



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**QUALIDADE DE GRÃOS EM FEIJOEIRO-
COMUM: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS
GENÉTICOS, INTERAÇÃO COM AMBIENTES,
EFICIÊNCIA DE SELEÇÃO E CORRELAÇÃO
ENTRE CARACTERES**

DANILO VALENTE ALMEIDA

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Patrícia Guimarães Santos Melo

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

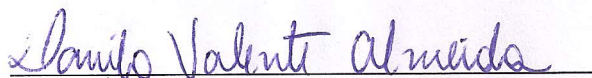
Nome completo do autor: Danilo Valente Almeida

Título do trabalho: Qualidade de grãos em feijoeiro-comum: estimativas de parâmetros genéticos, interação com ambientes, eficiência de seleção e correlação entre caracteres.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM** ☐ **NÃO**¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 19 / 07 / 18

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

Danilo Valente Almeida

**QUALIDADE DE GRÃOS EM FEIJOEIRO-COMUM:
ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS,
INTERAÇÃO COM AMBIENTES, EFICIÊNCIA DE
SELEÇÃO E CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientadora:

**Prof.^a Dr.^a Patrícia Guimarães Santos
Melo**

Coorientador:

Dr. Leonardo Cunha Melo

Goiânia, GO – Brasil
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Almeida, Danilo Valente

Qualidade de grãos em feijoeiro-comum: [manuscrito] : estimativas de parâmetros genéticos, interação com ambientes, eficiência de seleção e correlação entre caracteres / Danilo Valente Almeida. - 2018.
CXLIII, 143 f.

Orientador: Profa. Dr.^a Patrícia Guimarães Santos Melo; co orientador Dr. Leonardo Cunha Melo.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação em Genética & Melhoramentos de Plantas , Goiânia, 2018.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, símbolos, tabelas.

1. Qualidade de grãos. 2. Phaseolus vulgaris L.. 3. Feijão carioca.
4. Índice de seleção. I. Melo, Dr.^a Patrícia Guimarães Santos , orient. II. Título.

CDU 633



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS**



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE DANILO VALENTE ALMEIDA. Aos vinte e nove dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito (29.06.2018), às 14h, na sala 203 do Centro de Aulas Pequi, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, reuniram-se os membros da Banca Examinadora: Dr.^a Patrícia Guimarães Santos Melo – Orientadora/Presidente, Dr. Leonardo Cunha Melo - Coorientador, Dr.^a Fernanda de Cássia Silva e Dr.^a Nerinéia Dalfollo Ribeiro (por vídeo conferência). Sob a presidência da orientadora, em sessão pública, procedeu-se à avaliação da defesa da dissertação intitulada: **“Qualidade de grãos em feijoeiro-comum: estimativas de parâmetros genéticos, interação com ambientes, eficiência de seleção e correlação entre caracteres”**, de autoria de **Daniilo Valente Almeida**, discente do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, no nível de Mestrado, da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Dr.^a Patrícia Guimarães Santos Melo, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação que, em 40 minutos, apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o mestrando, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Ao final, a banca reunida em separado procedeu à avaliação da defesa. A dissertação foi considerada Aprovada pela Banca Examinadora, cumprindo integralmente este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS**, pela Universidade Federal de Goiás, em conformidade com o estabelecido pela resolução nº 1403/2016, do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura da UFG (CEPEC/UFG), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Para fins de publicação eletrônica, o mestrando poderá efetuar as modificações eventualmente sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar à Secretaria do PGMP, respeitando-se o prazo máximo de 30 dias após a data da Defesa. A conclusão do curso e a emissão do diploma dar-se-ão em conformidade com o estabelecido pela Resolução CEPEC nº 1403/2016. Cumpridas as formalidades de pauta, às 18:00h a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação e, para constar eu, Sérgio Tadeu Sibov, Coordenador do PGMP, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, em duas vias de igual teor.

Dr.^a Patrícia Guimarães Santos Melo
Presidente/Orientadora

Dr. Leonardo Cunha Melo
Coorientador

Dr.^a Fernanda de Cássia Silva
Membro

Dr.^a Nerinéia Dalfollo Ribeiro
Membro

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Fernando e Sandra e ao meu irmão, Igor, pelo apoio e consideração,

DEDICO

Aos atuais e futuros pesquisadores

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me orientar e acompanhar em todos os momentos.

A minha família, especialmente aos meus pais, Fernando Valente e Sandra Maria, ao meu irmão Igor e aos meus avós por me acompanharem, me apoiarem e pela credibilidade depositada, minha eterna gratidão.

À Universidade Federal de Goiás por possibilitar a execução desta pesquisa por meio da infra-estrutura e corpo técnico disponibilizados e, especificamente, ao Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e seu corpo docente altamente qualificado por contribuírem na minha formação, minha enorme gratidão.

A minha orientadora, Dra. Patrícia Guimarães Santos Melo, pela atenção e dedicação bem como ao meu co-orientador, Dr. Leonardo Cunha Melo, por orientar e transmitir conhecimentos práticos e teóricos além da Universidade.

Aos membros externos da banca avaliadora Dra. Nerinéia Dalfollo Ribeiro e Dra. Fernanda de Cássia Silva pela atenção e relevantes contribuições finais.

A Embrapa Arroz e Feijão que proporcionou uma experiência singular, viabilizando a execução deste trabalho ao disponibilizar insumos, infra-estrutura e informações, além do apoio do corpo técnico de campo, laboratório e pesquisa que contribuíram em diferentes aspectos na minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante a realização do mestrado.

Aos colegas e amigos, em especial, o Filipe, Helton, Flávio, Marlene, Rodrigo, Mário, Ludivina e Samara e demais colegas que me acompanharam nesta jornada e dos quais pude trocar conhecimentos e experiências.

A todos os demais envolvidos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação e consolidação deste trabalho, minha gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 O FEIJÃO NA SEGURANÇA ALIMENTAR.....	15
2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEIJOEIRO-COMUM PARA QUALIDADE DE GRÃOS.....	18
2.2.1 Melhoramento para qualidade nutricional do grão.....	19
2.2.2 Caracteres de qualidade tecnológica e comercial de grãos.....	24
2.2.3 Índices de seleção para qualidade de grãos.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 ENSAIOS PRELIMINARES DE LINHAGEM (EPL).....	34
3.1.1 Material genético, ensaios e delineamento experimental.....	34
3.1.2 Análise genética e estatística.....	34
3.2 ENSAIOS DE VALIDAÇÃO (EV).....	38
3.2.1 Material genético, ensaios e delineamento experimental.....	38
3.2.2 Caracteres analisados.....	39
3.2.3 Análise genética e estatística.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 ENSAIO PRELIMINAR DE LINHAGEM (EPL).....	46
4.2 ENSAIO DE VALIDAÇÃO (EV).....	53
5 CONCLUSÃO.....	79
6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	80
APÊNDICES.....	95

RESUMO

ALMEIDA, D. V. **Qualidade de grãos em feijoeiro-comum: estimativas de parâmetros genéticos, interação com ambientes, eficiência de seleção e correlação entre caracteres.** 2018. 143 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.¹

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) está entre as principais culturas destinadas à alimentação, exercendo importante papel na garantia da segurança alimentar. O feijão é fonte importante de proteínas, além de fornecer quantidade considerável de fibras e micronutrientes como ferro e zinco. Neste sentido, a procura por genótipos de grãos de alto valor nutritivo e que atendam aos padrões de comercialização está entre os objetivos do programa de melhoramento do feijoeiro-comum, em especial o feijão carioca, de maior preferência, tendo em vista a demanda por alimentos mais nutritivos e de preparo rápido. Nesse sentido o presente trabalho tem por objetivos: I) investigar o efeito de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para os teores de ferro (TFe), zinco (TZn), fibra bruta (FB), proteína (PB), tempo de cocção (TC), produtividade de grãos (PG), rendimento de peneira (RP), massa de cem grãos (M100), cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA); II) Avaliar o grau de informatividade de avaliações para qualidade de grãos realizada em apenas um ambiente; III) estimar parâmetros genéticos e ganhos de seleção para TFe, TZn, FB, PB e TC; IV) estimar correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de qualidade de grãos e PG; V) Selecionar linhagens-elite de feijoeiro-comum do grupo carioca superiores para qualidade de grãos. Foram avaliadas 81 linhagens de feijoeiro-comum do grupo carioca em Ensaios Preliminares de Linhagem (EPL) em um látice triplo 9x9, com parcelas de duas linhas de 4 metros. Nestes ensaios foram avaliados os caracteres PG, RP e M100, sendo que TFe, TZn, FB, PB e TC foram avaliados em apenas um ambiente. Neste ensaio foram estimados os parâmetros genéticos, fenotípicos e os ganhos esperados com a seleção. As 20 linhagens superiores foram selecionadas considerando TFe, TZn, FB, PB e TC que foram posteriormente avaliadas nos Ensaios de Validação (EV), em 9 ambientes, em delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de uma linha de 4 metros. Foram realizadas análises de variância individuais e conjunta para todos os caracteres de qualidade de grãos e PG. Foram estimadas correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre TFe, TZn e PG. A adaptabilidade e estabilidade fenotípica foram estimadas pelo método de Nunes et al. (2005) e a seleção dos genótipos superiores para qualidade de grãos, realizada com base no índice de Mulamba & Mock (1978). Foi constatado efeito significativo de ambientes, genótipos e da interação de genótipos com ambientes para todos os caracteres avaliados. A avaliação preliminar dos caracteres de qualidade de grãos foi eficiente e suficiente para a seleção de genótipos superiores para TFe, FB, PB e TC, no entanto, devido a interação GxA detectada, recomenda-se que a avaliação seja feita em pelo menos dois ambientes. Com base na variabilidade genética existente, ganhos genéticos podem ser obtidos com a seleção para TFe, TZn, PB e TC, mas para FB a variabilidade disponível é um desafio para a obtenção de ganhos importantes. Foram constatadas correlações genéticas e fenotípicas entre TFe e TZn, o que possibilita ganhos simultâneos para esses caracteres. As linhagens CNFC 16627, CNFC 16518, CNFC 16602, CNFC 16615 e CNFC 16520 são indicadas para o melhoramento da qualidade de grãos em feijão carioca.

Palavras-chave: qualidade de grãos, *Phaseolus vulgaris* L., feijão carioca, índice de seleção.

¹ Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Guimarães Santos Melo. EA – UFG.

ABSTRACT

ALMEIDA, D. V. **Grain quality in common bean: estimates of genetic parameters, genotype-environment interaction, efficiency of selection and correlation between traits.** 2018. 143 f. Dissertation (Master in Genetics and Plant Breeding) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.¹

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important crops related to human feeding playing an important role in ensuring food security. Bean is an important source of protein, besides providing considerable amount of fiber and micronutrients as iron and zinc. Thus, the search for genotypes with high nutritional value grains and that meet standards for commercialization is among the objectives of common bean breeding program, specially the carioca grain type one, the preferred, according to the demand for more nutritious and fast foods. Thus, this work has for objectives: I) To investigate the genetic variability and the environment and genotype-environment interaction effects on seed iron (FeC), zinc (ZnC), crude fiber (CF) and protein content (PC), cooking time (CT), grain yield (GY), 100 grain weight (GW), sieve yield (SY), grain color at harvest (GCH) and grain color after 90 days of storage (GCS); II) To evaluate the degree of information of evaluations for grain quality conducted in an environment; III) To estimate genetic parameters and genetic gains for FeC, ZnC, CF, PC and CT; IV) To estimate phenotypic, genetic and environmental correlations between grain quality traits and GY; V) To select advanced common bean lines with carioca grain type superior for grain quality. 81 common bean lines with carioca grain type were evaluated in Preliminary Tests (PT) in triple lattice design 9x9 with plots of two 4-meter rows. In these trials the traits GY, SY and GW were evaluated and FeC, ZnC, CF, PC and CT were evaluated in only one PT. In this trial the phenotypic and genetic parameters and the genetic gains were estimated. The 20 superior lines were selected considering FeC, ZnC, CF, PC and CT and then evaluated in Validation Tests (VT), conducted in 9 environments, between 2015 and 2017, in randomized complete block design with 3 replicates and plots of one 4-meters row. Analysis of variance and joint analysis were performed for all the grain quality traits FeC, ZnC, CF, PC, CT, GY, SY, GCH, GCS and GW evaluated on VT. The phenotypic, genetic and environmental correlations were estimated between the traits FeC, ZnC and GY. The phenotypic adaptability and stability parameters were estimated based on the method proposed by Nunes et al. (2005) and the selection of the best genotypes for grain quality was performed based on the index of Mulamba & Mock (1978). The preliminar evaluation of the grain quality traits was efficient and sufficient for selecting the superior genotypes for FeC, CF, PC and CT, however, based on the GxE interaction detected, it is recommended to evaluate in at least 2 environments. Significant effects of genotype, environment and genotype-environment were detected for all the traits evaluated on VT. Based on the genetic variability detected, genetic gains can be obtained with the selection for FeC, ZnC, PC and CT, but for CF the available variability is a challenge to obtain important gains. The phenotypic and genetic correlations between FeC and ZnC were significant, wich indicate simultaneous gains for these traits. The lines CNFC 16627, CNFC 16518, CNFC 16602, CNFC 16615 and CNFC 16520 can be used for the improvement of carioca grain quality.

Key-words : grain quality, *Phaseolus vulgaris* L., carioca grain type, selection index.

¹ Advisor: Prof^a. Dr^a. Patrícia Guimarães Santos Melo. EA – UFG.
Co-advisor: Dr. Leonardo Cunha Melo. Embrapa Arroz e Feijão.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) está entre as principais culturas destinadas à alimentação no Brasil e em diversos países do mundo, sendo a mais relevante do gênero *Phaseolus* e importante na garantia da segurança alimentar. No Brasil, a maior produção está centrada na classe de feijões de cores, que corresponde a 2,10 milhões de toneladas, com destaque para o feijão do grupo comercial carioca, cuja produção advém, principalmente, de pequenos e médios produtores, sendo a principal fonte vegetal de proteínas para a população, especialmente para a classe menos favorecida (Vieira et al., 2005; Silva & Wander, 2013, Conab, 2018b).

Por ser considerado um alimento básico, cujo consumo é expressivo na população, os atributos de qualidade nutricional, tecnológica e comercial do feijão passam a ser aspectos importantes que devem ser considerados no melhoramento para atender a demanda do mercado consumidor. A qualidade nutricional do feijão está associada aos componentes nutritivos mais relevantes presentes no grão, em especial os carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e fibras (Ribeiro et al., 2005; Mesquita et al., 2007). A qualidade tecnológica ou culinária refere-se à facilidade de cozimento, resistência do tegumento e a aspectos sensoriais como sabor agradável, caldo grosso e de cor atrativa. A qualidade comercial, por sua vez, está associada aos aspectos visuais do grão, como cor, brilho, tamanho e forma, cruciais para a aceitação (Vieira et al., 2005).

O feijão é um alimento essencialmente protéico e com teores consideráveis de ferro e zinco, neste sentido, tem sido alvo de programas de melhoramento genético para o combate à desnutrição. Dentre as estratégias adotadas, a biofortificação tem sido destaque, o enriquecimento dos grãos com micronutrientes, via melhoramento genético, principalmente os minerais ferro e zinco cuja deficiência representa um dos principais desafios no combate a desnutrição. Desse modo a biofortificação consiste em uma alternativa sustentável, eficiente e complementar às demais estratégias de suplementação alimentar existentes (Welch & Graham, 1999; Welch, 2002; Nutti et al., 2005; FAO, 2016).

A possibilidade de elevar os teores de ferro e zinco no feijão têm sido evidenciada pela existência de variabilidade e correlação genética entre esses dois caracteres, o que possibilita ganhos por seleção e o aumento simultâneo na concentração dos minerais no grão (Beebe, 2000; Blair et al., 2010). Além disso, é possível agregar esses caracteres à boa produtividade e demais caracteres agronômicos de interesse (Ribeiro et al., 2013; Martins et al., 2016).

Além dos minerais ferro e zinco, estudos apontam possibilidades de elevar os teores de proteína e fibra do feijão, bem como reduzir o tempo de cocção do grão, um dos principais indicadores da qualidade tecnológica do feijão. Além disso, é possível aliar qualidade nutricional e tecnológica de grãos com produtividade e qualidade comercial de grãos para atender às demandas da cadeia produtiva do feijoeiro-comum. Neste sentido, há possibilidade, por meio do melhoramento genético, de desenvolver cultivares produtivas com grãos de alto valor nutritivo e de reduzido tempo de cocção (Rodrigues et al., 2005; Buratto et al., 2009; Silva et al., 2013; Júnior et al., 2015; Silva, 2015, Buratto & Moda-Cirino, 2017).

Um dos desafios associados à obtenção de cultivares é a presença da interação de genótipos com ambientes. O comportamento diferenciado entre os genótipos nos ambientes dificulta a seleção, que pode ser facilitada estimando-se a adaptabilidade e estabilidade (Melo et al., 2007). Embora haja estudos que abordem a interação de genótipos com ambientes e adaptabilidade e estabilidade para caracteres de qualidade de grãos em feijão, ainda não tem sido relatada na literatura a seleção simultânea de genótipos para todos esses caracteres (Ribeiro et al., 2008; Buratto et al., 2009; Ribeiro et al., 2013; Pereira et al., 2014; Silva, 2015; Martins et al., 2016). Neste sentido, a obtenção de cultivares superiores para qualidade de grãos (nutricional, tecnológica e comercial) ainda representa um grande desafio para o melhoramento.

No programa de melhoramento do feijoeiro-comum da Embrapa, os Ensaios Preliminares de Linhagem são implementados em vários ambientes, porém em apenas um, são avaliados os caracteres de qualidade de grãos e, posteriormente, as linhagens selecionadas são avaliadas novamente no Ensaio de Validação em vários ambientes. Sabe-se que os efeitos da interação GxA são pronunciados para a maioria dos caracteres sob seleção no melhoramento do feijoeiro-comum (Silva, 2015). Nesse sentido, é importante que seja comparada a eficiência da seleção de genótipos superiores para qualidade de grãos por meio de ensaios conduzidos em um ou vários ambientes. Essas informações interferem

diretamente no custo e tempo para seleção e podem auxiliar nas tomadas de decisões e atribuir maior eficiência no desenvolvimento de novas cultivares de feijão carioca.

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivos: I) Investigar a variabilidade genética e a influência do ambiente e da interação de genótipos com ambientes para os teores de ferro (TFe), zinco (TZn), fibra bruta (FB), proteína (PB), tempo de cocção (TC), produtividade de grãos (PG), rendimento de peneira (RP), massa de cem grãos (M100), cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA); II) Avaliar o grau de informatividade de avaliações para qualidade de grãos realizadas em apenas um ambiente; III) Estimar parâmetros genéticos e ganhos de seleção para TFe, TZn, FB, PB e TC; IV) Estimar correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de qualidade de grãos e PG; V) Selecionar linhagens-élite de feijoeiro-comum do grupo carioca superiores para qualidade de grãos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O FEIJÃO NA SEGURANÇA ALIMENTAR

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui uma das bases da alimentação humana, sendo importante fonte de proteínas e calorias. O Brasil destaca-se na produção e no consumo mundial de feijão, com volumes totais estimados em 3,39 e 3,3 milhões de toneladas, respectivamente, sendo observada expressiva participação da agricultura familiar no cultivo desta leguminosa (Mesquita et al., 2007; Silva & Wander, 2013; Conab, 2018a). Do total produzido, 76% é referente ao feijão-comum (*P.vulgaris* L.), em especial o feijão do grupo comercial carioca, cuja participação corresponde a 70% do mercado consumidor brasileiro (Del Peloso & Melo, 2005; Conab, 2018b).

