGs%	Genótipo selecionado		
						C 10-2-4/41	Pérola	CNFC 11 948
M100G	23,16	24,92	91,21	1,60	6,92	24,77	24,85	25,15
“L”	51,07	52,43	95,42	1,30	2,54	54,45	51,96	50,89
a^*	7,01	6,66	94,68	-0,33	-4,77	6,36	7,12	6,50
b^*	16,72	16,15	97,55	-0,55	-3,32	15,42	17,50	15,53
ABS	96,39	102,07	86,83	4,93	5,11	97,26	112,14	96,80
COZ	19:25	19:15	81,72	-8,85	-0,76	18:55	18:45	20:04
Ganho				-1,91	5,72			

Caractere: M100G: massa de 100 grãos; parâmetros da coloração de grãos: “L” (luminosidade dos grãos), a^ e b^* (cromaticidades); ABS: absorção de água dos grãos, %; COZ: tempo de cozimento, min:s.

Com o índice multiplicativo foi possível a obtenção de estimativas de ganhos de seleção para todos os caracteres em estudo (Tabela 6). Ganhos de seleção positivos foram observados para os caracteres: massa de 100 grãos (6,92%), luminosidade dos grãos (2,54%)

e absorção de água pelos grãos (5,11%). Já, para os demais, foram obtidos ganhos negativos, para as cromaticidades a^* (-4,77%) e b^* (-3,32%) e tempo de cozimento (-0,76%). As estimativas obtidas são favoráveis para a seleção de genótipos superiores que reúnam padrão comercial de grãos, coloração clara de tegumento e rápido cozimento. O ganho total obtido para os caracteres que conferem qualidade tecnológica de grãos foi de 5,72%.

Por meio do uso do índice multiplicativo, os três genótipos selecionados foram a linhagem C 10-2-4/41, a cultivar Pérola e a linhagem CNFC 11 948. Dos três genótipos selecionados, a linhagem C 10-2-4/41 reúne as melhores médias para os caracteres que conferem qualidade tecnológica de grãos. A sua massa de 100 grãos é de 24,77 g, atendendo a demanda das empresas e consumidores para tamanho de grãos. Os parâmetros de luminosidade estão dentro dos aceitos e relatados na literatura para feijão carioca, com valor de “L” de 54,45, cromaticidade a^* 6,36 e b^* de 15,42. A absorção está na média descrita para genótipos de feijão, 97,26% de capacidade de absorção de água. E quanto ao tempo de cozimento (18 min e 55 s), é um genótipo considerado de rápido cozimento.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos de feijão carioca avaliados apresentam variabilidade genética e respondem de maneira distinta em função do tempo de armazenamento e do ambiente de cultivo para os parâmetros de qualidade tecnológica dos grãos.

As linhagens C 10-2-4/41, CNFC 11-948 e a cultivar Pérola apresentam massa de 100 grãos atende as exigências do mercado consumidor, com grãos de massa superior a 25g e essa característica se mantém após seis meses em armazenamento refrigerado.

Todos os genótipos avaliados apresentam forma oblonga/reniforme e grau de achatamento semi-cheio, com exceção da linhagem FAP-F3-2.

A linhagem C 10-2-4/41 apresenta valores dos parâmetros de coloração (“L”, a^* e b^*) que atende as exigências do mercado após seis meses de armazenamento em ambiente refrigerado e oriunda de diferentes anos de cultivo.

O uso da relação E/L, grau de achatamento dos grãos, mostra-se promissora para seleção indireta de grãos de feijão carioca de cozimento rápido.

O índice multiplicativo mostrou-se eficiente para a seleção simultânea de caracteres para a identificação de genótipos de feijão carioca com qualidade tecnológica de grãos.