Dentre os diferentes nutrientes que compõem o feijão, destacam-se os elevados teores de proteína, fibra, vitamina, e os micronutrientes ferro e zinco, essenciais no funcionamento adequado do organismo humano, o que torna essa leguminosa essencial na garantia da segurança alimentar no Brasil e em diversos países, sobretudo para as classes menos favorecidas (Ribeiro et al., 2008; Silva & Wander, 2013; Pereira et al., 2014, FAO, 2016). Considerando a importância do feijão para a alimentação e sua qualidade pelo baixo teor de gorduras a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) declarou 2016 o ano das *pulses* (leguminosas não oleaginosas: feijão, lentilhas e ervilha) uma iniciativa para incentivar e valorizar o consumo dessas leguminosas e adoção de medidas de combate à desnutrição (FAO, 2016).

Por ser um dos principais componentes da dieta da população brasileira, o feijão tem sido alvo de estudos para biofortificação por meio do melhoramento genético, o enriquecimento com micronutrientes, como parte da estratégia adotada para o combate à desnutrição. Essa alternativa tem sido considerada sustentável e promissora, sem custo adicional, sendo uma garantia para o fornecimento de alimentos que tenham elevado valor nutricional, sem alteração dos aspectos organolépticos, o que representa uma vantagem em relação aos alimentos fortificados (Ribeiro, 2010).

A desnutrição representa um sério problema de saúde pública, sendo mais freqüente em países em desenvolvimento. O termo desnutrição está relacionado a subnutrição e supernutrição, neste sentido, tem sido observada também em países industrializados, sendo genericamente referida pela World Health Organization (WHO) como deficiência nutricional. A desnutrição tem como principais causas a dieta inadequada e as doenças infecciosas, ambas associadas, principalmente, às condições precárias de vida, em especial nos países subdesenvolvidos. A desnutrição pode acometer indivíduos em qualquer idade, mais freqüente em mulheres na idade reprodutiva e em crianças, elevando o risco de morbidade e mortalidade. Nesse cenário, as deficiências de ferro e zinco têm se destacado pelo grande impacto na saúde da população mundial (Welch & Graham 1999; Graham, et al., 2000; IZiNCG, 2004; WHO, 2005).

A deficiência de ferro destaca-se por ser a mais prevalente no mundo, afetando cerca de 2 bilhões de pessoas (INACG, 1998). Este tipo de desordem nutricional pode ocasionar anemia, complicações durante a gravidez, retardo no crescimento, comprometimento do sistema imune e da saúde mental, redução da produtividade e da conversão alimentar em energia, bem como comprometimento no desenvolvimento do sistema neuromotor. O ferro é requerido em todos os tecidos do corpo para funções celulares básicas e é criticamente importante para os músculos, cérebro e hemácias (Welch, 2002; WHO, 2002).

O zinco é componente integral de aproximadamente 300 enzimas relacionadas aos seres vivos e é essencial no metabolismo de proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucléicos (Vallee & Auld, 1990; Gibson, 1994). Estima-se que 16% da população mundial e 20,3% da população brasileira esteja sob o risco de apresentar deficiência desse micronutriente que, dentre os efeitos associados, incluem retardo na maturidade sexual, no crescimento e desenvolvimento ósseo, bem como dermatites e maior suscetibilidade às doenças infecciosas (Welch, 2002; IZiNCG, 2004; Kumssa et al., 2015). Neste sentido, a aplicação de estratégias eficientes no combate às deficiências nutricionais, em especial de micronutrientes, torna-se urgente, tendo em vista a severidade e o efeito cíclico que pode perdurar por gerações.

Os esforços evidenciados nos países em desenvolvimento e industrializados para atenuar a deficiência de minerais na população, dentre eles o ferro, tem sido baseada na fortificação de alimentos, por meio de adições de nutrientes via processamento pós-

colheita e na suplementação vitamínica e mineral de crianças e gestantes. Contudo, tais estratégias demandam investimentos em infraestrutura adequada para possibilitar amplo alcance nas parcelas menos favorecidas da população, o que tem sido um entrave em países em desenvolvimento. A biofortificação surge como uma alternativa promissora e sustentável, uma vez baseada no enriquecimento das culturas básicas para a alimentação com micronutrientes, tais como o ferro e o zinco, sem a necessidade de alterações na dieta alimentar (Graham, et al. 2000; White & Broadley 2005; Nutti et al., 2005).

Dentre os micronutrientes que compõem o feijão, o ferro e o zinco estão presentes em quantidades superiores, característica que torna essa leguminosa um alvo potencial para biofortificação, viabilizando a implementação de dietas específicas com fins nutricionais, terapêuticos e preventivos (Ribeiro et al., 2008).

Dentro desse contexto, o Programa Desafio em Biofortificação (Harvest Plus) e o Projeto de Biofortificação no Brasil (BioFORT) têm sido implementados no Brasil pela Embrapa Agroindústria de Alimentos e executados por unidades como a Embrapa Arroz e Feijão, no intuito de melhorar a segurança alimentar por meio de produtos tradicionalmente consumidos, obtidos de culturas biofortificadas para os teores de ferro e zinco, tais como o arroz, feijão, trigo e feijão-caupi (Nutti, 2011).

A biofortificação do feijão com ferro e zinco tem sido possível conforme estudos realizados por Beebe et al. (2000), Araújo et al. (2003), Jost et al. (2009), Rosa et al. (2010), Pereira et al. (2014), Ribeiro et al. (2014) e Martins et al. (2016). Além desses micronutrientes, é possível elevar os teores de proteína e fibra bruta em grãos tradicionalmente consumidos no país, dentre eles o feijão preto e carioca, preferidos pelo consumidor (Silva et al., 2008; Silva, 2015; Ribeiro et al., 2005; Silva et al., 2013). Esses estudos confirmam que o feijão pode ser melhor aproveitado na dieta nacional, caracterizada pelo consumo excessivo de alimentos de alto valor energético e baixa concentração de nutrientes, conforme os resultados da Pesquisa Orçamentária Familiar (POF 2008-2009) (IBGE, 2011).

A proteína do feijão é caracterizada pela baixa digestibilidade, e os aminoácidos sulfurados metionina e cisteína são fatores limitantes. No entanto, essa diferença é compensada quando o feijão é combinado com o arroz (Mesquita et al., 2007). Além disso, o cozimento é um fator que contribui para a maior digestibilidade da proteína do feijão e, aliado ao melhoramento genético, poderá garantir maior biodisponibilidade de proteínas (Antunes et al., 1995). Por outro lado, a elevação no teor de fibra do feijão

poderá garantir maiores benefícios à saúde da população, tendo em vista os efeitos na prevenção a doenças como o câncer de cólon, doenças cardíacas, diabetes, obesidade e redução nos níveis de lipídeos e glicose no sangue, além de possibilitar o funcionamento adequado do aparato gastro-intestinal (Anderson et al., 2009; Bernaud & Rodrigues, 2013).

A produção de feijão de alto valor nutritivo poderá se tornar uma realidade entre os produtores, desde que o cultivo seja comprovadamente rentável, o que se justifica por meio da produtividade de grãos. Elevada produtividade associada a sementes com altos teores de micronutrientes foi abordada em uma ampla revisão sobre biofortificação publicada por Welch and Graham (2004). Esses autores relataram os efeitos benéficos dos teores elevados de micronutrientes em sementes de trigo, que tem possibilitado o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas, produtivas e tolerantes a condições ambientais limitantes de cultivo. Na cultura do feijoeiro-comum, tem sido possível associar produtividade a altos teores de proteína (Ribeiro et al., 2013; Silva, 2015), ferro e zinco no grão (Martins et al., 2016). Essas evidências tornam-se fatores atrativos para os produtores e consumidores, o que poderá favorecer a adoção de cultivares de alto valor nutritivo, obtidas por meio do melhoramento (Graham et al., 2001).

2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DO FEJJOEIRO-COMUM PARA QUALIDADE DE GRÃOS

O melhoramento genético do feijoeiro-comum tem priorizado a produtividade de grãos, caracteres agronômicos e resistência às principais doenças que acometem essa cultura, sendo considerado ainda como desafio o melhoramento para a qualidade tecnológica, protéica e funcional do grão (Vieira et al, 2005; Ribeiro et al., 2008; Melo, 2009). Os programas que têm como objetivo o incremento da qualidade nutricional do grão, os minerais ferro e zinco têm sido destaque, sendo ainda pouco explorados os teores de proteína e fibra, mas para todos os caracteres existe potencial de gerar cultivares superiores (Nutti, 2011; Silva et al., 2013; Silva, 2015, Martins et al., 2016).

Os estudos relacionados aos caracteres de qualidade nutricional e tecnológica de grãos apontam resultados promissores que favorecem a obtenção de novas cultivares de feijoeiro-comum, possibilitando minimizar os impactos da insegurança alimentar e, ao mesmo tempo, atender melhor aos padrões exigidos pelo consumidor final (Lemos et al., 2004; Buratto et al., 2009; Akond et al., 2011; Ribeiro et al., 2013, Pereira et al., 2014).

Desse modo, o potencial para a obtenção desses genótipos pode ser verificado por meio da existência de variabilidade genética e da herdabilidade que possibilita prever o sucesso dos programas de melhoramento que objetivem elevar a qualidade de grãos (Ramalho et al., 2012).

Os ganhos por seleção são obtidos por meio da seleção direta e resposta correlacionada. A seleção direta é realizada para um caráter principal em estudo, porém ganhos simultâneos podem ser obtidos para um ou mais caracteres de interesse, quando há associações significativas entre eles, caracterizando a resposta correlacionada (Cruz et al., 2012). Nesse sentido a existência de correlações favoráveis entre os caracteres de importância agrônômica possibilita otimizar o processo de obtenção de cultivares, uma vez em que o melhoramento pode ser direcionado para múltiplos caracteres.

Para a identificação e seleção segura dos genótipos superiores para qualidade de grãos a condução de ensaios em um conjunto representativo de ambientes, identificados por locais e épocas de cultivo, torna-se imprescindível, tendo em vista que o cultivo do feijoeiro-comum é realizado durante três safras agrícolas (águas, seca e inverno), caracterizado por ampla variação ambiental (Carvalho et al., 2002; Kang, 2002; Melo, 2009). Neste sentido, o estudo da interação de genótipos com ambientes, caracterizada pela inconsistência no desempenho dos genótipos com a variação do ambiente, passa a ser decisivo para a recomendação segura de cultivares (Mariotti et al., 1976; Kang, 2002; Ramalho et al., 2012; Cruz et al., 2012).

Neste sentido, o conhecimento da variabilidade genética e da herdabilidade referente aos teores de ferro, zinco, fibra, proteína e tempo de cocção, bem como dos tipos de associações existentes entre esses caracteres, produtividade e caracteres de qualidade comercial permite avaliar o potencial de sucesso dos programas de melhoramento que objetivem genótipos superiores para qualidade de grãos. O conhecimento do efeito da interação de genótipos com ambientes para todos esses caracteres permite ainda que estratégias de seleção mais eficientes possam ser adotadas para o desenvolvimento seguro de cultivares que sejam aceitas pelos produtores, indústria e consumidor final.

2.2.1 Melhoramento para qualidade nutricional do grão

A variabilidade genética para os teores de ferro e zinco no feijão tem sido constatada por diversos autores no Brasil e em países como Colômbia, Tanzânia e Estados Unidos (Beebe et al., 2000; Ribeiro et al., 2008; Jost et al., 2009; Nchimbi-Msolla & Tryphone, 2010; Rosa et al., 2010; Silva et al., 2012; Pereira et al., 2014; Teixeira et al., 2015; Martins et al., 2016; Zilio et al., 2017). Variações no teor de zinco, de 30,9 a 64,6 mg.kg⁻¹, e no teor de ferro, de 8,9 a 112,9 mg.kg⁻¹ foram verificadas por Akond et al. (2011), ao analisarem 29 genótipos de feijoeiro-comum, dos quais 14 foram obtidos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, 13 dos EUA, um do Brasil e um da Índia. Beebe et al. (2000) avaliaram mais de 1000 acessos de feijão do banco de germoplasma do CIAT e detectaram variação para o teor de ferro, de 34 a 89 mg.kg⁻¹ e variação para o zinco de 21 a 54 mg.kg⁻¹. Esses valores indicam possibilidades de sucesso nos programas de melhoramento do feijoeiro-comum por meio da seleção de linhagens e acessos de alto valor nutricional. Com base nessa variabilidade genética detectada, esses autores inferiram que o conteúdo de ferro no feijão pode ser elevado em até 80% e o teor de zinco, em 50%.

Acréscimos no teor de ferro em até 94% foram obtidos por Jost et al. (2009), na geração segregante F₂, com o valor máximo observado de 161,20 mg.kg⁻¹, quase o dobro do melhor genitor, 82,88 mg.kg⁻¹. Ganhos genéticos de 9,07% (Martins et al., 2016) e até 15,48% (Buratto, 2012) foram obtidos para o teor de ferro, que variaram conforme os nutrientes, cruzamentos e locais. Para o teor de zinco, um aumento de 37,26% foi verificado na geração F₂, em relação ao melhor genitor, conforme constatado por Rosa et al. (2010).

A interação de genótipos com ambientes para os teores de ferro e zinco tem sido estudada por Beebe et al. (2000), Ribeiro et al. (2008), Nchimbi-Msolla & Tryphone. (2010) e por Araújo et al. (2003) na cultura do feijoeiro-comum. Em ensaios envolvendo 19 cultivares de feijão, Ribeiro et al. (2008) identificaram interação significativa de genótipos com ambientes para o teor de zinco e rendimento de grãos, não sendo verificada interação para o acúmulo de ferro. Por outro lado, Araújo et al. (2003) detectaram interação significativa para o acúmulo de ferro na avaliação de 25 genótipos de feijoeiro-comum, em três localidades no estado do Paraná. A interação genótipos com ambientes, para ambos os minerais, foi também significativa em experimentos conduzidos na Colômbia, a partir do banco de germoplasma do CIAT (Beebe et al., 2000).

Martins et al. (2016) selecionaram linhagens superiores do programa de melhoramento da Embrapa Arroz e Feijão para os teores de ferro e zinco, associadas a elevada qualidade agronômica e produtividade. Essas linhagens apresentaram ainda boa estabilidade para os teores de ferro e zinco, indicadas como promissoras para tornarem-se cultivares. Por outro lado, correlação negativa ($r = -0,53$) entre o teor de zinco e o rendimento de grãos foi verificada por (Ribeiro et al., 2008), o que pode representar um desafio no melhoramento para a qualidade de grãos. Do mesmo modo, para o teor de ferro, foram detectadas correlações negativas, porém, de baixa magnitude, $r = -0,32$ e $r = -0,39$, utilizando os métodos de melhoramento convencional pedigree e SSD, respectivamente (Ribeiro et al., 2014).

Buratto (2012) realizou cruzamentos entre genótipos de grãos de tegumento preto e obteve estimativas da herdabilidade, no sentido amplo, para o teor de ferro de 58,47% a 75,57% e para o teor de zinco, de 45,14% a 65,68%. A herdabilidade no sentido restrito, para o teor de ferro, variou entre 45,71% a 62,04%, enquanto que para o teor de zinco, variou de 29,48% a 57,47%. Esses resultados confirmam, portanto, a existência de variabilidade genética para os dois minerais no grão e as possibilidades de elevar os teores de ferro e zinco por meio de métodos clássicos de melhoramento.

Jost et al. (2009) constataram o efeito materno para o teor de ferro em grãos de feijão ao verificar diferença significativa entre as médias das gerações F_1 e F_1 por cruzamento recíproco, utilizando as cultivares Minuano e Diamante Negro. Desse modo, os teores de ferro são dependentes do tegumento e independentes dos cotilédones, o que indica baixa eficiência na seleção precoce para esse caráter. Efeito materno para o teor de zinco foi verificado por Silva et al. (2013) contradizendo os resultados obtidos por (Rosa et al., 2010).

A herança quantitativa dos teores de ferro e zinco no feijão foi detectada por Beebe et al. (2000), Cichy et al. (2009) e Blair et al. (2010). Blair et al. (2010) ao analisarem 110 linhagens endogâmicas recombinantes (RILs) na geração F_{10} , obtidas a partir do cruzamento entre os genótipos de origem mesoamericana G14519 e G4825, pertencentes ao mesmo pool gênico do feijão carioca, concluíram que um único locus de QTL é responsável por grande parte da variação nos teores de ferro e zinco no grão, o que sugere que esses caracteres são herdados de forma similar. Por outro lado, Cichy et al. (2005) por meio do cruzamento entre as cultivares de feijão Albion e Voyager, também de

origem mesoamericana, do tipo navy (*P. vulgaris* L.), constataram haver herança monogênica para esse caráter.

Martins et al. (2016), avaliando os parâmetros genéticos para os teores de ferro e zinco em 22 linhagens elite de feijão carioca, obtiveram valores estimados para a correlação genética similares aos estimados para a correlação fenotípica, de intermediária a alta magnitude, variando de 0,43 a 0,83, com significância em três dos cinco locais testados. A correlação genética média foi de 0,81, o que indica elevada associação entre genes relacionados aos teores de ferro e zinco, sendo que alguns dos genes que controlam ambos os caracteres estão ligados ou são pleiotrópicos (Falconer, 1987). A correlação entre os dois caracteres tem sido frequentemente evidenciada na literatura (Beebe et al., 2000; Welch et al., 2000; Guzman-Maldonado et al., 2003; Cichy et al., 2009; Tryphone & Nchimbi-Msolla., 2010; Silva et al., 2012; Mukamuhirwa et al., 2015; Pereira et al., 2015; Martins et al., 2016). Esses estudos indicam a possibilidade de se elevar, simultaneamente, os teores de ferro e zinco no grão, otimizando a seleção de linhagens para esses caracteres nos programas de melhoramento genético do feijoeiro-comum.

Para os teores de proteína e fibra bruta no feijão, a existência de variabilidade genética possibilita a seleção de genótipos superiores, resultando em alimentos de maior valor nutritivo (Ribeiro et al., 2005; Silva et al., 2013). Neste sentido, estudos têm sido direcionados para a compreensão desses caracteres, especialmente para o teor de fibra bruta, ainda pouco explorado, os quais confirmam as possibilidades de sucesso em programas de melhoramento.

Vários trabalhos relatam haver variação significativa no teor de proteína do feijão, o que possibilita o sucesso com a seleção (Ribeiro et al., 2005; Elias et al., 2007; Mesquita et al., 2007; Buratto et al., 2009; Silva et al., 2012; Zilio et al., 2017). Buratto et al. (2009), avaliando 18 genótipos do grupo carioca, em três locais no estado do Paraná, detectaram uma variação de 20,5% a 27,6% nos teores de proteína nos grãos, em função dos genótipos e do local de cultivo, além de detectarem efeito da interação de genótipos com ambientes para o caráter. Mesquita et al. (2007) ao compararem 21 linhagens de feijoeiro-comum, observaram variação maior, entre 22,34% a 36,28%, possivelmente pela inclusão de genótipos de grãos de cor. Esses valores foram ainda superiores aos obtidos por Ribeiro et al. (2005), que verificaram variações de 19,30 a 30,62%, entre 83 genótipos do grupo preto e 19,49% a 28,27% entre 137 genótipos de grãos de cor.

Baixos valores de herdabilidade para proteína bruta em feijão carioca foram encontrados por Silva et al. (2008), que verificaram valores de 16,96% e 35,05% respectivos a progênes F₅ obtidas por diferentes métodos de melhoramento. Resultado similar foi encontrado por Londero et al. (2008a) em genótipos do grupo preto, que detectaram coeficiente de determinação genotípico de 33,39% o que confirma a forte influência do ambiente na expressão do caráter. Esses últimos autores ainda encontraram correlação fenotípica negativa, $r = -0,46$, entre os teores de proteína e o rendimento de grãos, indicando que cultivares com maior teor de proteína nos grãos são menos produtivas. Essa associação inversa foi também verificada por Lemos et al. (2004), ao avaliar componentes da produção e qualidade tecnológica do grão de genótipos do grupo carioca.

Uma tendência de variações simultâneas nos teores de proteína, ferro e zinco foi verificada por Mesquita et al. (2007). Dentre as 21 linhagens de diferentes tipos de grão avaliadas, aquelas com menor teor de proteína apresentaram teores de zinco entre 36,67 mg.kg⁻¹ e 54,6 mg.kg⁻¹, enquanto as linhagens com maiores teores de proteína bruta, evidenciaram teores entre 42,83 mg.kg⁻¹ e 63,90 mg.kg⁻¹. Considerando os teores de ferro, as linhagens com menor teor de proteína apresentaram teores de ferro entre 71,37 mg.kg⁻¹ e 101,00 mg.kg⁻¹, enquanto as linhagens de maior teor protéico apresentaram teores de ferro entre 78,93 mg.kg⁻¹ e 126,90 mg.kg⁻¹. Apesar de não terem sido estimadas correlações por esses autores, esses resultados são favoráveis para o melhoramento da qualidade de grãos em feijão, pois confirmam a possibilidade de seleção simultânea de genótipos para altos teores de proteína, ferro e zinco nos grãos.

Em relação ao teor de fibra bruta, uma variação de 3,31% a 5,57%, foi detectada por Ribeiro et al. (2005) em genótipos de grãos de cor e uma variação menor, de 3,4% a 5,17% verificada entre genótipos de grãos preto. Esses autores agruparam os genótipos por meio de dissimilaridade genética, sendo possível a formação de grupos associados a elevados teores de proteína e fibra bruta nos grãos, o que favorece cruzamentos controlados para obtenção de linhagens superiores para esses caracteres. Silva et al. (2013) e Júnior et al. (2015) também detectaram variação significativa para o teor de fibra bruta em feijão carioca, em função dos genótipos avaliados, sendo verificados valores de 4,51% a 5,30% entre linhagens obtidas por diferentes métodos de melhoramento (Júnior et al., 2015). Entretanto, Londero et al. (2008b) e Elias et al. (2007) não detectaram variabilidade para o caráter em avaliações envolvendo genótipos de grãos do grupo preto.

Conforme a variabilidade genética relatada para o teor de fibra, estimativas de herdabilidade entre 14 e 85,42% tem sido reportadas por Escribano et al. (1997), Silva et al. (2013) e Júnior et al. (2015) o que representa uma condição favorável para a seleção. Essa amplitude de valores, no entanto, confirma a grande influência do ambiente na expressão do teor de fibra que, dentre os caracteres de qualidade nutricional de grãos em feijão, possui a menor variação, o que pode representar um desafio para a obtenção de ganhos importantes.

Para verificar o efeito de ambientes e da interação de genótipos com ambientes para o teor de fibra bruta, Júnior et al. (2015) conduziram avaliações em 11 ambientes envolvendo progênies de grãos carioca obtidas por diferentes métodos de melhoramento. Esses autores detectaram interação e efeito de ambientes significativos para o teor de fibra bruta, assim como verificado por Silva et al. (2013), cuja interação foi evidenciada nas cultivares usadas como testemunhas, em avaliações em 2 ambientes. Esses resultados confirmam o desempenho não consistente entre os genótipos nos diferentes ambientes, neste sentido, a condução de avaliações em vários ambientes torna-se necessária para se proceder a uma seleção eficiente com base na estabilidade e adaptabilidade dos genótipos para o caráter (Cruz et al., 2012).

De modo geral, para os caracteres de qualidade nutricional de grãos em feijoeiro-comum existe variabilidade genética, o que é uma condição favorável para a seleção de genótipos superiores. Além disso, as correlações frequentemente relatadas entre os teores de ferro e zinco bem como as possibilidades de associar esses caracteres com produtividade evidenciam o sucesso dos programas de biofortificação (Beebe et al., 2000; Martins et al., 2016). No entanto, o maior desafio para o melhoramento da qualidade nutricional de grãos em feijão está em associar todos esses caracteres e produtividade em um único genótipo, o que ainda não foi relatado na literatura.

2.2.2 Caracteres de qualidade tecnológica e comercial de grãos

Dentre os caracteres de qualidade tecnológica de grãos a serem considerados nos programas de melhoramento do feijoeiro-comum, o tempo de cocção destaca-se pelo impacto gerado no cotidiano do consumidor, tendo em vista o gasto de energia e tempo que são despendidos no preparo de refeições, neste sentido, maior preferência deve ser dada para grãos de cozimento rápido (Dalla Corte et al., 2003). O tempo de cocção pode variar em

função do genótipo, do ambiente e da interação de genótipos com ambientes. Variações têm sido observadas em decorrência do material genético avaliado, do ano e época de semeadura, condições adversas de umidade e temperatura na época de colheita e de condições e tempo de armazenamento (Burr et al., 1968; Dalla Corte et al., 2003; Rodrigues et al., 2005; Bordin, 2008).

Variabilidade genética para o tempo de cocção tem sido constatada por Bordin et al. (2010), Oliveira, et al. (2012) e Kajiwarra et al. (2017). Variações de 15 a 25 minutos foram observadas por Lemos et al. (2004) ao compararem 29 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca. Dentre os genótipos que se destacaram nesta avaliação incluem as cultivares Carioca, IAC-Carioca, IAPAR 14, IAPAR 80, Eté, Princesa e Porto Real. Variação significativa foi também detectada por Ribeiro et al. (2013) ao compararem o tempo de cocção entre 18 genótipos, 14 linhagens e 4 cultivares, duas do grupo preto (BRS Valente e Guapó Brilhante) e duas do grupo carioca (Carioca e Pérola). Esses autores encontraram variações entre 12 minutos (LP 07-80 carioca) e 23 minutos (CNFP 10104 preto), indicando tempo reduzido e favorável ao consumidor final.

Baixa estimativa para a herdabilidade foi detectada para o tempo de cocção em genótipos de feijoeiro-comum do grupo preto conforme relatado por Bertoldo (2008). Esse autor constatou pouca contribuição dos 12 genótipos avaliados para explicar a variação fenotípica observada, obtendo herdabilidade de 28%, o que indica dificuldades em selecionar genótipos superiores para o tempo de cocção. Por outro lado, Baldoni & Santos (2005) ao avaliarem 23 famílias em duas gerações (F_6 e F_7), descendentes de plantas F_2 e F_4 , obtidas do cruzamento entre a linhagem ESAL 693 (carioca) e a cultivar Rosinha (cores), contrastantes para o tempo de cocção, verificaram variação para herdabilidade no sentido amplo de 12% a 91%, em sementes com um mês de idade e variações de 0% a 68% em sementes com 8 meses. Esses resultados mostram que com o avanço na idade da semente a variação fenotípica passa a ser resultante principalmente do efeito de ambiente e da interação de genótipos com ambientes, não possibilitando uma seleção eficiente baseada no desempenho genotípico. Estimativas elevadas da herdabilidade no sentido restrito variando entre 90% e 97% foram encontrados por Elia et al. (1997), sendo essa variação explicada pelos graus de dominância de 0,2 e 0,5, respectivos aos valores 97% e 90%, evidenciando que o caráter é controlado de forma predominante por genes de efeito aditivo, com dominância parcial.

Os ganhos genéticos obtidos pela seleção dos genótipos promissores para o tempo de cocção são indicativos, assim como a herdabilidade, da facilidade de se realizar o melhoramento para esse caráter, com base na variabilidade existente. São escassas as informações referentes ao ganho de seleção para o tempo de cocção na cultura do feijoeiro-comum. Martins et al. (2015) avaliaram 140 linhagens elite de feijoeiro-comum em ensaios preliminares de linhagem, sendo 82 do grupo carioca, 30 do grupo preto, 16 do grupo mulatinho e 12 do grupo roxinho e constataram ganhos de 8,03%, 14,54% e 13,11%, respectivamente aos genótipos dos grupos carioca, preto e mulatinho, ao utilizar uma intensidade de seleção de 20%. Esses autores não detectaram variabilidade dentro do grupo roxinho. Os resultados evidenciam o sucesso em reduzir o tempo de cozimento, o que é desejado pelo consumidor.

A existência da interação de genótipos com ambientes para o tempo de cocção tem sido relatada com certa frequência, indicando o comportamento diferenciado entre os genótipos com base em variações no período e condições de armazenamento, locais e épocas de cultivo (Dalla Corte et al., 2003; Coelho et al., 2009; Oliveira, 2010; Ribeiro et al., 2013). Ao avaliarem 25 genótipos de feijoeiro-comum, dos grupos carioca e preto, em ensaios finais de VCU (Valor de Cultivo e Uso), Perina et al (2014) detectaram interação dos genótipos com as três safras de cultivo (águas, seca e inverno) nos ensaios conduzidos entre os anos de 2009 e 2011.

Resultados similares para genótipos dos grupos carioca e preto foram obtidos também por Carbonell et al. (2003) em avaliações conduzidas durante as três safras de cultivo do feijoeiro-comum em ensaios de VCU. Esses resultados reforçam a necessidade de se avaliar o tempo de cocção para um amplo conjunto de ambientes, possibilitando detectar a interação e o uso de procedimentos estatísticos que possibilitam a seleção eficiente dos genótipos promissores.

Dentre os caracteres de importância avaliados rotineiramente nos programas de melhoramento do feijoeiro-comum, estão aqueles relacionados à qualidade comercial de grãos. O aspecto visual dos grãos definido pela cor, tamanho, forma e brilho são determinantes para a aceitação do consumidor final, especialmente para o feijão do grupo carioca, cuja preferência é por grãos claros, de cor creme, grandes, com estrias marrom-clara, massa de cem grãos superior a 25 gramas, elevado rendimento em peneira, forma elíptica e perfil semiachatado (Ramalho et al., 1998; Melo, 2009; Carbonell et al., 2010; Chiorato et al., 2010; Pereira et al., 2012; Faria et al., 2013). Essas características devem,

portanto, ser consideradas no melhoramento do feijoeiro-comum do grupo carioca, independentemente dos demais caracteres avaliados.

A cor dos grãos em (*P. vulgaris* L.) tem controle genético atribuído a, pelo menos 15 genes, dos quais 9 estão associados à coloração do tegumento e 6 ao padrão de coloração do grão, sendo a expressão do fenótipo definida de acordo com a relação entre os genes que determinam a cor e regulam sua expressão. Desse modo interações gênicas estão atribuídas a esse caráter que possui herança qualitativa (Prakken, 1970, 1972; Basset, 1994, 1996; Basset et al., 2002; McClean et al., 2002).

A variabilidade genética para a cor do tegumento foi constatada por Ribeiro & Storck (2003), Ribeiro et al. (2004) e Cargnelutti Filho et al. (2006). Ribeiro et al. (2004) ao avaliarem 16 cultivares de feijoeiro-comum dos grupos carioca, preto e manteigão, durante os anos 2000 a 2003, na safra das águas e da seca, constataram efeito significativo de genótipos, além do efeito de ambientes e da interação de genótipos com ambientes para o caráter, o que corrobora com Ribeiro & Storck (2003). Aqueles autores obtiveram alto valor para o coeficiente de determinação genotípico (99,81%), o que é esperado para esse caráter cuja herança é qualitativa, o que confirma maior facilidade em selecionar genótipos superiores para esse caráter.

A massa de cem grãos é outro importante aspecto da qualidade do grão no feijoeiro-comum, uma vez relacionado ao tamanho dos grãos, assim como o rendimento de peneira, o que tem sido associado pelo consumidor ao rendimento em panela (Carbonell et al., 2010; Pereira et al., 2012). Blair et al. (2006) por meio de uma análise de mapeamento de QTL (Quantitative Trait Loci) realizada em 157 linhagens de feijoeiro-comum obtidas do cruzamento entre a cultivar colombiana ICA Cerinza de sementes vermelhas e o acesso G24404 identificaram 5 QTL responsáveis pela expressão do caráter, consistentes em mais de um dos ambientes avaliados, indicando ser esse caráter herdado quantitativamente.

A possibilidade de selecionar genótipos superiores para massa de grãos tem sido confirmada pela existência de variabilidade genética para o caráter (Ramos Junior et al., 2005; Bonett et al., 2006; Elias et al., 2007; Correa & Gonçalves, 2012). Ramos Junior et al. (2005) avaliando 15 cultivares comerciais de feijão do tipo carioca em um ensaio conduzido na safra das águas, verificaram variação para massa de cem grãos entre 23 gramas (IAC Carioca Eté) a 32,4 gramas (Aporé), apresentando essa

última produtividade de grãos superior (3.587 kg.ha^{-1}), classificada entre as mais produtivas na avaliação.

Correlações significativas e positivas entre a massa de cem grãos e produtividade tem sido relatadas para a cultura do feijoeiro-comum, indicando ser esse caráter um indicativo do rendimento de grãos, assim, a seleção para produtividade implica em ganhos para massa de grãos, o que é desejável nos programas de melhoramento. Correlações genéticas significativas e de mesmo sentido podem ser encontradas variando entre 0,42 e 0,75 conforme verificado por Ribeiro et al. (2001), Sofi et al. (2011) e Araújo & Teixeira (2012). Esses resultados indicam que os genes envolvidos na expressão do caráter podem estar ligados ou ter ação pleiotrópica, o que é desejável no melhoramento para qualidade de grãos em feijoeiro-comum (Falconer, 1987).

Com base na variabilidade genética existente para a massa de cem grãos, estimativas de herdabilidade tem sido obtidas no intuito de compreender a expressão do caráter e avaliar o potencial para seleção (Bonett et al., 2006; White et al., 1994). Herdabilidades estimadas por regressão entre famílias F_3 e F_4 , variando de 0,57 a 0,80 para massa de cem grãos, foram constatadas por (White et al., 1994) ao conduzirem ensaios em dois ambientes, com genótipos de feijoeiro-comum, utilizando o esquema de cruzamentos por dialelo para avaliar a herança da produtividade de grãos e massa de cem grãos sob condições de clima semi-árido. Bonett et al. (2006) obtiveram um valor ainda maior, de 0,88, ao avaliarem 58 cultivares crioulas de feijão e 5 cultivares comerciais, pertencentes a vários tipos de grãos. Os valores encontrados, de média a alta magnitude indicam possibilidades de sucesso na seleção para a massa de cem grãos na cultura do feijoeiro-comum.

A interação de genótipos com ambientes tem sido relatada para a massa de cem grãos conforme verificado por Pereira et al. (2012), Pereira et al. (2013), Oliveira et al. (2014) e Ribeiro et al. (2014). Pereira et al. (2013) avaliaram a interação de genótipos com ambientes em 16 genótipos de feijoeiro-comum de quatro tipos diferentes de grãos (carioca, preto, mulatinho e rajado) em 10 experimentos conduzidos durante 2007 e 2008, na safra das águas e observaram efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes, indicando que a expressão desse caráter pode variar conforme condições de cultivo bem como há uma resposta diferencial entre genótipos para o caráter, justificando o emprego de análises estatísticas de estabilidade e adaptabilidade para esse caráter.

Outros caracteres de importância econômica são determinantes no sucesso para comercialização de grãos na cultura do feijoeiro-comum, como o rendimento de grãos em peneira, a forma e o perfil do grão. Com o avanço do sistema produtivo da cultura do feijoeiro comum, especialmente para o tipo de feijão carioca, padrões específicos associados às dimensões do grão passaram a regular a forma de comercialização, em virtude das exigências do mercado consumidor, dentre eles o tamanho, forma e perfil de grão. O tamanho do grão pode ser determinado por meio de um conjunto de peneiras com aberturas de diferentes espessuras, sendo definida aquela em que a maior massa de grãos é retida, já a forma e o perfil, podem ser identificados por meio de paquímetro (Carbonell et al., 2010).

Variabilidade para o rendimento de peneira foi encontrada por Farinelli & Lemos (2010) e Silva et al. (2013). Silva et al. (2013) avaliando 10 linhagens e cinco testemunhas de grãos do grupo preto, em 10 experimentos entre 2011 e 2012, nas safras das águas e seca, para seleção de genótipos com boa estabilidade e adaptabilidade para qualidade de grãos e produtividade, identificaram efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para o rendimento de peneira, assim como verificado por Farinelli & Lemos (2010) em genótipos de grãos preto e carioca, permitindo concluir que além da influência do genótipo e ambiente na expressão do caráter, há resposta diferenciada entre os genótipos nos ambientes avaliados. Com base na significância da interação, Silva et al. (2013) utilizaram o método de estabilidade e adaptabilidade proposto por Nunes et al. (2005) podendo, portanto, selecionar as linhagens BRS Campeiro, CNFP 15188 e BRS CNFP 10794 como superiores para o rendimento em peneira por meio dos valores de Zi de adaptabilidade e CVzi de estabilidade dos genótipos, sendo a linhagem BRS FP 403 superior também para rendimento de grãos, se destacando entre os genótipos avaliados.

O aspecto visual do grão de feijão, determinado pelos caracteres forma (J) e perfil (H) do grão foi avaliado por (Dalla Corte et al., 2003; Carbonell et al., 2010) e com base na classificação proposta por Puerta Romero (1961). Carbonell et al. (2010) avaliando 19 genótipos de feijoeiro-comum, obtidos dos principais programas de melhoramento no Brasil, em ensaios finais de avaliação VCU's, identificaram as linhagens Gen96A45-3-51-52-1 e CV-48 com boa estabilidade e adaptabilidade associada à forma elíptica, desejada pelo consumidor, definida pelo índice J (relação entre o comprimento e a largura em mm) e a linhagem LP 01-38 com estabilidade e adaptabilidade para o perfil semiachatado,

definido pelo índice H (razão entre a espessura e largura do grão em mm). Esse resultado confirma a presença da interação de genótipos com ambientes para perfil e forma do grão, o que implica na utilização de métodos de estabilidade e adaptabilidade para amenizar esse efeito, quando a seleção for direcionada para esses caracteres (Melo et al., 2007). Resultado semelhante foi observado por Dalla Corte et al. (2003) que, ao avaliarem o perfil e forma de grãos em linhagens e cultivares de feijoeiro-comum, detectaram efeito de genótipos e ambientes para ambos caracteres e interação significativa para o índice H.