A linhagem C 10-2-4/41 será selecionada pelo programa de melhoramento por apresentar um padrão de grãos similar a cultivar Pérola, considerada padrão de feijão carioca,

além de apresentar cozimento rápido, coloração de tegumento claro e escurecimento tardio dos grãos quando armazenado em ambiente refrigerado por até seis meses e independente do ano de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 4, p. 503-508, 1964.
- ARAÚJO, L. C. A. de; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão. 2012, 247 p. (Documentos, 272).
- BARROS, M.; PRUDENCIO, S. H. Physical and chemical characteristics of common bean varieties. **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 751-762, 2016.
- BASSETT, M. J. A dwarfing gene that reduces seed weight and pod length in common bean. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 1058-1061, 1982.
- BASSETT, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, n. 3, p. 1-24, 2004.
- BASSINELLO, P. Z. et al. **Aceitabilidade de três cultivares de feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico EMBRAPA, 66).
- BENEVIDES, C. M. J. et al. Effect of processing on oxalate and tannin levels in maxine (*Cucumis anguria* L.), eggplant (*Solanum gilo*), green bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and guarandú bean (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 321-327, 2013.
- BENINGER, C. W. et al. Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 20, p. 7777-7782, 2005.
- BERNARDO, L. M. **História da luz e das cores**, 2 ed. Universidade do Porto, Porto, 2010. 101 p.
- BERTOLDO, J. G. et al. Emprego de polímeros na qualidade tecnológica de grãos de feijão sob condições de armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 975 – 984, 2010.
- BLAIR, M. W. et al. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 121, n. 2, p. 237 - 248, 2010.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 13-18.

BRACKMANN, A. et al. 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, p. 911 - 915, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa nº 12**, de 28 de março de 2008. Regulamento técnico do feijão. Brasília, 2008. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

BRACCINI, A. L. **Avaliação da qualidade fisiológica da semente de linhagens e variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento**. Viçosa: UFV, 1993. 109p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade federal de Viçosa, 1993.

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.

BURATTO, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 373-380, 2007.

CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

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.

CARNEIRO, J. E. S. et al. Cultivar release - BRSMG madreperola: common bean cultivar with late-darkening Carioca grain. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 281-284, 2012.

CARVALHO, O. A. **Relação entre a classificação e a qualidade das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

CASTELLANE, P. D.; VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): cultivo e produção de sementes**. Jaboticabal: FUNEP/FCA, 1988. 60 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **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.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: feijão - 11º levantamento**. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. 992p.
- CUNHA, W. G.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Selection aiming at upright growth habit of common bean with carioca type grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 5, n. 4, p. 379-386, 2005.
- CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 1, 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.
- CTSBF. COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo do feijão na Região Sul - brasileira 2009**. Epagri: Florianópolis, 2012. 157 p.
- DALLA CORTE, A. et al. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.
- 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 anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, Easton, v. 43, p. 595-601, 2010.
- ELIA, F. M. et al. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 512-518, 1997.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção 2**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em 14 abr 2015.
- FARIA, J. C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo**. 2005. 121p. Tese (Doutorado em Agronomia Genética e Melhoramento de Plantas)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 759-764, 2010.
- FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. 2ª ed. Editora UFLA, Lavras, 2009.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 1039-1042, 2011.
- GANASCINI, D. et al. O parâmetro de água de três variedades distintas de feijão do tipo carioca. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 3, n. 3, p. 164-167, 2014.
- GEPTS, P.; DEBOUCK, D. **Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*)**. In: VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (Ed.) Common beans: Research for crop improvement. CAB International: Wallingford, 1991. p 7-53.
- GIESE, J. Color measurements in foods as a quality parameter. **Food Technology**, Chicago, v. 54, n. 2, p. 62-65, 2000.
- GRANATTO, 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.
- HUNTER LAB. CIE L*a*b* Color Scale. **Applications note**, Reston, v. 8, n. 7, p. 1-4, 1996.
- JACINTO-HERNÁNDEZ, C. et al. Cooking quality and changes in color by effect of ageing in a yellow dry bean population. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 54, n. 2, p. 36-37, 2011.
- JOST, E. et al. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 93, n. 5, p. 1097-1104, 2013.
- LEAKEY, C. L. A. **Genotypic and phenotypic markers in common bean**. In: GEPTS, P. (Ed.). Genetic resources of phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution, and utilization. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 245-327.
- LIMA, D. C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014.
- LONDERO, P. M. G. **Parâmetros genéticos dos teores de proteína e de fibra alimentar associados ao rendimento de grãos em feijão**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.
- 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 Agronômico de Campinas, Campinas, 2011.
- MAIA, B. S. et al. **Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2013. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4005.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- MALUF, R. S.; SPERANZA, J. S. **Preços dos alimentos, modelos de agricultura e abastecimento alimentar no Brasil: os casos da soja e do feijão**. Rio de Janeiro: CERESAN, 2014. 70 p. (Relatório Técnico 7).