2.2.3 Índices de seleção para qualidade de grãos

De modo geral, os caracteres associados à qualidade comercial, tecnológica e nutricional de grãos possuem variabilidade genética para a cultura do feijoeiro-comum e desse modo ganhos podem ser obtidos com a seleção dos genótipos superiores. Dentre os desafios no melhoramento genético do feijoeiro-comum para a qualidade de grãos está a seleção para múltiplos caracteres, tendo em vista a necessidade em se obter genótipos superiores para um amplo conjunto de fatores que são determinantes para a aceitação de uma nova cultivar, atendendo desde os produtores ao consumidor final (Melo, 2009; Carbonell et al., 2010).

A seleção de genótipos superiores para um único caráter poderá ser pouco eficiente por não considerar um conjunto de características que simultaneamente atribuiriam maior aceitação ou ainda, poderia gerar cultivares indesejadas, tendo em vista que os caracteres de importância no melhoramento podem se correlacionar em sentidos iguais ou opostos (Resende et al., 1990). O uso de índices de seleção apresenta-se como uma alternativa eficiente para a seleção de vários caracteres, uma vez que se baseia na combinação ótima de todas as variáveis desejadas em um único fator, sendo considerado o critério mais eficiente na seleção de múltiplos caracteres (Cruz et al., 2012).

Os índices de seleção podem ser obtidos de diferentes métodos, sendo estabelecidos por meio de uma função linear constituída pelas características avaliadas. Dentre aqueles utilizados no melhoramento de plantas o índice clássico (Smith, 1936; Hazel, 1943), base (Willians, 1962), da soma de postos (Mulamba & Mock, 1978) e do somatório de variáveis padronizadas Z (Mendes et al., 2009) tem se destacado, sendo evidenciados também para a seleção múltipla de caracteres de qualidade de grãos e de importância agrônômica na cultura do feijoeiro-comum conforme (Ramalho et al., 2012;

Silva et al., 2012; Jost et al., 2013; Lima, 2013; Ribeiro et al., 2013; Ribeiro et al., 2014; Maziero et al., 2015; Silva, 2015).

Dentre os índices utilizados, o índice de Mulamba & Mock (1978), baseado na soma de postos, tem se mostrado eficiente na seleção de importantes caracteres em diferentes culturas como a soja, milho pipoca, maracuzajeiro, eucalipto e batata (Costa et al., 2004; Gonçalves et al., 2007; Freitas Júnior et al., 2009; Müller et al., 2009; Rosado et al., 2012) proporcionando ganhos satisfatórios e melhores distribuídos entre os caracteres avaliados, sem a inconveniência de ganhos indesejados, como verificado na seleção direta. Na cultura do feijoeiro-comum, resultados satisfatórios também tem sido obtidos por Carvalho et al. (2013), para seleção simultânea de produtividade, hábito de crescimento, tipo de grão carioca e resistência ao mofo branco e por Silva (2015), para seleção múltipla de produtividade, caracteres agrônômicos em geral, teor de proteína, tempo de cocção, caracteres de qualidade comercial de grãos e resistência a doenças. Essa ferramenta consiste, portanto, em uma alternativa eficiente, uma vez que permite adequar a seleção às necessidades dos programas de melhoramento, por meio do estabelecimento de pesos econômicos para cada caráter, conforme as prioridades do melhorista, assim, os caracteres mais importantes podem ser ponderados em postos ou *ranks*, favorecendo a classificação dos genótipos.

Ribeiro et al. (2013) avaliando 16 linhagens de feijoeiro-comum de diferentes tipos de grão para a seleção de genótipos superiores para os teores de ferro, zinco, cobre, cálcio, potássio, tempo de cocção e rendimento de grãos, durante duas épocas de cultivo (águas e seca), identificaram a linhagem Gen Pr 14-2-3 como superior para todos os caracteres avaliados, exceto para o teor de cálcio, utilizando o índice de seleção Z, baseado em variáveis padronizadas. Desse modo, a seleção entre os genótipos foi realizada com base nos maiores valores médios dos índices Z, para cada caráter, com exceção do tempo de cocção, em que os menores valores foram atribuídos ao melhor desempenho fenotípico. A seleção de linhagens e progênies de feijoeiro-comum para qualidade de grãos com base no índice Z também foi conduzida por Silva et al. (2012) e Ribeiro et al. (2014), indicando ser esse índice viável e promissor na seleção efetiva para vários caracteres simultaneamente.

A comparação entre os diferentes índices de seleção para qualidade de grãos na cultura do feijoeiro-comum tem sido relatada por Jost et al. (2013) e Maziero et al. (2015). Jost et al. (2013) avaliando 289 genótipos de feijoeiro-comum, 272 linhagens e 17

cultivares, para superioridade em produtividade, caracteres morfoagronômicos e teores de cálcio e ferro no grão, identificaram similaridade entre os índices base, clássico e multiplicativo (Subandi et al., 1973), indicada pela elevada coincidência entre as linhagens selecionadas, possibilitando ganhos genéticos superiores para os caracteres avaliados. Elevado índice de coincidência de 82,8% foi detectado entre os índices multiplicativo e base, ao se utilizarem como pesos econômicos ganhos de 10% ou um desvio padrão associado a cada caráter, ao mesmo tempo em que índices de coincidência de 82,8% e 72,4% foram verificados entre o índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), usando-se o ganho de 10% em cada caráter como peso econômico, e o índice base (Wililians, 1962), ao se utilizarem como pesos econômicos, um desvio padrão e ganhos de 10% respectivamente. Esse mesmo autor não obteve ganhos satisfatórios para as variáveis analisadas quando a seleção direta foi aplicada para produtividade, uma vez detectada correlações negativas e significativas entre esse caráter e os teores de cálcio e ferro e altura de inserção da primeira vagem, resultando em ganhos indiretos negativos para esses caracteres.

Por outro lado, Maziero et al. (2015) avaliando diferentes estratégias envolvendo índices de seleção para rendimento de grãos, desempenho agrônômico e teores de fósforo, zinco, potássio e cobre nos grãos em linhagens de feijoeiro-comum, constatou superioridade do índice multiplicativo em relação aos índices base, clássico, livre de pesos, ganhos desejados e soma de postos, por apresentar ganho de seleção total superior e melhor distribuído para os caracteres avaliados. Elevada eficiência do índice da soma de postos em selecionar os genótipos superiores também foi verificada, quando o coeficiente de variação genético de cada caráter foi usado como peso econômico. A seleção direta proporcionou ganhos satisfatórios individuais para cada caráter, porém ganhos indesejáveis foram observados para outros caracteres. No geral, entre as 17 linhagens superiores obtidas em cada índice, quatro coincidiram para todos eles e foram selecionadas como superiores.

Correlações entre os índices base, clássico, da soma de postos e da soma de variáveis padronizadas Z foram obtidas por Ramalho et al. (2012), ao utilizarem os dados de produtividade de grãos de 36 progênies $S_{0:3}$ de feijoeiro do ciclo XI de uma população de seleção recorrente da Universidade Federal de Lavras. Eles compararam os quatro índices por meio da correlação de Spearman e índice de coincidência, atribuindo o mesmo valor para todos os pesos econômicos. Foram detectadas correlações significativas entre todos os índices, sendo maiores entre o índice baseado na soma de postos e o índice Z

(0,98), havendo 100% de coincidência na classificação dos quatro genótipos superiores. A diferença na unidade da escala de produtividade de kg.ha^{-1} para t.ha^{-1} afetou a correlação entre os índices clássico e de base com os demais índices, além de influenciar nos ganhos obtidos com a seleção quando aqueles dois índices foram avaliados.

De modo geral, os índices de seleção possuem eficiência em selecionar genótipos para múltiplos caracteres e estão disponíveis ao melhorista, alguns com peculiaridades e outros, similaridades entre si, cujos resultados poderão variar em função dos caracteres avaliados e da estratégia de seleção utilizada. O índice base e da soma de postos apresentam facilidades operacionais para seleção e possuem alta correlação entre si e com o índice Z, podendo ser implementados em programas de melhoramento (Ramalho et al., 2012). O índice multiplicativo também apresenta-se como boa opção em programas de melhoramento, pela característica de não utilizar pesos econômicos, sendo uma alternativa de uso prático para a seleção de caracteres na cultura do feijoeiro-comum (Subandi et al., 1973; Maziero et al. 2015). Os índices de seleção geralmente resultam em ganhos individuais menores do que a seleção realizada unicamente para um determinado caráter, porém essa diferença é compensada pelos ganhos simultâneos nos outros caracteres o que justifica o uso deste tipo de estratégia de seleção nos programas de melhoramento (Cruz et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ENSAIOS PRELIMINARES DE LINHAGEM (EPL)

3.1.1 Material genético, ensaios e delineamento experimental

Foram utilizados os resultados da avaliação dos genótipos dos Ensaios Preliminares de Linhagem (EPL) do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Arroz e Feijão. Os ensaios foram conduzidos na safra de inverno de 2013, em Brasília – DF, Santo Antônio de Goiás – GO e Sete Lagoas – MG e na safra das águas de 2013, em Ponta Grossa – PR. Foram avaliadas 78 linhagens e 3 cultivares: Pérola, BRS Notável e BRS Estilo. Utilizou-se o delineamento em látice triplo 9x9, com parcelas de 2 linhas de 4 metros, espaçadas de 0,5 m, com 12 plantas por metro. Foram avaliados caracteres de qualidade nutricional de grãos: teor de ferro (TFe, mg.kg⁻¹), zinco (TZn, mg.kg⁻¹), fibra bruta (FB, %) e proteína bruta (PB, %); qualidade tecnológica de grãos: tempo de cocção (TC, min); qualidade comercial de grãos: massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de peneira (RP, %) e produtividade de grãos (PG, kg.ha⁻¹).

Na safra de inverno de 2013, em Brasília, foram avaliados todos os caracteres de qualidade de grãos e produtividade de grãos. Na safra de inverno de 2013, em Santo Antônio de Goiás, foram avaliados os caracteres M100 e PG, enquanto que em Sete Lagoas, apenas PG foi avaliado. Na safra das águas de 2013, em Ponta Grossa, foram avaliados M100, RP e PG, no entanto, a análise conjunta foi efetuada apenas para PG, avaliada em todos os ambientes. Para M100 e RP não foram avaliadas todas as repetições dos ensaios e, portanto, optou-se por uma análise individual em DBC considerando todas as repetições avaliadas nos diferentes ensaios.

3.1.2 Análise genética e estatística

Foram efetuadas análises de variância individuais para todos os caracteres de qualidade de grãos e produtividade avaliados no EPL (Tabela 1), após atendidos os pressupostos. Para TFe, TZn, FB, PB e TC foram estimados os parâmetros genéticos e

fenotípicos (Tabela 2).

Para os caracteres TFe, TZn, FB, PB e TC, o efeito de genótipos foi assumido como aleatório, pois na fase anterior ao EPL para a seleção das melhores linhagens foram considerados apenas os caracteres PG, M100 e RP. Logo, o efeito de genótipos para esses caracteres foi considerado fixo. O modelo estatístico para a análise individual dos caracteres de qualidade nutricional e tecnológica de grãos e produtividade é descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = m + g_i + (b/r)_{jk} + r_k + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : é a observação do caráter Y no genótipo i, do bloco j, na repetição k;

m : é a média geral referente a todas as observações;

g_i : é o efeito do genótipo i;

r_k : é o efeito da repetição k;

$(b/r)_{jk}$: é o efeito do bloco j, dentro da repetição k;

e_{ijk} : erro aleatório associado à observação Y_{ijk} , assumindo-se que $e_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Devido à utilização de todas as repetições em uma única análise individual, para os caracteres M100 e RP, a análise de variância foi efetuada considerando-se o modelo de blocos casualizados:

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : é a observação do caráter Y no genótipo i, do bloco j;

m : é a média geral referente a todas as observações;

g_i : é o efeito do genótipo i;

b_j : é o efeito do bloco j;

e_{ij} : erro aleatório associado à observação Y_{ij} , assumindo-se que $e_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Para PG, avaliado nos quatro ambientes, foi efetuada a análise conjunta (Tabela 1), conforme segue o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + g_i + a_k + (r/a)_{jk} + (ga)_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : é a observação do caráter Y no genótipo i, na repetição j, no ambiente k;

m : é a média geral referente a todas as observações;

g_i : é o efeito do genótipo i;

a_k : é o efeito do ambiente k; sendo o ambiente a combinação de local e época de cultivo;

$(r/a)_{jk}$: é o efeito da repetição j, dentro do ambiente k;

$(ga)_{ik}$: é o efeito da interação do genótipo i com o ambiente k;

e_{ijk} : erro aleatório associado à observação Y_{ijk} , assumindo-se que $e_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$.

Tabela 1. Análises de variância individuais e conjunta dos caracteres de qualidade nutricional, tecnológica e comercial de grãos e produtividade PG, avaliados nos Ensaios Preliminares de Linhagem (EPL's).

Análises individuais – Qualidade nutricional, tecnológica e PG			
Fontes de Variação	GL	QM	F
Repetição	r-1	QMrep	
Bloco/Repetição (Ajustado)	r(b-1)	QMb	
Genótipo (Ajustado)	g-1	QMg	QMg/QMe
Erro efetivo	g(r-1)	QMe	
Análises individuais – Qualidade comercial			
Fontes de Variação	GL	QM	F
Bloco	b-1	QMb	QMb/QMe
Genótipo	g-1	QMg	QMg/QMe
Erro	(g-1)(b-1)	QMe	
Análise conjunta - PG			
Fontes de Variação	GL	QM	F
Genótipo	g-1	QMg	QMg/QMga
Ambiente	a-1	QMa	QMa/QMe
GxA	(g-1)(a-1)	QMga	QMga/QMe
Erro efetivo médio	ag(r-1)	QMe	

r: número de repetições; a: número de ambientes; b: número de blocos incompletos; g: número de genótipos.

Tabela 2. Estimadores dos parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres de qualidade nutricional e tecnológica de grãos, obtidos a partir das análises de variância individuais, considerando o modelo em blocos completos casualizados.

Estimador	Legenda	Expressão
σ_g^2	Variância genética média	$\frac{(QMg-QMe)}{r}$
σ_f^2	Variância fenotípica média	$\frac{QMg}{r}$
σ_e^2	Variância ambiental média	$\frac{QMe}{r}$
h^2	Herdabilidade entre médias	$\frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$
CVg	Coefficiente de variação genético	$100 \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{m}$
b	Índice de variação b	$\frac{CVg}{CVe}$

QMg: QM de genótipos; QMe: QM do erro efetivo; r: número de repetição; m: média geral.

A precisão experimental foi determinada conforme a acurácia seletiva (AS) apresentada por (Resende & Duarte, 2007):

$$\text{Se } F \geq 1, AS = \sqrt{1 - (1/F)}$$

e se $F < 1$, $AS = 0$, em que F é o valor do teste F para genótipos. A AS é classificada em: muito alta ($AS \geq 0,9$), alta ($0,7 \geq AS < 0,9$), moderada ($0,5 \geq AS < 0,7$) e baixa ($AS < 0,5$), segundo os limites de classe estabelecidos por Resende & Duarte (2007).

O ganho esperado com a seleção dos genótipos superiores para qualidade nutricional e tecnológica de grãos, realizada no EPL, foi determinado, para cada caráter, por meio da equação:

$$GS (\%) = \frac{ds_x h^2}{X_0} \times 100$$

Em que :

GS (%) : Ganho de seleção, em porcentagem, para o caráter;

h^2 : Herdabilidade no sentido amplo para o caráter;

ds : Diferencial de seleção, quantifica a diferença entre a média das linhagens selecionadas e avaliadas ($X_s - X_0$);

X_s : Média das linhagens selecionadas;

X_0 : Média das linhagens avaliadas.

3.2 ENSAIOS DE VALIDAÇÃO (EV)

3.2.1 Material genético, ensaios e delineamento experimental

Foram selecionadas as 20 linhagens superiores para TFe, TZn, PB, FB e TC, no Ensaio Preliminar de Linhagem (EPL) conduzido em Brasília, no inverno de 2013, para serem avaliadas nos Ensaios de Validação (EV). Como critério de seleção, foram escolhidas as 5 melhores linhagens para cada caráter, denominadas linhagens de referência, que apresentaram os melhores desempenhos no EPL. Além destas, foram selecionadas as linhagens que, simultaneamente, associaram TFe, TZn, PB e FB superiores e TC inferior à média das 78 linhagens avaliadas, atendendo, portanto, aos critérios: TFe $\geq 56 \text{ mg.kg}^{-1}$, TZn $\geq 41 \text{ mg.kg}^{-1}$, PB $\geq 25\%$, FB $\geq 4,3\%$ e TC $\leq 32 \text{ min}$. Os EV foram conduzidos em nove ambientes descritos na Tabela 3. O delineamento foi de blocos casualizados, com 20 linhagens e três cultivares, em três repetições e parcelas de uma linha de três metros, com espaçamento de 0,5m entre linhas. Foram avaliados todos os caracteres de qualidade de grãos e PG aferidos nos EPL, sendo acrescentada a cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA).

Tabela 3. Ambientes de realização dos ensaios de validação (EV) dos 23 genótipos de feijoeiro-comum do programa de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão.

Locais	Épocas	Latitude “S”	Longitude “O”	Altitude (m)
S.A de Goiás - GO	Inverno 2015	16° 28’ 00”	49° 17’ 00”	823
	Inverno 2016			
	Inverno 2017			
Goiânia - GO	Inverno 2016	16° 41’ 00”	49° 16’ 00”	741
	Águas 2016			
	Inverno 2017			

Tabela 3. Ambientes de realização dos ensaios de validação (EV) dos 23 genótipos de feijoeiro-comum do programa de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão.

Ponta Grossa - PR	Águas 2015 Águas 2016 Seca 2017	25° 05' 42"	50° 09' 43"	969
-------------------	---------------------------------------	-------------	-------------	-----

3.2.2 Caracteres analisados

Foi realizada a pesagem dos grãos coletados em cada parcela e aferida a umidade. O caráter PG foi corrigido para a umidade de 13%. Para o caráter RP, foram separados e peneirados 300 g de cada amostra, em peneira de furos oblongos de 4,25 mm de espessura e determinada a porcentagem da massa de grãos retidos em relação aos 300 g totais peneirados. Do material retido na peneira, foi determinada a M100 e avaliada a cor de grãos na colheita (CGC) e após o armazenamento de 90 dias, em condições ambiente (CGA), por meio de escala de notas, variando de 1 a 5, em que: 1 - (fundo do grão de cor bege muito clara e com rajas marrons claras), grão com padrão da cultivar BRSMG Madrepérola; 2 - (fundo do grão de cor bege clara e com rajas marrons claras), grão com padrão da cultivar BRS Estilo; 3 - (fundo do grão de cor bege ou com rajas marrons), grão com padrão da Pérola; 4 - (fundo do grão de cor bege escuro/acinzentada ou com rajas marrons escuras), grão com padrão da cultivar BRS Notável; 5 - (fundo do grão de cor bege muito escura ou com rajas marrons muito escuras), grão com padrão não comercial. Os grãos restantes foram separados em envelopes para as análises de qualidade nutricional e tecnológica, realizadas nos laboratórios da Embrapa Arroz e Feijão.

Para a determinação dos TFe e TZn, foram coletados 50 grãos de cada parcela, submetidos à lavagem rápida com água deionizada e à secagem posterior em estufa, à 60°C por 12 horas, até se obter umidade de 6%. Os grãos secos foram então moídos (≤ 200 Mesh) em moinho de esferas de óxido de zircônio (Retsch MM200) e em recipientes em PTFE (Politetrafluoretileno), evitando a contaminação de elementos metálicos, sendo a amostra pesada (1 grama) um dia após a moagem para equilíbrio da umidade.

Os teores de ferro e zinco foram determinados por digestão ácida da matéria orgânica com mistura nitro-perclórica na proporção 2:1, conforme técnica de espectrofotometria de absorção atômica por chama adaptada da *Association of Official*

Analytical Chemists AOAC (1997). Foi realizada a pré-digestão da amostra com a mistura ácida a 50°C por 30 minutos, seguida da digestão propriamente dita, a 100°C, também a 30 minutos, sendo realizado o resfriamento a temperatura ambiente e nova adição de 2 mL de mistura ácida e digestão a 170°C por horas. O extrato obtido foi então diluído e lido em espectrofotômetro de absorção atômica (Agilent/Varian modelo SpectrAA 50 B), previamente calibrado com curva padrão para ferro e zinco.

Para a quantificação do teor de fibra bruta, foram colhidas amostras de 20 g de cada parcela. A fibra bruta foi determinada com base no método de digestão ácido-base adaptado da AOAC (1997). No método original, a fibra bruta é quantificada por diluições ácidas e básicas, em recipientes denominados cadinhos de Gooch, dificultando a quantificação em um número grande de amostras. A modificação deste método consiste em realizar a extração da fibra bruta no equipamento denominado determinador de fibras da Tecnal®, modelo TE-149, que originalmente determina a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA), possibilitando a extração de um número maior de amostras, o que torna este método mais rápido e menos oneroso. As sementes são moídas em moinho analítico de faca fixa, IKA A11 Basic, até a obtenção de partículas inferiores a 1 mm e as mensurações realizadas nas farinhas obtidas por meio da moagem.

Após a moagem, amostras de um grama da farinha de feijão, obtidas de cada parcela, foram alocadas em sacos de TNT (tecido não tecido), previamente ambientados e pesados, e transferidos para o determinador de fibra, procedendo-se à lavagem em 2,25 L de solução ácida, contendo ácido sulfúrico a 1,25%, e em 2,25 L da solução básica, contendo hidróxido de sódio a 1,25%, para neutralização. Após o procedimento de digestão ácido-base, os saquinhos foram retirados do aparelho e distribuídos em bandejas inox, forradas com papel toalha e levados à estufa (105°C) por 16 horas. Após este período, os saquinhos foram retirados e colocados em dessecador pelo período de uma hora, para equilíbrio da temperatura e umidade, sendo pesados e os valores anotados em planilhas.

O teor de fibra bruta foi obtido por meio da diferença do peso do saquinho seco com a amostra, após a digestão ácido-base, pelo peso do saquinho seco sem a amostra, antes da digestão. O valor obtido foi multiplicado por cem para se obter o teor de fibra bruta, em porcentagem. Assim, o valor final foi obtido por meio da média das repetições, para cada genótipo.

Para a análise do teor de proteína bruta, foram separadas amostras contendo 50 grãos de cada parcela. O método micro-Kjedahl foi utilizado, conforme proposto pela AOAC (1995) para estimar a proteína total com base no teor de nitrogênio. Inicialmente, os grãos foram moídos utilizando-se um moinho analítico de faca fixa. Para cada amostra, foram pesados 200 mg dos fragmentos obtidos, inseridos em um tubo de digestão, juntamente com 1 grama de catalisador (sulfato de cobre e sulfato de potássio) e 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. A digestão das amostras foi realizada nos blocos digestores até que o carbono e hidrogênio fossem oxidados, compreendendo 1 hora de aquecimento inicial a 100°C, 1 hora a 200°C e aquecimento a 300°C até o término da digestão.

Após a digestão, foram inseridos 20 mL de água deionizada em cada tubo, sendo a amostra transferida para um balão de destilação, acrescentando-se, em seguida, 10 mL de NaOH a 12,5 N. O balão foi então transferido para o aparelho Kjedahl, no qual ocorreu a destilação. O nitrogênio liberado pelo processo de destilação reage com uma solução indicadora contida em um erlenmeyer, composta de ácido bórico, vermelho de metila e verde de bromocressol, produzindo borato de amônia. Desse modo, o teor total de nitrogênio foi obtido por meio da titulação da solução indicadora com o destilado da amostra, usando-se de um titulador abastecido com ácido sulfúrico. O resultado da titulação, em mililitros, foi então multiplicado por 0,7 para se obter o teor total de nitrogênio da amostra que, multiplicado pelo fator de 6,25, forneceu o teor de proteína dos grãos, sendo a média das repetições, o valor protéico do grão referente a cada genótipo.

Para a avaliação do tempo de cocção, foram utilizadas amostras contendo 100 grãos de cada parcela. O método utilizado foi baseado no cozedor de Mattson com 25 hastes, conforme descrito por Sartori (1982) e modificado por Proctor & Watts (1987) e Ribeiro et al. (2007). Inicialmente, cada amostra foi embebida em 100 ml de água destilada para hidratação dos grãos pelo período de 16 horas, à temperatura ambiente. Após a hidratação, a água foi descartada e foram selecionados 25 grãos, ao acaso, sendo transferidos para o cozedor e inseridos nas cavidades da placa de suporte, sobre os quais se localiza uma haste metálica. O cozedor de Mattson foi então transferido para um recipiente contendo água destilada fervente, sendo o tempo de cocção determinado a partir do tempo médio de queda das 13 primeiras hastes, iniciado com a inserção do cozedor no recipiente até a queda da 13ª haste ($50\% + 1$) e consequente perfuração dos grãos cozidos.

A determinação dos teores de ferro, zinco e nitrogênio total foi realizada no Laboratório de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão, enquanto que o tempo

de cocção e o teor de fibra bruta das amostras foram obtidos no Laboratório de Grãos e Subprodutos, na mesma instituição.

3.2.3 Análise genética e estatística

Nos EV's foram efetuadas análises de variância individuais e conjunta para produtividade e os demais caracteres de qualidade de grãos (Tabela 4). Nas análises conjuntas, o efeito de genótipos foi considerado fixo e o de ambientes aleatório.

$$Y_{ijk} = m + (b/a)_{jk} + g_i + a_k + ga_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : é a observação do caráter Y no genótipo i, do bloco j, na repetição k;

m : é a média geral referente a todas as observações;

$(b/a)_{jk}$: é o efeito do bloco j, dentro do ambiente k;

g_i : é o efeito do genótipo i;

a_k : é o efeito do ambiente k, sendo o ambiente a combinação de local, época de cultivo e ano;

ga_{ik} : é o efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente k;

e_{ijk} : erro aleatório associado à observação Y_{ijk} , assumindo-se que $e_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$

Tabela 4. Análises de variância individuais e conjunta dos Ensaio de Validação (EV's) para os teores de ferro, zinco, fibra bruta, proteína bruta, tempo de cocção, produtividade de grãos, rendimento de peneira, massa de cem grãos, cor de grãos na colheita e cor de grãos após armazenamento.

Análises individuais			
Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos	b-1	QM _b	
Genótipos	g-1	QM _g	QM _g /QM _e
Erro	(b-1)(g-1)	QM _e	
Análise conjunta			
Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos/ambientes	a(r-1)	QM _b	

Tabela 4. Análises de variância individuais e conjunta dos Ensaio de Validação (EV's) para os teores de ferro, zinco, fibra bruta, proteína bruta, tempo de cocção, produtividade de grãos, rendimento de peneira, massa de cem grãos, cor de grãos na colheita e cor de grãos após armazenamento.

Ambientes	a-1	QMa	QMa/QMb
Genótipos	g-1	QMg	QMg/QMga
Genótipos x Ambientes	(a-1)(g-1)	QMga	QMga/QMe
Erro	a(g-1)(r-1)	QMe	

r: número de repetições; b: número de blocos; g: número de genótipos; a: número de ambientes.

A adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram estimadas nos EV's, para cada caráter avaliado, conforme o modelo gráfico proposto por Nunes et al. (2005). Neste método a média dos genótipos, para cada ambiente, é padronizada por meio da expressão:

$$z_{ij} = \frac{(\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{.j})}{S_{.j}}$$

Em que:

z_{ij} : é o valor da variável padronizada correspondente ao genótipo i no ambiente j, em que $i=1,..n$ e $j=1,..a$;

$\bar{X}_{ij}$: é a média do genótipo i no ambiente j;

$\bar{X}_{.j}$: é a média do ambiente j;

$S_{.j}$: é o desvio padrão fenotípico entre as médias das cultivares no ambiente j; dado por:

$$S_{.j} = \sqrt{\sum_{i=1}^t \frac{(X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2}{t-1}}$$

Considerando que a variável z_{ij} assume valores negativos e positivos, foi adicionada a constante de valor 3 para possibilitar melhor visualização gráfica dos resultados obtidos. A média dos valores de z_{ij} , para o genótipo i, em a ambientes (Z_i), corresponde à adaptação deste genótipo, enquanto que o coeficiente de variação de z_{ij} (CVz_i) representa a estabilidade nos ambientes avaliados. Neste sentido, os genótipos mais estáveis e adaptados são aqueles que apresentam os menores valores de CVz_i e maiores

valores de Z_i , respectivamente, sendo considerados estáveis os genótipos com valores de CVz_i menores que 20% (Di Prado, 2017).

A representação do desempenho fenotípico, nos ambientes avaliados, foi expressa por meio de gráficos com eixos concêntricos equivalentes aos ambientes, pelos valores de Z_{ij} acrescidos da constante pré determinada e pela média dos ambientes. Desse modo, cada eixo corresponde a um valor de Z_{ij} , sendo o genótipo mais adaptado e estável representado pelo gráfico denominado “bola cheia”, enquanto que os genótipos com baixa adaptabilidade e estabilidade são identificados pelos gráficos denominados “bola murcha”.

Foram estimadas correlações de Pearson entre as médias das linhagens avaliadas no EPL e nos EV, considerando o desempenho das 20 linhagens selecionadas para os caracteres TFe, TZn, FB, PB e TC. As médias dos genótipos nos ambientes, para cada caráter avaliado nos EV, foram comparadas por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (Scott & Knott, 1974).

Foram estimadas correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre os caracteres PG, TFe e TZn, priorizados na seleção, obtidas com dados de parcelas e médias nos ambientes conforme descrito por Cruz et al. (2012), com o auxílio do programa GENES (Cruz, 2006). As expressões dos coeficientes de correlação fenotípica, genética e ambiental, estão descritas abaixo:

a) Correlação fenotípica

$$r_f(X,Y) = \frac{COV_f(X,Y)}{\sqrt{QM_{g_x} QM_{g_y}}}$$

b) Correlação genética

$$r_g(X,Y) = \frac{\sigma_{gxy}}{\sqrt{\sigma_{g_x}^2 \sigma_{g_y}^2}}$$

a) Correlação ambiental

$$r_a(X,Y) = \frac{COV_a(X,Y)}{\sqrt{QMe_x QMe_y}}$$

Para a seleção simultânea dos caracteres avaliados, foi utilizado o índice de Mulamba & Mock (1978). Esse índice baseia-se na classificação dos genótipos para cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Desse modo o ranqueamento, para cada variável, foi obtido atribuindo-se uma ordem (posto) associada à média fenotípica de cada genótipo, em ordem crescente para TFe, TZn, FB, PB, PG, RP e M100 e decrescente de classificação para TC, CGC e CGA, cujos menores valores corresponderam as melhores posições. Para PG, TFe e TZn, foram atribuídos os pesos 4, 3 e 2, respectivamente, e atribuído peso igual 1 para os demais caracteres. O índice de Mulamba & Mock, referente a cada genótipo, foi então obtido pelo somatório dos produtos entre os pesos e postos associados a cada caráter, conforme a fórmula:

$$I_{MM(i)} = u_1 r_{i1} + u_2 r_{i2} + \dots u_n r_{in};$$

Em que: $I_{MM(i)}$ é o valor do índice de Mulamba e Mock associado ao genótipo i ; u_k é o peso econômico do caráter k ; r_{ik} é o posto associado à média fenotípica do genótipo i relativo ao caráter k .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ENSAIO PRELIMINAR DE LINHAGEM (EPL)

Os resultados das análises de variância individuais para TFe, TZn, FB, PB e TC estão na Tabela 5. Houve diferença significativa entre as linhagens para todos os caracteres avaliados, com exceção de FB. Houve boa informatividade dos experimentos, constatada pelos altos valores da acurácia seletiva ($AS > 0,7$) (Resende & Duarte, 2007). As 20 linhagens superiores para qualidade nutricional e tecnológica de grãos, selecionadas no EPL para comporem os ensaios seguintes de validação (EV), apresentaram teores médios de ferro (61 mg.kg^{-1}), zinco (45 mg.kg^{-1}) e proteína (25,8%) superiores à média geral e das testemunhas (Pérola, BRS Estilo e BRS Notável) e tempo de cocção inferior (30,4 min), apresentando bom desempenho e potencial para superar os genótipos em cultivo (Apêndice A).

Tabela 5. Resumo das análises de variância individuais e médias referentes aos teores de ferro (mg.kg^{-1})(TFe), zinco (mg.kg^{-1})(TZn), fibra bruta (%) (FB), proteína bruta (%) (PB) e tempo de cocção (min) (TC) avaliados em 81 linhagens-elite de feijoeiro-comum, no ensaio de inverno de 2013 em Brasília-DF.

Inverno/13 – Brasília-DF						
Fonte de Variação	GL	QM				
		TFe	TZn	PB	FB	TC
Repetições	1	14,8	15,2	0,4	0,0	50,6
Blocos/Repetições	16	29,2	7,6	2,1	0,7	40,5
Genótipos	80	51,4**	25,1**	3,5**	0,4 ^{ns}	111,4**
Erro efetivo	64	23,5	5,3	1,1	0,3	22,2
Média geral		55,9	41,6	24,8	4,4	32,4
Média das selecionadas ¹		61,0	45,5	25,8	4,5	30,4
Média de referência ²		65,7	49,4	26,8	5,0	25,4
Linhagem destaque ³		70,8	51,0	27,3	5,4	22,6
Média das testemunhas		56,0	38,6	22,6	5,0	33,7
CV(%)		8,7	5,6	4,2	12,8	14,5
AS		0,74	0,89	0,83	0,48	0,90
Eficiência do látice		101,3	103,3	111,5	113,6	109,2

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns}Não significativo. ¹Média das 20 linhagens selecionadas para qualidade nutricional e tecnológica de grãos. ²Média das 5 linhagens de referência. ³Linhagem de melhor desempenho

As linhagens CNFC 16613, CNFC 16533, CNFC 16635, CNFC 16602 e CNFC 16518 foram as 5 melhores (referência) para TFe e apresentaram média de 65,7 mg.kg⁻¹ (Apêndice A). Dentre essas 5 linhagens de referência, a melhor linhagem CNFC 16613 (destaque) apresentou média de 70,84 mg.kg⁻¹, o que representa um aumento de 14 mg.kg⁻¹ em relação a média das testemunhas de 56,0 mg.kg⁻¹. Os valores observados para TFe estão dentro do intervalo relatado conforme Beebe et al. (2000), Saha et al. (2009), Rosa et al. (2010), Ribeiro et al. (2014), Martins et al. (2016) que verificaram valores médios entre 55 mg.kg⁻¹ e 103,92 mg.kg⁻¹. Para TZn, as linhagens de referência CNFC 16518, CNFC 16665, CNFC 16613, CNFC 16661 e CNFC 16635 apresentaram média de 49,4 mg.kg⁻¹ (Apêndice A), superior aos valores relatados por aqueles autores, que verificaram variação entre 29,21 mg.kg⁻¹ e 43,6 mg.kg⁻¹. Esses resultados confirmam o potencial das melhores linhagens de serem utilizadas em programas de biofortificação.

Os teores de PB e FB dos genótipos selecionados foram iguais a 25,8% e 4,5%, respectivamente, estando próximos à média geral de 24,8% e 4,4%, o que evidencia baixa variabilidade para esses caracteres. No entanto, a média das 5 linhagens de referência para PB (26,8%): CNFC 16519, CNFC 16661, CNFC 16635, CNFC 16628 e CNFC 16627 e da linhagem destaque CNFC 16519 (27,3%) (Apêndice A) distanciaram-se notavelmente da média geral (24,8%) e, principalmente, da média das testemunhas (22,8%). Na literatura tem sido encontrado valores médios entre 12,55% e 26,8% para proteína (Elias et al., 2007; Londero et al., 2008a; Silva et al., 2008; Buratto et al., 2009) e uma variação menor para fibra, de 3,81% a 5,27% (Escribano et al., 1997; Ribeiro et al., 2005; Ribeiro et al., 2008; Silva et al., 2013; Júnior et al., 2015). Não foi detectada variabilidade entre as linhagens para FB assim como relatado por Elias et al. (2007) e Londero et al. (2008b). Desse modo o melhoramento para esse caráter pode representar um desafio ainda maior, tendo em vista a baixa variação encontrada, quando comparado aos demais caracteres avaliados.

Para o tempo de cocção, as linhagens selecionadas apresentaram média de 30,4 min, inferior à média das testemunhas de 33,7 min, no entanto, a diferença foi ainda mais evidente ao considerar apenas a média das linhagens de referência (25,4 min): CNFC 16661, CNFC 16526, CNFC 16524, CNFC 16519 e CNFC 16633. Ao considerar a média da linhagem destaque CNFC 16661 (22,6 min), o TC médio foi reduzido em 11,1 minutos quando comparado com as testemunhas, o que confirma o potencial dos genótipos de superarem as cultivares. De acordo com Rodrigues et al. (2005) valores inferiores a 30 min

para o tempo de cocção são desejáveis, pois proporcionam maior economia de energia para o preparo de refeições. Valores médios entre 14,2 min e 51,63 min, influenciados pelas condições de cultivo, armazenamento e genótipos tem sido relatados na literatura (Elia et al., 1997; Carbonell et al., 2003; Dalla Corte et al., 2003; Baldoni & Santos, 2005; Ramos Júnior et al., 2005; Perina et al., 2010).

O resumo das análises de variância para RP e M100 está na Tabela 6. Houve variabilidade genética para os dois caracteres, assim é possível a seleção também para caracteres de qualidade comercial. Houve boa qualidade dos experimentos, constatada pela elevada acurácia seletiva ($AS > 0,7$). A média das linhagens selecionadas em relação ao RP foi de 94,3% e representa elevada qualidade comercial que, segundo Carbonell et al. (2010) o valor desejado está em torno de 70%. A média das linhagens de referência para RP (96%): CNFC 16627, CNFC 16661, CNFC 16665, CNFC 16606 e CNFC 16628 e da linhagem destaque CNFC 16627 (96,5%) não diferiram das testemunhas (94,5%) (Apêndice B), o que confirma o bom desempenho das linhagens para RP.

Tabela 6. Resumo das análises de variância individuais e médias do rendimento de peneira (%) (RP) e massa de cem grãos (g) (M100) avaliados em linhagens-elite de feijoeiro-comum na safra das águas, em Ponta Grossa (PR), e na safra de inverno em Santo Antônio de Goiás (GO) e Brasília (DF), no ano de 2013.