MARLES, M. A. S.; VANDENBERG, A.; BETT, K. Polyphenol oxidase activity and differential accumulation of polyphenolics in seed coats of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) characterize postharvest color changes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 16, p. 7049-7056, 2008.

MARTIN-CABREJAS, M. A et al. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 2, p. 3223-3227, 1997.

MATEO BOX, J. M. **Leguminosas de grano**. Barcelona: Salvat, 1961. 500p.

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 1749-1754, 2007.

MAZIERO, S. M.; RIBEIRO, N. D.; STORCK, L. Simultaneous selection in beans for architecture, grain yield and minerals concentration, **Euphytica**, Wageningen, v. 202, n. 5, p. 1-11, 2015.

MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.715-723, 2007.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 833-838, 2008.

MINGOTTE, F. L. C. et al. 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.

MOÇAMBIQUE, P. A. **Caracterização fenotípica de acessos crioulos de *Phaseolus vulgaris* L. do tipo carioca baseada em análise multivariada**. 2010. 101 p. Tese (Doutorado em Agronomia-Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MORAIS, P. P. P. et al. Influência do período e das condições de armazenamento de feijão no tempo de cocção. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 593-598, 2010.

MORAIS, N. M. et al. Selection of common bean land cultivars based on agronomic performance, cooking time, and mineral concentration. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1255 – 1266, 2016.

MOURA, A.C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem**. 1998. 70f. Mestrado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

MOURA, M. M. et al. 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. et al. 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**, London, v. 42, n. 1, p. 1703-1711, 2009.

NIENHUIS, J.; SINGH, S. P. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle-American origin. II. Genetic variance, heritability and expected response from selection. **Pant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 2, p. 155-163, 1988.

NUTTI, M. et al. **A biofortificação como ferramenta para combate a deficiências em micronutrientes**. [s.l.] CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006.

OLIVEIRA, D. P. 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, V. R. et al. 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.

PAN, Z., et al. Development of impact acoustic detection and density separations methods for production of high quality processed beans. **Journal of Food Engineering**, Daves, v. 97, n. 1, p. 292 – 300, 2010.

PEREIRA, H. S. et al. Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 165-172, 2012a.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B. Seleção de linhagens arbustivas de feijoeiro com grãos tipo carioca, resistência à antracnose e mancha angular e alta produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.3, p. 209-215, 2004.

PEREIRA, H. S. et al. Interação entre genótipos de feijoeiro e ambientes no Estado de Pernambuco: estabilidade, estratificação ambiental e decomposição da interação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2603-2614, 2013.

PEREIRA, H. S. et al. BRS Notável: a medium-early-maturing, disease-resistant Carioca common bean cultivar with high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 220-223, 2012b.

PEREIRA, H. S. et al. Culinary and nutritional quality of common bean lines with Carioca grain type and interaction with environments. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.2, p. 159-166, 2017.

PERINA, E. F. et al. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “Performance” Genotípica. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

PERINA, E. F. et al. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 14-22, 2014.

POSSOBOM, M. T. D. F., et al. Genetic control of the seed coat colour of Middle American and Andean bean seeds. **Genetica**, Netherlands, v. 143, n.2, p. 45-54, 2015.

PUERTA ROMERO, R. J. **Variedades de judias cultivadas em Espanha**. Monografia, Ministério da Agricultura, Madrid, 1961.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. **Cultivares: feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, p. 415-436, 2006.

RAMALHO, M. A. P. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA. 2012. 522p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 233, p. 21-32, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. F. B Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, 1998.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B. Comportamento de cultivares de feijão quanto à produtividade e qualidade dos grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, Viçosa, MG, 2002. **Anais**. Viçosa, MG. p.263-266.

RESENDE, O. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 15 – 24, 2005.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, O. et al. Avaliação qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 517-524, 2008.

RIBEIRO, N. D. et al. Combined selection for grain yield, cooking quality and minerals in the common bean. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 869-877, 2013.

RIBEIRO, N. D. et al. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 335-346, 2007.

RIBEIRO, N. D. et al. Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentrations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2014.

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. 1, p. 2042-2045, 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.