Fonte de Variação	QM			
	GL	RP	GL	M100
Blocos ¹	4	121,2	6	359,4
Genótipos	80	27,5**	80	20,4**
Erro	320	11,6	480	1,6
Média geral		93,5		24,6
Média das selecionadas ²		94,3		23,8
Média das testemunhas		94,5		25,5
CV(%)		3,6		5,1
AS		0,76		0,96

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ¹As repetições dos ensaios em látice foram consideradas como blocos. ²Média das 20 linhagens selecionadas para qualidade nutricional e tecnológica de grãos.

Para o caráter M100, a média das linhagens selecionadas foi de 23,8 g, inferior a média geral de 24,6 g e das testemunhas, 25,5 g (Apêndice B). O desempenho relativamente inferior para M100 das linhagens selecionadas pode ser explicado pelo fato desse caráter não ter sido considerado na seleção, neste sentido, genótipos com boas características de qualidade de grãos, porém inferiores para M100, também foram selecionados. Considerando-se que o padrão de comercialização de grãos carioca está

centrado no valor mínimo de referência de 25 g para M100, sendo esse caráter influenciado pelo ambiente, avaliações em mais ambientes se fazem necessárias para confirmar o desempenho médio das linhagens selecionadas (Chioratto et al., 2010; Farinelli & Lemos, 2010; Pereira et al., 2012).

O potencial para a seleção de linhagens com altos TFe, TZn, FB, PB e reduzido TC pode ser verificado por meio das estimativas dos parâmetros genéticos (Tabela 7). Os maiores valores dos coeficientes de variação genético (CVg), índice b e herdabilidade indicam maior possibilidade de sucesso com a seleção, o que é verificado para TZn e TC (Vencovsky & Barriga, 1992).

Para TFe e TZn, os valores da herdabilidade foram 54,35% e 78,66%, respectivamente. Variações de 58,47% a 97,40%, para o TFe e 45,14% a 97,86% para o TZn foram relatados por Cichy et al. (2005), Silva et al. (2012), Buratto (2012) e Buratto & Moda-Cirino (2017). Estimativas de herdabilidade de 69,56% e 80,11% foram detectadas para PB e TC, respectivamente, o que indica, assim como para TFe e TZn uma condição favorável ao melhoramento possibilitando o sucesso com a seleção para esses caracteres. Valores de herdabilidade variando de 41% a 94,78% tem sido relatados para PB (Leleji et al., 1972; Londero, 2005; Silva et al., 2008; Silva et al., 2012) e entre 12% e 91% para TC (Baldoni & Santos, 2005; Bertoldo, 2008), indicando diferenças em função dos genótipos avaliados e do ambiente.

Tabela 7. Estimativas da variância genética (σ^2_g), coeficiente de variação genético (CVg), índice b obtido pela razão entre os coeficientes de variação genético e experimental (CVg/CVe), herdabilidade (h^2) e ganhos esperados com a seleção (GS) das 20 linhagens superiores e das 5 linhagens de referência para os teores de ferro (mg.kg^{-1})(TFe), zinco (mg.kg^{-1})(TZn), proteína bruta (%) (PB), fibra bruta (%) (FB) e tempo de cocção (min)(TC).

Variáveis	σ^2_g	CVg	b	h^2	GS ¹ (%)	GS ² (%)
TFe	14,0	6,7	0,77	54,35	4,9	9,2
TZn	9,9	7,5	1,4	78,66	7,4	15,0
FB	0,05	4,9	0,4	22,91	0,4	3,5
PB	1,2	4,5	1,1	69,56	2,6	5,9
TC	44,6	20,6	1,4	80,11	4,9	18,4

¹Ganho esperado com a seleção das 20 linhagens superiores para qualidade nutricional e tecnológica de grãos. ²Ganho esperado com a seleção das linhagens de referência.

Foi encontrada baixa estimativa da herdabilidade para o teor de fibra bruta, 22,91%, cuja variação na expressão do caráter foi explicada, principalmente, pelo efeito do

ambiente. Esse resultado pode ser confirmado pelos baixos valores da variância genética (0,05), do coeficiente de variação genético (4,9) do índice b (0,4), e pode ainda estar associado à baixa precisão experimental AS (0,48), o que dificulta a detecção de variabilidade entre os genótipos. Diante disso, a condução de ensaios em mais ambientes com um maior número de repetições são necessários para confirmar a existência de diferença significativa entre os genótipos para o teor de fibra. Baixos valores de herdabilidade para o teor de fibra bruta também foram encontrados por Escribano et al. (1997) e Silva et al. (2013), cujos coeficientes variaram de 14% a 33,5%. Valores maiores, no entanto, entre 41,75% e 98% foram detectados (Verma et al, 2014; Júnior et al., 2015).

Silva et al. (2013) encontraram valores de herdabilidade variando de 14% a 33,5% ao avaliarem a eficiência dos métodos SSD, *bulk* dentro de F₂ e *bulk* para elevar o teor de fibra bruta em feijão do grupo carioca. Esses autores avaliaram no total 192 progênies F₇, em dois ambientes, e não constataram variabilidade com o método *bulk* dentro de F₂. Esses resultados contrastam aqueles obtidos por Junior et al. (2015), que ao utilizarem 45 progênies F₈, originadas de Silva et al. (2013), em ensaios conduzidos em 11 ambientes, encontraram valores superiores de herdabilidade, entre 66,20% e 85,42% e diferença significativa entre as progênies conduzidas sob os três métodos avaliados por Silva et al. (2013). No presente trabalho, o efeito não significativo de genótipos para FB pode estar associado, assim como os resultados obtidos por Silva et al. (2013) a forte influência do ambiente na expressão do caráter e à baixa amostragem dos ambientes avaliados, o que justifica os resultados contrastantes entre aqueles autores.

Os ganhos esperados com a seleção das 20 linhagens superiores para TFe, TZn, FB, PB e TC estão na Tabela 7. Para os TFe e TZn, ganhos de 4,9% e 7,45%, respectivamente, foram obtidos, no entanto, estiveram subestimados ao serem considerados genótipos que não foram selecionados para esses caracteres. Neste sentido, ao serem consideradas apenas as 5 linhagens de referência para TFe e TZn, ganhos maiores, de 9,2 e 15% foram obtidos, respectivamente para TFe e TZn. Ganhos de seleção de 9,07% e 5,05% para os teores de ferro e zinco, respectivamente, foram obtidos por Martins et al. (2016), ao selecionarem 14 linhagens de grãos do grupo carioca em ensaio preliminar de linhagem. Rosa et al. (2010), ao selecionarem plantas F₂, dos cruzamentos Pérola (carioca) x Guapó Brilhante (preto) e TPS Nobre (preto) x Guapó Brilhante para altos teores de zinco, obtiveram ganhos respectivos de 8,12% e 12,12%. Para o teor de ferro em grãos do grupo preto, ganhos de 11,14% e 30,05% foram gerados dos respectivos cruzamentos,

Minuano x Diamante Negro e Diamante Negro x IAPAR 44, utilizando-se de mesma intensidade de seleção em plantas com grãos na geração F₂ (Jost et al., 2009).

Para PB e FB, ganhos respectivos de 2,6% e 0,4% foram obtidos com a seleção das 20 linhagens e ganhos maiores, de 5,9 e 3,5% obtidos com a seleção das linhagens de referência. Em relação ao TC, o ganho foi maior ao considerar apenas as 20 linhagens selecionadas, de 4,9% que significou uma redução de 32,4 para 30,4 min (Tabela 5). Ao considerar apenas as 5 melhores linhagens, no entanto, essa redução foi mais acentuada, de 32,4 para 25,4 min, traduzida em uma redução de 18,4%, resultado favorável para o mercado consumidor. Ganhos entre 4,26% e 6,75% foram observados para PB (Silva, 2004; Londero, 2005), entre 0,94% a 3,87% para FB (Silva et al., 2013; Júnior et al., 2015) e entre 8,03% e 14,54% para o tempo de cocção (Martins et al., 2015) na cultura do feijoeiro-comum. Esses resultados evidenciam o potencial de se obter genótipos com qualidade de grãos superior.

Dentre os caracteres avaliados nos EPL tem-se a produtividade de grãos (PG), considerado um dos mais importantes e com maior efeito ambiental entre aqueles trabalhados nos programas de melhoramento e, dessa forma, foi avaliado em vários ambientes para aumentar a eficiência de seleção. O resumo da análise conjunta para PG consta na Tabela 8. As linhagens diferiram-se significativamente para produtividade e houve boa qualidade dos experimentos. Os genótipos apresentaram produtividade média de 2.899,6 kg.ha⁻¹, inferior à média das testemunhas com produtividade de 3.248,2 kg.ha⁻¹.

Tabela 8. Resumo da análise conjunta para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) (PG) avaliada nos 81 genótipos de feijoeiro-comum na safra das águas, em Ponta Grossa (PR), e na safra de inverno em Santo Antônio de Goiás (GO), Brasília (DF) e Sete Lagoas (MG) no ano de 2013.

Fonte de Variação	PG	
	GL	QM
Genótipos	80	795257,3**
Ambeintes	3	115280558,8**
GxA	240	374241,6**
Erro efetivo médio	544	207665,4
Média geral		2.899,6
Média das selecionadas ¹		2.805,8
Média das testemunhas		3.248,2
CV(%)		15,7
AS		0,86

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

¹Média das 20 linhagens selecionadas para qualidade nutricional e tecnológica de grãos.

As 20 linhagens selecionadas apresentaram PG ($2.805,2 \text{ kg.ha}^{-1}$) inferior às testemunhas ($3.248,2 \text{ kg.ha}^{-1}$), o que pode ser justificado pelo fato desse caráter não ter sido considerado na seleção para qualidade de grãos, neste sentido, dentre os genótipos selecionados, foram incluídas linhagens com baixa PG. Esse resultado pode, ainda, estar associado às correlações negativas que podem existir entre caracteres de qualidade de grãos e PG, o que representa um desafio no melhoramento para a qualidade de grãos (Leleji et al., 1972; Lemos et al., 2004; Ribeiro et al., 2008; Londero et al., 2008; Mingotte et al., 2013; Ribeiro et al., 2014; Teixeira et al., 2015). No entanto, as linhagens com melhor desempenho para o caráter, como a CNFC 16630 ($3.128,06 \text{ kg.ha}^{-1}$) e CNFC 16633 ($3.110,89 \text{ kg.ha}$), foram estatisticamente iguais às cultivares Pérola, BRS Estilo e BRS Notável (Apêndice B), uma evidência favorável ao melhoramento para a qualidade de grãos, pois confirma que é possível associar qualidade e produtividade de grãos.

No geral, os resultados obtidos nos EPL possibilitam inferir o potencial dos 20 genótipos selecionados de gerarem cultivares superiores para qualidade nutricional, tecnológica e comercial de grãos e produtividade. Neste sentido, ao considerar apenas as cinco linhagens de referência determinadas para cada caráter, como parte da seleção adotada, pode-se verificar aumento substancial nos caracteres sob seleção, com exceção do FB. Ao considerar as demais linhagens, as cinco que foram selecionadas simultaneamente para os caracteres, a partir das médias das 78 linhagens, espera-se extrair potenciais cultivares ou genitores que associem o máximo de características desejadas, conforme as demandas do programa de melhoramento do feijoeiro-comum.

Considerando-se que a seleção efetuada para os caracteres de qualidade nutricional e tecnológica de grãos foi realizada a partir das avaliações de um único EPL (Brasília/2013), as informações obtidas podem estar restritas a este ambiente, o que representa um risco na seleção de genótipos de uso potencial como cultivares. Assim, a condução de experimentos em mais ambientes se faz necessária para confirmar o desempenho dos genótipos superiores, uma vez que a interação de genótipos com ambientes poderá afetar a classificação dos genótipos. Neste sentido, estimar a estabilidade e adaptabilidade e obter um índice de seleção para os caracteres avaliados possibilitará a identificação segura de linhagens que atendam as demandas do programa de melhoramento. Portanto, esses resultados são indícios preliminares que necessitam ser confirmados em ensaios subsequentes, como os EV (Ensaio de Validação), que serão abordados no próximo tópico.

4.2 ENSAIO DE VALIDAÇÃO (EV)

Os resumos das análises de variância individuais constam nos Apêndices C, D, E e F. Para todos os caracteres avaliados foi detectada variabilidade genética, diferentemente do que foi verificado para FB na análise de variância do EPL (Brasília/13). Esses resultados indicam que a condução de ensaios em mais ambientes pode permitir a detecção de variabilidade para FB, caráter influenciado pelo ambiente e com variância genética baixa. No geral, para TZn, PB, FB e TC os ensaios apresentaram de moderada a alta acurácia ($0,5 < AS < 0,9$), enquanto que para os demais caracteres, foram constatados valores altos ($0,7 < AS < 0,9$) a muito altos ($AS > 0,9$), o que confirma boa qualidade dos experimentos.

O resumo da análise conjunta para TFe, TZn, PB e FB avaliados nas linhagens do Ensaio de Validação (EV) está apresentado na Tabela 9. Houve boa qualidade dos experimentos, constatada pela alta acurácia seletiva ($AS > 0,70$). Houve efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para todos os caracteres, o que confirma o comportamento diferenciado dos genótipos nos ambientes avaliados. Interação significativa para TFe e TZn também foi relatada por Beebe et al. (2000), Cichy et al. (2005), Ribeiro et al. (2008), Pereira et al. (2014), Teixeira et al. (2015) e Martins et al. (2016). Com base nesses estudos, o desempenho não coincidente dos genótipos foi verificado em decorrência da mudança de local, ano e safra.

Foi observada variação de 60,75 a 75,89 mg.kg⁻¹ entre os ambientes para o TFe (Apêndice G), principalmente em função dos anos avaliados, sendo verificado maiores teores de ferro nos grãos colhidos durante o ano de 2016, na safra das águas, em Goiânia e Ponta Grossa e na safra de inverno, em Goiânia e Santo Antônio de Goiás. Esse resultado é decorrente de variações ambientais como a composição química do solo, conforme relatado por Cichy et al. (2005), que também verificaram variação entre anos para TZn em grãos de feijão. Esses autores associaram os menores teores desse mineral no grão ao ambiente cuja concentração de Zn no solo foi inferior e o pH mais elevado, o que afetou a absorção desse nutriente pelas plantas. Resultados similares para o teor de ferro foram obtidos por Moraghan et al. (2002) e Martins et al. (2016) que verificaram maiores teores de ferro nos grãos desenvolvidos em ambientes com maiores teores desse mineral no solo. Esses últimos autores observaram variação de 58,1 a 82,0 mg.kg⁻¹ entre os ambientes

avaliados, o que confirma a forte influência do ambiente na expressão do TFe em grãos de feijão, em especial os aspectos da qualidade química do solo.

Tabela 9. Resumo da análise conjunta para os teores de ferro (mg.kg^{-1}) (TFe), zinco (mg.kg^{-1}) (TZn), proteína bruta (%) (PB) e fibra bruta (%) (FB), avaliados nos anos de 2015, 2016 e 2017, em Brasília (DF), Ponta Grossa (PR), Santo Antônio de Goiás (GO) e Goiânia (GO), nas safras das águas, seca e inverno.

Fonte de variação	QM				
	GL	TFe	TZn	PB	FB
Ambientes	8	2518,0**	1747,8**	384,5**	3,4**
Genótipos	22	399,1**	37,1**	8,2**	0,8**
GxA	175	60,3 ¹	9,5*	3,2**	0,3**
Resíduo	394	50,4	7,7	2,0	0,2
Média		66,4	30,9	23,2	5,2
CV(%)		10,7	9,0	6,2	8,6
AS		0,93	0,86	0,97	0,86

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ¹ significativo a 7% de probabilidade pelo teste F (p-valor = 0,076).

Como observado para TFe, foi verificada variação significativa entre ambientes, de 22,61 a 39,47 mg.kg^{-1} para TZn (Apêndice H), com destaque para Ponta Grossa, onde as médias foram inferiores, independentemente de safra ou ano de cultivo. Efeito significativo de local para TZn também foi verificado por Beebe et al. (2000) em avaliações de acessos de feijoeiro-comum do banco de germoplasma do CIAT e por Ribeiro et al. (2008), que detectaram médias de 26,28 mg.kg^{-1} e 33,83 mg.kg^{-1} respectivas aos dois locais onde foram avaliadas cultivares de feijão preto e carioca. Martins et al. (2016) verificaram a influência do teor de zinco no solo para a concentração desse mineral no grão, corroborando com Cichy et al. (2005), o que explicou a diferença entre os locais avaliados. Esses resultados confirmam que o ambiente pode influenciar no TZn dos grãos do feijoeiro-comum, do mesmo modo que para TFe. Conforme verificado por Cichy et al. (2009) e Blair et al. (2010), é esperada influência do ambiente na expressão dos teores de ferro e zinco no feijão, uma vez que esses caracteres são quantitativos.

Para PB, efeito de local e da interação de genótipos com ambientes foram relatados por Buratto et al. (2009), em feijão carioca e por Dalla Corte et al. (2003) em genótipos dos grupos preto e de cor. Efeito significativo de locais e anos foi constatado por Santalla et al. (2001) ao avaliarem cultivares tradicionais de grãos cultivados na Espanha. Para FB, foi detectado efeito de genótipos, o que reforça os resultados obtidos nas análises individuais (Apêndice D), neste sentido a avaliação desse caráter em um único EPL pode

ter a eficiência limitada para a seleção de genótipos superiores. Interação para FB tem sido detectada por Júnior et al. (2015) e Silva et al. (2013) em genótipos do grupo carioca. Esses resultados confirmam a dificuldade de selecionar linhagens para qualidade nutricional de grãos com base apenas em médias fenotípicas.

Os resultados da análise conjunta para TC e o aspecto visual dos grãos, definido neste trabalho por CGC (cor de grãos na colheita) e CGA (cor de grãos após armazenamento) avaliado 90 dias após a colheita, estão na Tabela 10. Houve efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para os três caracteres. A interação para o TC tem sido relatada por Dalla Corte et al. (2003), Bertoldo et al. (2009), Coelho et al. (2009) e Perina et al. (2014) o que confirma a resposta diferencial dos genótipos em decorrência do tempo de armazenamento, local e época de cultivo. Esses fatores também afetaram a expressão do caráter quando foram avaliados isoladamente por esses autores.

Tabela 10. Resumo da análise conjunta para o tempo de cocção (min) (TC), cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA), avaliados nas 23 linhagens-elite de feijoeiro-comum, nos anos de 2016 e 2017, nas safras das águas, seca e inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

Fonte de variação	QM					
	GL	TC	GL	CGC	GL	CGA
Ambientes	4	720,5*	3	6,5**	6	4,8**
Genótipos	22	413,1**	22	5,0**	22	9,2**
GxA	88	79,7*	66	1,0**	132	0,5**
Resíduo	220	59,6	176	0,2	308	0,2
Média		47,9		2,9		3,3
CV(%)		16,1		16,6		14,8
AS		0,93		0,90		0,97

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Em relação ao aspecto visual dos grãos, considerando-se o caráter CGC, efeito de ambientes e da interação de genótipos com ambientes foi constatado por Ribeiro et al. (2004), ao avaliarem 16 cultivares de feijoeiro-comum dos grupos preto, carioca e manteigão, entre os anos 2000 e 2003, na safra das águas e da seca, em Santa Maria-RS. Esses autores, no entanto, utilizaram o sistema tridimensional de cores L-a-b cujo parâmetro considerado foi a claridade do tegumento ‘L’, que varia do preto ao branco, sendo quantificada por meio de colorímetro, em que maiores valores de ‘L’ são desejados por indicarem maior claridade do tegumento.

Neste sentido, vale ressaltar que os menores valores de 'L' obtidos por Ribeiro et al. (2004) foram observados nos grãos colhidos na safra das águas e da seca no período 2002/03, quando foi verificado excesso de umidade logo antes do florescimento e durante o enchimento de grãos, o que favoreceu o maior escurecimento dos grãos. No presente estudo, as primeiras precipitações de outubro, que ocorreram próximas a época da colheita do ensaio conduzido na safra de inverno de 2016, em Santo Antonio de Goiás-GO, também podem ter contribuído com a maior nota para CGC observada nesse ambiente (Apêndice O) o que influenciou na média desse catrâter (2,9). No entanto, notas de escurecimento similares foram observadas por Araújo et al. (2012), ao avaliarem progênies originadas do cruzamento entre a cultivar BRSMG Madrepérola, de escurecimento lento, e a linhagem RP-2, ambas do grupo carioca. Esses autores verificaram uma variação entre 2,27 e 3,71 para a nota de escurecimento avaliada 30 dias após a colheita, em decorrência da maior exposição dos grãos aos raios solares pelo atraso na colheita e dos locais em que os genótipos foram avaliados, o que influenciou na expressão do caráter.

Efeito da interação de genótipos com anos para CGC em feijão carioca foi detectado por Ribeiro & Storck (2003) ao utilizarem o parâmetro 'L' em avaliações conduzidas em dois anos em 90 genótipos. No presente trabalho a avaliação do aspecto visual dos grãos foi conduzida conforme escala de notas proposta por Ramalho et al. (1998), no entanto, devido à uniformidade entre os genótipos para o tamanho, forma e perfil dos grãos, a avaliação foi resumida apenas para a cor do grão. Efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para a nota de grãos em feijão carioca foi encontrado por alguns autores (Alves, 2012; Bem, 2012).

O caráter CGA, por sua vez, foi avaliado 90 dias após a colheita, para verificar o comportamento dos genótipos quanto ao escurecimento dos grãos. Alguns autores obtiveram resultados semelhantes a este trabalho, verificando efeito de genótipos, ambientes (Silva et al., 2008; Oliveira et al., 2011; Araújo et al., 2012; Alvares et al., 2016) e da interação de genótipos com ambientes para CGA (Araújo et al., 2012; Silva et al., 2014; Siqueira et al., 2014; Alvares et al., 2016), o que confirma que a cor de grãos, após o armazenamento, pode variar conforme os genótipos, período de armazenamento, local e época de cultivo, não tendo sido verificado desempenho coincidente entre os genótipos com a mudança de local, período de armazenamento e safra.

O resumo da análise conjunta para PG, RP e M100 está na Tabela 11. Os experimentos apresentaram boa informatividade, indicada pelos altos valores da acurácia seletiva ($AS > 0,90$). Houve efeito significativo de genótipos, ambientes e da interação de genótipos com ambientes para PG, RP e M100, o que indica variabilidade genética, influência do ambiente na expressão do caráter e a resposta não coincidente dos genótipos nos ambientes avaliados. A interação de genótipos com ambientes na cultura do feijoeiro-comum para PG tem sido frequentemente relatada na literatura, indicando resposta diferencial dos genótipos em função do local, safra e ano de cultivo (Carbonell et al., 2004; Oliveira et al., 2006; Matos et al., 2007; Melo et al., 2007; Pereira et al., 2009; Rocha et al., 2010). Esses resultados reforçam a necessidade de se conduzir experimentos em vários ambientes, para a seleção eficiente para PG.

Tabela 11. Resumo da análise conjunta para produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) (PG), massa de 100 grãos (g) (M100) e rendimento em peneira (%) (RP), avaliados nas 23 linhagens-elite de feijoeiro-comum em vários ambientes, nos anos de 2015, 2016 e 2017.

Fonte de Variação	QM					
	GL	PG	GL	M100	GL	RP
Ambientes	6	6302583**	6	156,1*	5	2007,6**
Genótipos	22	1928600**	22	27,4**	22	283,6**
GxA	130	483155**	132	2,7**	109	82,9**
Resíduo	304	150116	308	0,7	262	27,1
Média		2508,5		22,4		85,8
CV(%)		15,4		3,6		6,0
AS		0,96		0,95		0,95

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Interação significativa para M100 foi verificada por Ribeiro & Storck (2003), em genótipos do grupo carioca e por Farinelli & Lemos (2010), Pereira et al. (2012), Pereira et al. (2013) e Oliveira et al. (2014) em genótipos dos grupos preto e de cor. Desse modo, genótipos de feijoeiro-comum apresentam comportamento diferenciado para M100 em decorrência do local, época de cultivo, fertilidade do solo e ano, ao mesmo tempo em que essas fontes de variação podem interferir, isoladamente, na expressão do caráter. Resultados similares também foram encontrados para RP, indicando efeito de genótipos, locais, safras, e da interação de genótipos com ambientes, o que representa um desafio no melhoramento para a qualidade comercial de grãos (Farinelli & Lemos, 2010; Silva et al., 2013).

A partir dos resultados obtidos, em especial para os caracteres TFe, TZn, FB, PB e TC, que estiveram sob seleção, torna-se necessário verificar se o EPL conduzido em um único ambiente (Brasília/2013) foi suficiente para uma avaliação eficiente da qualidade nutricional e tecnológica de grãos das linhagens selecionadas, ou se a interação detectada para esses caracteres afetou substancialmente a classificação das linhagens de referência, o que justificaria a realização dos EV. Para tanto, os resultados obtidos dos genótipos selecionados no EPL e avaliados nos EV foram comparados por meio da correlação de Pearson.

Para os caracteres TZn e PB não foi detectada correlação entre os resultados do EPL e aqueles obtidos nos EV ($-0,01^{ns}$) e ($0,33^{ns}$), respectivamente, o que representa baixa correspondência entre os resultados dos dois tipos de ensaios e pode confirmar a baixa eficiência da seleção conduzida em um único ambiente para esses caracteres. Para TFe e FB foram verificadas correlações moderadas e significativas ($0,50^*$) e ($0,45^*$), respectivamente, no entanto, a maior correlação ($0,75^{**}$) foi observada para o TC. Esse último resultado, porém, deve ser analisado com maior cautela, uma vez que a expressão desse caráter foi notadamente influenciada pelas condições adversas de secagem as quais os grãos colhidos nos EV estiveram submetidos, associadas principalmente a altas temperaturas e umidade relativa do ar, o que pode comprometer a comparação entre os ensaios para o TC (Carbonell et al., 2003; Dalla Corte et al., 2003).

Em relação às linhagens de referência, dentre os caracteres avaliados, foi constatada maior alteração na classificação das linhagens para o TZn, conforme observado na Tabela 12 e constatado pela ausência de correlação ($-0,01^{ns}$) entre os ensaios para esse caráter. Neste sentido, apenas a linhagem CNFC 16518 esteve entre as 5 melhores nos dois tipos de ensaios, ocupando a melhor posição no EPL e a segunda melhor nos EV. As demais linhagens de referência estiveram classificadas a partir da 10ª posição nos EV, o que confirma a baixa eficiência da seleção realizada no EPL para o TZn ao considerar apenas as linhagens de referência. Para FB, a classificação foi mais consistente, sendo que as linhagens de referência CNFC 16627 e CNFC 16645 ocuparam a 1ª e 2ª posições nos EV, respectivamente, e as demais estiveram entre a 7ª e 10ª posições.

Para TFe e TC, dentre as 5 linhagens de referência, três estiveram entre as 5 melhores nos EV, no entanto, a linhagem destaque para TFe, CNFC 16613, ocupou a 14ª posição nos EV, o que representa um desafio na seleção para TFe com base apenas no

Tabela 12. Médias dos teores de ferro (TFe, mg.kg), zinco, (TZn, mg.kg), fibra bruta (FB, %), proteína (PB, %) e tempo de cocção (TC, min) referentes aos 23 genótipos avaliados no EPL (Brasília/13) e nos EV. As 5 linhagens de referência para cada caráter estão identificadas de 1 a 5, em ordem decrescente para o desempenho observado no EPL e nos EV.

Genótipos	TFe		TZn		FB		PB		TC	
	EPL	EV	EPL	EV	EPL	EV	EPL	EV	EPL	EV
CNFC 16613	70,84 ¹	65,39 ¹⁴	49,67 ³	29,76 ¹⁹	4,09	5,12	25,42	22,69	28,37	39,71
CNFC 16533	68,25 ²	72,77 ²	43,63	31,96	4,59	5,41	25,69	23,31	30,09	51,22
CNFC 16635	64,79 ³	71,67 ³	47,63 ⁵	30,55 ¹³	4,61	5,08	26,76 ³	22,39 ²⁰	28,00	51,78
Pérola	64,18	63,92	36,86	28,94	4,42	5,04	22,35	23,49	31,69	47,47
CNFC 16602	62,62 ⁴	70,72 ⁵	41,61	32,34	4,43	5,15	24,73	23,92	34,21	52,94
CNFC 16518	62,19 ⁵	67,78 ⁷	51,01 ¹	32,44 ²	3,95	5,26	26,02	23,51	28,79	43,16
CNFC 16608	61,98	67,63	41,00	29,6	4,46	5,2	25,73	23,26	28,75	48,62
CNFC 16536	61,56	73,87	41,97	32,83	4,56	5,41	25,02	22,52	31,33	50,44
CNFC 16627	60,97	70,96	44,05	31,55	4,69 ⁵	5,52 ¹	26,58 ⁵	24,11 ²	31,82	49,77
CNFC 16524	60,88	68,15	45,62	32,11	4,32	4,95	26,29	22,88	26,49 ³	43,26 ⁴
CNFC 16630	60,73	66,22	42,62	30,5	4,31	5,46	25,12	23,02	30,85	53,79
CNFC 16615	60,58	66,92	45,47	31,76	4,30	5,05	25,07	23,24	32,00	51,06
CNFC 16628	60,26	67,72	47,32	31,75	4,36	5,32	26,60 ⁴	24,07 ³	31,48	47,76
CNFC 16526	60,10	63,55	46,54	31,04	3,82	5,17	25,56	22,93	23,16 ²	35,90 ¹
CNFC 16645	59,79	65,94	42,77	31,64	4,77 ³	5,50 ²	24,76	23,48	37,64	48,64
CNFC 16661	59,61	63,81	48,11 ⁴	31,49 ¹⁰	5,45 ¹	5,34 ⁷	27,02 ²	24,21 ¹	22,84 ¹	43,56 ⁵
CNFC 16606	59,10	63,95	45,14	29,94	4,76 ⁴	5,26 ¹⁰	25,54	23,30	33,41	52,53
CNFC 16665	58,52	65,17	50,66 ²	31,49 ¹¹	5,17 ²	5,32 ⁹	25,21	22,68	38,48	55,70
CNFC 16633	57,62	63,63	45,15	29,94	4,65	5,34	25,22	23,09	27,17 ⁵	46,99 ⁷
CNFC 16520	56,89	65,75	45,54	30,39	4,30	5,22	25,73	23,28	29,20	47,34
CNFC 16519	55,86	63,08	45,38	30,47	4,28	4,98	27,31 ¹	23,56 ⁵	27,15 ⁴	44,13 ⁶
BRS Notável	54,79	62,23	40,18	30,02	4,47	5,21	26,56	23,06	28,43	55,77
BRS Estilo	49,13	57,04	38,64	28,37	5,43	4,99	22,45	22,09	22,64	39,85

*Os genótipos estão ordenados para o TFe avaliado no EPL.

melhor desempenho. Apesar dessa observação, a maior consistência entre os ensaios foi verificada para TFe, em que as linhagens CNFC 16533 e CNFC 16635 mantiveram a 2ª e 3ª posições nos 2 ensaios, respectivamente. Por fim, para o PB, quatro linhagens de referência estiveram entre as 5 melhores nos EV, no entanto, a linhagem CNFC 16635, a 3ª melhor classificada pra PB, ocupou a última posição.

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que para cada caráter avaliado individualmente, com exceção do TZn e considerando-se apenas as médias das linhagens de referência, a avaliação realizada em um único ambiente foi eficiente em selecionar linhagens superiores, sendo possível, de modo geral, determinar pelo menos 2 dentre as 5 melhores avaliadas nos EV para os caracteres sob seleção. No entanto, para maior segurança na seleção dos melhores genótipos, a condução de avaliações em pelo menos mais um ambiente poderá atribuir maior consistência aos dados, tendo em vista a presença da interação para os caracteres avaliados.

Com base na interação de genótipos com ambientes observada para produtividade e os caracteres de qualidade nutricional, comercial e tecnológica de grãos, torna-se necessário conhecer a estabilidade e adaptabilidade fenotípica dos genótipos para a seleção segura de linhagens promissoras (Ramalho et al., 2012). Neste sentido vários métodos estão disponíveis para uso na cultura do feijoeiro-comum, com abordagens estatísticas e conceituais específicas, conforme relatado por Melo et al. (2007), Pereira et al. (2009), Rocha et al. (2010) e Cruz et al. (2012).

Gonçalves et al. (2009) na busca por métodos simplificados de avaliação da estabilidade e adaptabilidade, utilizaram o método gráfico proposto por Nunes et al. (2005) para avaliar a performance de genótipos de feijoeiro-comum em ensaios finais de valor de cultivo e uso (VCU), para fins de melhores estratégias na recomendação de cultivares. Em avaliações envolvendo caracteres de qualidade de grãos na cultura do feijoeiro-comum, o mesmo método foi utilizado com êxito por Pereira et al. (2014), Silva (2015), Martins et al. (2016) e Di Prado (2017), proporcionando facilidade em avaliar e classificar os genótipos, o que possibilitou a seleção efetiva de linhagens de grãos de qualidade superior. Com base na representação gráfica do desempenho fenotípico individual, para cada caráter, em nível de ambientes, esse método se torna vantajoso na identificação e seleção dos genótipos superiores.

A estabilidade e adaptabilidade dos 23 genótipos de feijoeiro-comum, para todos os caracteres, foram estimadas com base no método de Nunes et al. (2005). Os resultados para TFe, TZn, FB e PB estão na Tabela 13. As linhagens CNFC 16536 (TFe = 73,87 mg.kg⁻¹; Zi = 4,27; CVzi = 19,47), CNFC 16635 (TFe = 71,67 mg.kg⁻¹; Zi = 3,89; CVzi = 15,85), CNFC 16627 (TFe = 70,96; Zi = 3,95; CVzi = 19,89) e CNFC 16602 (TFe = 70,72 mg.kg⁻¹; Zi = 3,80; CVzi = 12,44) foram superiores para o teor de ferro, apresentando alta adaptabilidade e boa estabilidade (CVzi < 20). Dentre essas linhagens, a CNFC 16635 e CNFC 16602, linhagens de referência para TFe (Tabela 12), foram as mais estáveis, apresentando os melhores desempenhos nos ambientes, conforme verificado pelos gráficos “bola cheia” contidos na Figura 1. Pereira et al. (2014) avaliaram 53 linhagens de feijoeiro-comum de diferentes origens e grupos comerciais e verificaram uma variação de 54,06 a 82,11 mg.kg⁻¹ para TFe, superior a observada no presente trabalho (57,04 a 73,87 mg.kg⁻¹), sendo possível selecionar linhagens com altos teores do mineral nos grãos associados à boa estabilidade e adaptabilidade.

Por outro lado, as cultivares Pérola (TFe = 63,92 mg.kg⁻¹; Zi = 2,61; CVzi = 30,88), BRS Estilo (TFe = 57,04 mg.kg⁻¹; Zi = 1,32; CVzi = 52,49) e BRS Notável (TFe = 62,23 mg.kg⁻¹; Zi = 2,27; CVzi = 34,07) não se destacaram em nenhum dos três parâmetros avaliados, apresentando desempenho inferior à média geral, o que corrobora os resultados obtidos por Di Prado (2017) para as três cultivares avaliadas e aqueles evidenciados por Pereira et al. (2014) e Martins et al. (2016) para o cultivar.

Para o caráter TZn, as linhagens com o melhor desempenho foram CNFC 16602 (TZn = 32,34 mg.kg⁻¹; Zi = 3,69; CVzi = 11,33), CNFC 16533 (TZn = 31,97 mg.kg⁻¹; Zi = 3,55; CVzi = 18,04), CNFC 16645 (TZn = 31,64 mg.kg⁻¹; Zi = 3,32; CVzi = 16,94) e CNFC 16665 (TZn = 31,49 mg.kg⁻¹; Zi = 3,29; CVzi = 16,69) que apresentaram as maiores médias associadas as melhores estabilidades nos ambientes (Apêndice R). Dentre esses genótipos, as linhagens CNFC 16602 e CNFC 16533 são de referência para TFe e CNFC 16665 de referência para TZn, o que confirma que a seleção das melhores linhagens para TFe no EPL foi também eficiente para TZn. Em ensaios de validação contendo genótipos de diferentes tipos de grãos, Martins et al. (2016) encontraram uma variação de 29,5 a 37,3 mg.kg⁻¹ para o teor de zinco, similar aquela detectada no presente trabalho (29,62 a 32,77 mg.kg⁻¹). Esses autores conseguiram aliar satisfatoriamente boas médias, alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

As cultivares Pérola (TZn = 28,94 mg.kg⁻¹; Zi = 2,00; CVzi = 37,79), BRS Estilo (TZn = 28,38 mg.kg⁻¹; Zi = 1,72; CVzi = 19,80) e BRS Notável (TZn = 30,02 mg.kg⁻¹; Zi = 2,55; CVzi = 35,08) não se destacaram ao considerar os três parâmetros estimados, assim como observado por Di Prado (2017), com valores próximos à média e alta instabilidade nos ambientes, excetuando-se a cultivar BRS Estilo que apresentou boa estabilidade para TZn, apesar da média e adaptabilidade inferiores. Os resultados obtidos para TZn para a cultivar Pérola, assim como para TFe, também corroboram aqueles observados por Martins et al. (2016) e Pereira et al. (2014) o que confirma o baixo desempenho desse genótipo para o caráter quando os três parâmetros são avaliados simultaneamente.