RODRIGUES J. A. et al. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 209-214, 2005.

ROCHA, V. P. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 39-54, 2010.

SANTOS, G. G. dos; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M. Evaluation of common bean morphological traits identifies grain thickness directly correlated with cooking time. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 1, p. 35-42, 2016.

SANTOS, M. P. dos. Desempenho de sementes de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na microregião de Ceres – GO. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 3, p. 41-49, 2015.

SCHOENINGER, V. et al. Processing parameter optimization for obtaining dry beans with reduced cooking time. **Food Science and Technology**, Austrália, v. 56, n. 2, p. 49-57, 2014.

SILOCHI, R. M. H. Q. et al. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, New Delhi, 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. **Alimentos Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, G. S.; ABREU, A. F. B.; SILVA, F. B. Genetic control of early grain darkening of carioca common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 299-304, 2008.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1647 - 1652, 2009.

SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 19 p. (Documentos, 156).

SILVA, M. M. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014.

SIQUEIRA, B. S. et al. 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.

SIQUEIRA, B. S. et al. Do enzymatic or non-enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tegument? **Food Science and Technology**, Campinas, v. 69, p. 593 – 600, 2016a.

SIQUEIRA, B. S. et al. Analyses of technological and biochemical parameters related to the HTC phenomenon in carioca bean genotypes by the use of PCA. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 65, p 939 – 945, 2016b.

SMANIOTTO, T. A. S. et al. 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.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Características físicas, químicas e sensoriais de feijões crioulos orgânicos, cultivados na região de Goiânia-GO. **Revista Verde**, Paraíba, v. 7, n. 2, p. 109 – 118, 2012.

SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Estimates of genetic e phenotypic variance of some traits of dry-bean using a segregant population from the cross jalo x small-white. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 1, p. 87-91, 1995.

SCHOLZ, M. B. S.; FONSECA JÚNIOR, N. S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999. Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 1999. 1 CD-ROM.

STECKLING, S. de M. et al. Genetic diversity and selection of common bean lines based on technological quality and biofortification. **Genetic and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 1, p. 1 -13, 2017.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222 p.

SUBANDI, W. et al. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 2, p. 184–186, 1973.

THEOBALD, H. Dietary calcium and health. **British Nutrition Foudation**, London, v. 1, n. 30, p. 237-277, 2005.

TORGA, P. P. et al. Decomposition of the interaction of common black bean group genotypes with the environment. **Agricultural Sciences**, Toronto, v. 4, n. 12, p. 683-688, 2013.

TORGA, P. P. et al. Cooking time of common beans carioca type evaluated in different environments. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 54, n.2, p. 40-41, 2011.

VANIER, N. L. et al. 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, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 22. ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1, cap. 9, p. 301-391, 2005.

YOUSIF, A. M.; KATO, J.; DEETH, H. C. Effect of storage on the biochemical structure and processing quality of adzuki bean (*Vigna angularis*). **Food Reviews International**, v. 23, p. 1-33, 2007.

ZAMINDAR, N. et al. 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.

WYATT, J.C. Seed coat and water absorption properties of seed of nearisogenic snap bean lines differing in seed coat color. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.4, p.478-480, 1977.

ANEXOS

Anexo 1 - Média das datas da floração (FLOR), maturação fisiológica (MAT FISIOL) e colheita (COLH) dos nove genótipos de feijão carioca, avaliados em dois anos de cultivo (2014 e 2015), na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

GENÓTIPOS	2014			2015		
	FLOR	MAT FISIOL	COLH	FLOR	MAT FISIOL	COLH
Pérola	20/12	01/02	04/02	31/12	03/02	07/02
FAP-F3-2	20/12	01/02	04/02	28/12	29/01	02/02
LEC 03-14	19/12	01/02	04/02	25/12	29/01	02/02
CNFC 11 954	19/12	20/01	25/01	28/12	03/02	06/02
C 10-2-4/41	19/12	01/02	05/02	27/12	15/02	19/02
CNFC 11 948	21/12	03/02	07/02	28/12	03/02	07/02
CHC 01-175-1	20/12	01/02	04/02	27/12	22/01	26/01
Carioca	20/12	25/01	24/01	26/12	29/01	03/02
LP 11-363	21/12	02/02	05/02	30/12	09/02	13/02