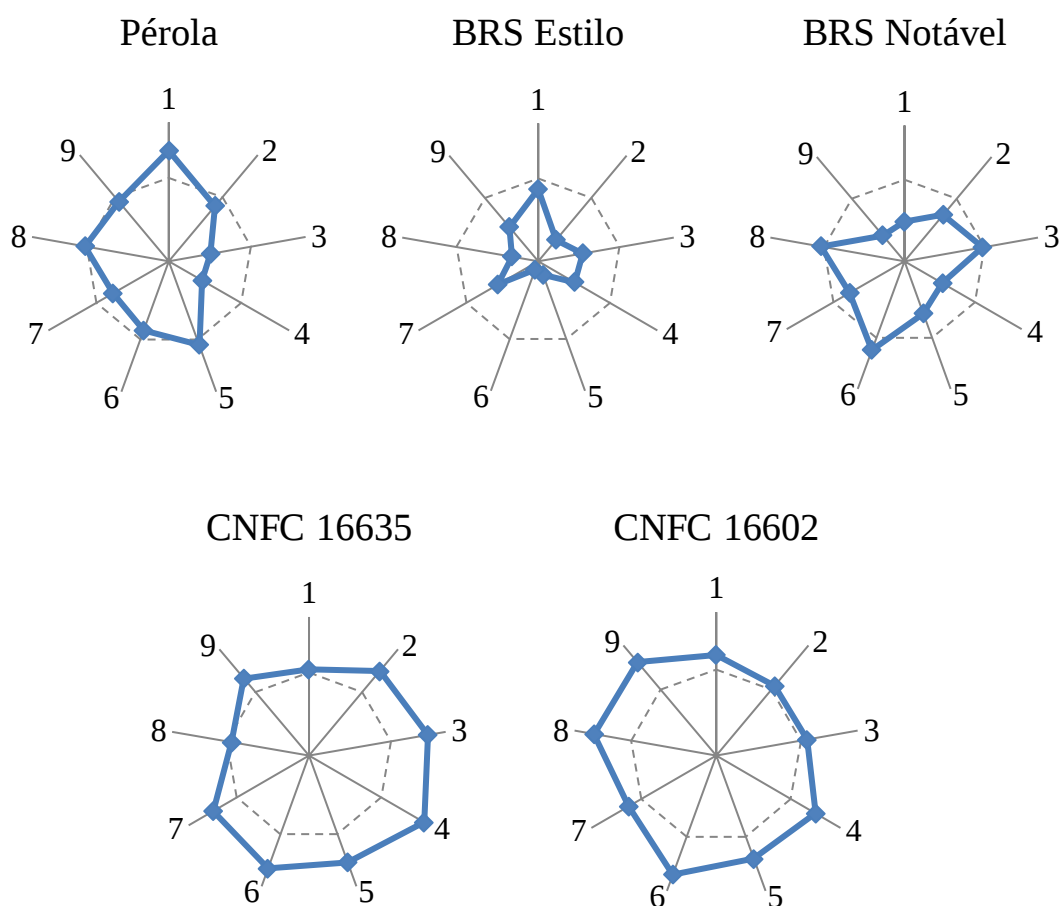


Figura 1. Representação gráfica do desempenho superior das linhagens CNFC 16635 e CNFC 16602 em relação às cultivares Pérola, BRS Estilo e BRS Notável para TFe, avaliadas em 9 ambientes. O contorno tracejado representa a média dos ambientes. Cada eixo representa 1 dos 9 ambientes avaliados.

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros de estabilidade (CVzi), adaptabilidade (Zi) e médias dos teores de ferro (mg.kg⁻¹) (TFe), zinco (mg.kg⁻¹) (TZn), fibra bruta (%) (FB) e proteína bruta (%) (PB), referente aos 23 genótipos de feijoeiro-comum avaliados nos anos de 2015, 2016 e 2017 nas safras das águas, seca e inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Brasília (DF), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR). Os resultados estão dispostos em ordem decrescente para o TFe.

Genótipos	TFe			TZn			FB			PB						
	Média	Zi	CVzi	Média	Zi	CVzi	Média	Zi	CVzi	Média	Zi	CVzi				
CNFC 16536	73,87	a	4,27	19,47	32,83	a	3,89	28,26	5,41	a	3,50	28,46	22,52	c	2,42	30,03
CNFC 16533	72,77	a	4,18	22,18	31,97	a	3,55	18,04	5,41	a	3,58	15,51	23,31	b	3,07	24,62
CNFC 16635	71,67	a	3,89	15,85	30,55	b	2,83	45,76	5,08	b	2,53	30,10	22,39	c	2,36	52,71
CNFC 16627	70,96	a	3,75	19,89	31,55	a	3,33	29,99	5,52	a	3,86	25,21	24,11	a	3,76	21,96
CNFC 16602	70,72	a	3,80	12,44	32,34	a	3,69	11,33	5,15	b	2,82	21,12	23,92	a	3,62	16,21
CNFC 16524	68,15	b	3,29	28,48	32,11	a	3,61	20,72	4,95	b	2,14	42,17	22,88	c	2,66	27,05
CNFC 16518	67,78	b	3,30	21,85	32,44	a	3,72	26,92	5,26	a	3,13	24,46	23,51	b	3,23	22,75
CNFC 16628	67,72	b	3,25	25,23	31,75	a	3,49	33,71	5,32	a	3,24	24,32	24,07	a	3,71	21,48
CNFC 16608	67,63	b	3,20	26,15	29,60	b	2,33	22,08	5,20	b	2,87	40,40	23,26	b	3,08	21,53
CNFC 16615	66,92	c	3,09	17,10	31,76	a	3,43	24,19	5,05	b	2,32	44,82	23,24	b	3,13	44,36
CNFC 16630	66,22	c	2,89	27,24	30,50	b	2,71	28,24	5,46	a	3,64	28,88	23,02	c	2,83	30,32
CNFC 16645	65,94	c	2,85	20,43	31,64	a	3,32	16,94	5,50	a	3,92	21,31	23,48	b	3,18	32,74
CNFC 16520	65,75	c	2,91	22,20	30,39	b	2,77	30,02	5,22	b	2,97	21,19	23,28	b	3,15	31,93
CNFC 16613	65,39	c	2,81	30,90	29,76	b	2,51	45,85	5,12	b	2,59	45,86	22,69	c	2,52	34,22
CNFC 16665	65,17	c	2,74	27,20	31,49	a	3,29	16,69	5,32	a	3,19	30,38	22,68	c	2,47	35,99
CNFC 16606	63,95	c	2,54	37,80	29,95	b	2,54	37,37	5,26	a	3,11	29,06	23,30	b	3,05	35,36
Pérola	63,92	c	2,61	30,90	28,94	b	2,00	37,79	5,04	b	2,45	45,05	23,49	b	3,17	33,64
CNFC 16661	63,81	c	2,58	15,60	31,49	a	3,35	20,65	5,34	a	3,44	17,03	24,21	a	3,87	14,07
CNFC 16633	63,63	c	2,44	36,60	29,94	b	2,52	27,59	5,35	a	3,36	27,11	23,09	c	2,82	33,53
CNFC 16526	63,55	c	2,50	28,90	31,04	a	3,07	26,56	5,17	b	2,84	22,85	22,93	c	2,75	35,52
CNFC 16519	63,08	c	2,50	35,10	30,47	b	2,78	31,23	4,98	b	2,26	23,10	23,56	b	3,38	22,24
BRS Notável	62,23	c	2,27	34,10	30,02	b	2,55	35,08	5,21	b	3,00	39,09	23,06	c	2,91	16,31
BRS Estilo	57,04	d	1,32	52,50	28,38	b	1,72	19,80	5,00	b	2,28	30,37	22,09	c	1,90	47,98
Média	66,43		---	---	30,91		---	---	5,23		---	---	23,22		---	---

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Considerando o caráter FB, os genótipos CNFC 16533 (FB = 5,41%; Zi = 3,58; CVzi = 15,51) e CNFC 16661 (FB = 5,34%; Zi = 3,44; CVzi = 17,03) se destacaram, associando medias superiores com elevada adaptabilidade e estabilidade. A linhagem CNFC 16533 é de referência para TFe e foi superior para TZn nos três parâmetros avaliados, assim como CNFC 16661 é de referência para FB e TZn (Tabela 13), o que favorece a seleção para FB e TZn em um único genótipo. As cultivares Pérola (FB = 5,01%; Zi = 2,45; CVzi = 45,05), BRS Estilo (FB = 5,00%; Zi = 2,28; CVzi = 30,37) e BRS Notável (FB = 5,21%; Zi = 3,00; CVzi = 39,09), por outro lado, apresentaram desempenho inferior e baixa estabilidade e adaptabilidade (Apêndice S). Teor de fibra bruta semelhante aquele encontrado para a cultivar Pérola (5,01%), foi detectado por Júnior et al. (2015), ao avaliarem progênies do grupo carioca obtidas de diferentes métodos de melhoramento para FB. Esses autores utilizaram como controle as cultivares Pérola (5,03%) e BRS Estilo (4,51%), em avaliações envolvendo 11 ambientes. A variação observada para o genótipo BRS Estilo, cuja média foi (5,00%) pode ser explicada pela maior sensibilidade do genótipo nos diferentes ambientes utilizados pelos autores, principalmente os locais avaliados. Efeito de ambientes para FB tem sido relatado por Escribano et al. (1997) e Silva et al. (2013).

Para o teor de proteína, as linhagens CNFC 16661 (PB = 24,21%; Zi = 3,87; CVzi = 14,07) e CNFC 16602 (PB = 23,92%; Zi = 3,62; CVzi = 16,21) foram superiores, apresentando elevada adaptabilidade associadas as melhores estabilidades (Apêndice T). A linhagem CNFC 16661, referência para PB (Tabela 13), foi também superior para FB, bem como CNFC 16602 para TFe e TZn, o que favorece a seleção simultânea para esses caracteres. Por outro lado, as cultivares Pérola (PB = 23,49%; Zi = 3,17; CVzi = 33,64), BRS Notável (PB = 23,06%; Zi = 2,91; CVzi = 16,31) e BRS Estilo (PB = 22,09; 1,90; 47,98) apresentaram desempenho inferior quando os três parâmetros foram considerados simultaneamente, o que confirma a superioridade das linhagens em relação às cultivares em uso. Buratto et al. (2009) detectaram variação de 22,5 a 25,9% para PB, próxima aquela observada para os 23 genótipos (22,09 a 24,21%) e superioridade da cultivar Pérola, com média de 24,4% que associou alta estabilidade e adaptabilidade em avaliações de 18 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca, em ensaios conduzidos na safra da seca de 2006, no estado do Paraná. Variações entre 17,00 a 28,27% para PB foram encontradas para o feijão carioca, o que comprova que o caráter é variável em função dos genótipos e dos ambientes (Lemos et al., 2004; Ribeiro et al., 2005).

Os valores de estabilidade, adaptabilidade e médias para os caracteres TC, CGC e CGA estão na Tabela 14. Para o TC, as linhagens CNFC 16526 (TC = 35,90 min; $Z_i = 4,83$; $CV_{zi} = 18,72$) e CNFC 16613 (TC = 39,71 min; $Z_i = 4,00$; $CV_{zi} = 18,66$) se destacaram, com os menores tempos de cocção associados aos maiores valores de adaptabilidade e melhor estabilidade, sendo a linhagem CNFC 16526 referência para TC. A cultivar BRS Estilo (TC = 39,85 min; $Z_i = 4,69$; $CV_{zi} = 39,09$) não diferiu das melhores linhagens para a média, no entanto, foi mais instável nos ambientes avaliados (Apêndice U).

Em contrapartida, a cultivar Pérola (TC = 47,47 min; $Z_i = 2,82$; $CV_{zi} = 9,45$) foi o genótipo mais estável, com reduzida adaptabilidade e elevado tempo e cocção. A cultivar BRS Notável (TC = 55,77 min; $Z_i = 2,57$; $CV_{zi} = 16,68$), por sua vez, apresentou o pior desempenho, com alto tempo de cocção e reduzida adaptabilidade. Bom desempenho da cultivar BRS Estilo para os três parâmetros foi identificado por Silva (2015), avaliando 17 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca. Esse autor identificou seis linhagens e duas cultivares, BRS Estilo (27 min) e BRS Sublime (28 min) que superaram a cultivar Pérola (31,7 min), o que indica o potencial de redução do tempo de cocção em genótipos de feijão carioca.

Os resultados obtidos no presente estudo para o TC, contradizem aqueles verificados na literatura (Rodrigues et al., 2005; Oliveira et al., 2011; Perina et al., 2014), cuja variação na média dos ambientes, encontrada entre genótipos dos grupos carioca e preto, foi de 14,20 a 34,38 min, conforme o local, safra e ano de cultivo. As condições ambientais durante a secagem (altas temperaturas e umidade relativa do ar) foram os fatores que possivelmente afetaram em maior proporção o TC das linhagens avaliadas. Valores elevados para o TC foram verificados por Bertoldo et al. (2009), que avaliaram a estabilidade e adaptabilidade de 12 genótipos de feijoeiro-comum do grupo preto, incluindo nove cultivares, em diferentes locais de cultivo e períodos de armazenamento. Neste sentido, esses autores observaram variação entre 37 e 52 min na média dos ambientes, apenas com a variação do local de cultivo, sem o armazenamento. Esses resultados, portanto, podem indicar que condições ambientais de temperatura e umidade associadas aos diferentes locais de cultivo também podem interferir em grande proporção na expressão desse caráter.

Tabela 14. Estimativas dos parâmetros de estabilidade (Cvi), adaptabilidade (Zi) e médias para o tempo de cocção (min) (TC), cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA), referente aos 23 genótipos avaliados nos anos de 2016 e 2017 nas safras das águas, seca e inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR). Os resultados estão dispostos em ordem crescente para o TC.

Genótipos	TC				CGC				CGA			
	Média		Zi ¹	CVzi	Média		Zi ¹	CVzi	Média		Zi ¹	CVzi
CNFC 16526	35,9	a	4,83	18,72	3,17	c	2,81	21,98	3,52	d	2,63	14,68
CNFC 16613	39,71	a	4,00	18,66	3,17	c	2,55	9,74	3,33	c	2,89	14,69
BRS Estilo	39,85	a	4,69	39,09	2,00	b	2,30	2,94	2,81	b	3,29	10,40
CNFC 16518	43,16	b	4,26	34,19	2,33	b	3,22	12,69	2,81	b	3,37	10,65
CNFC 16524	43,26	b	3,97	35,30	2,83	c	2,87	10,73	3,48	d	2,74	8,04
CNFC 16661	43,56	b	3,62	23,87	3,17	c	2,70	8,78	3,48	d	2,70	9,83
CNFC 16519	44,13	b	3,85	31,44	2,00	b	4,00	28,58	2,57	b	3,55	11,45
CNFC 16633	46,99	c	3,23	12,60	3,42	d	2,53	10,11	4,05	e	2,36	12,09
CNFC 16520	47,34	c	3,24	19,50	2,25	b	3,41	14,98	3,19	c	2,97	9,34
Pérola	47,47	c	2,82	9,45	2,67	c	3,33	52,82	3,38	c	2,82	16,45
CNFC 16628	47,76	c	3,08	15,38	3,00	c	2,65	5,89	3,24	c	2,96	7,62
CNFC 16608	48,62	c	3,21	35,02	2,86	c	2,71	9,13	2,86	b	3,32	13,19
CNFC 16645	48,64	c	2,98	24,07	3,00	c	2,74	14,40	3,62	d	2,62	15,18
CNFC 16627	49,78	c	2,70	14,88	2,83	c	2,91	21,17	3,24	c	3,00	14,03
CNFC 16536	50,44	c	3,08	15,71	3,08	c	2,58	7,72	3,24	c	2,98	14,61
CNFC 16615	51,06	d	3,08	22,58	1,00	a	6,44	12,03	1,29	a	6,98	5,01
CNFC 16533	51,22	d	2,95	21,53	3,00	c	2,61	6,42	3,33	c	2,86	11,32
CNFC 16635	51,78	d	2,83	16,90	3,08	c	2,66	10,09	3,62	d	2,63	9,83
CNFC 16606	52,53	d	2,82	24,61	3,57	d	2,41	7,10	3,57	d	2,58	16,56
CNFC 16602	52,94	d	2,70	12,42	3,58	d	2,41	7,10	4,10	e	2,29	11,29
CNFC 16630	53,79	d	2,73	19,87	3,25	c	2,56	7,15	3,71	d	2,63	9,45
CNFC 16665	55,7	d	2,57	15,68	3,08	c	2,79	19,44	3,71	d	2,53	11,74
BRS Notável	55,77	d	2,57	15,68	4,08	e	2,18	3,29	4,86	f	1,97	15,17
Média	47,89		---	---	2,89		---	---	3,35		---	---

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ¹As estimativas de adaptabilidade foram obtidas com os dados invertidos.

Em relação ao caráter CGC, a linhagem CNFC 16615 (CGC = 1,00; Zi = 6,44; CVzi = 12,03) se destacou das demais, com as menores notas observadas e elevada estabilidade. As linhagens CNFC 16520 (CGC = 2,25; Zi = 3,41; CVzi = 14,98) e CNFC 16518 (CGC = 2,33; Zi = 3,22; CVzi = 12,69) e a cultivar BRS Estilo (CGC = 2,00; Zi = 2,30; CVzi = 2,94) também apresentaram bom desempenho para CGC, com notas iguais ou próximas à 2 (Apêndice Y), apresentando grãos com o tegumento mais claro, além de serem mais adaptadas e estáveis. A cultivar Pérola (CGC = 2,67; Zi = 3,33; CVzi = 52,82) por outro lado, apresentou desempenho inferior, com grãos mais escuros associado a baixa estabilidade nos ambientes. Baixa estabilidade para o Pérola também foi verificada por Ribeiro et al. (2004), avaliando a coloração do tegumento dos grãos de 16 cultivares de feijoeiro-comum de diferentes cores, em seis ambientes. Dentro do grupo carioca, esses autores identificaram como superior a cultivar Carioca, que apresentou boa estabilidade, no entanto, não obteve ampla adaptabilidade, assim como observado para os demais genótipos avaliados. Esses resultados apontam a necessidade de se obter genótipos que sejam mais adaptados e estáveis para a cor clara do grão.

A cultivar BRS Notável (CGC = 4,08; Zi = 2,18; CVzi = 3,29) apresentou elevada estabilidade, no entanto, obteve a pior nota e baixa adaptabilidade. É importante salientar que esta cultivar é recomendada para a agricultura familiar, pois apresenta resistência genética à várias doenças, não tendo sido selecionada para caracteres de qualidade como o escurecimento de grãos, pouco relevantes para este segmento do mercado. Neste sentido, as linhagens CNFC 16518, CNFC 16520 e CNFC 16615 apresentam-se como promissoras no desenvolvimento de cultivares que mantêm como característica a cor clara do tegumento sob diferentes ambientes de cultivo.

Para o caráter CGA, a linhagem CNFC 16615 (CGA = 1,29; Zi = 6,98; CVzi = 5,01) novamente obteve o melhor desempenho, associando a menor nota com a maior estabilidade observada entre os genótipos. As linhagens CNFC 16518 (CGA = 2,81; Zi = 3,37; CVzi = 10,65), CNFC 16519 (CGA = 2,57; Zi = 3,55; CVzi = 11,45), CNFC 16608 (CGA = 2,86; Zi = 3,32; CVzi = 13,19) e o cultivar BRS Estilo (CGA = 2,81; Zi = 3,29; CVzi = 10,40) apresentaram o mesmo desempenho, associando notas relativamente baixas, com alta adaptabilidade e boa estabilidade. Neste sentido, as linhagens CNFC 16615, CNFC 16518 e CNFC 16519 mantiveram bom desempenho antes e após o

armazenamento, apresentando médias inferiores a 3 (Apêndice Z), com destaque para CNFC 16615 cujas notas observadas foram as melhores entre todos genótipos para os dois períodos avaliados.

A cultivar Pérola ($CGA = 3,38$; $Z_i = 2,82$; $CV_{Z_i} = 16,45$) exibiu nota semelhante à média geral (3,35), baixa adaptabilidade e estabilidade inferior, sendo o pior desempenho atribuído ao cultivar BRS Notável ($CGA = 4,86$; $Z_i = 1,97$; $CV_{Z_i} = 15,17$) que apresentou as maiores notas associadas a menor adaptabilidade, o mesmo desempenho observado na colheita. Elevada correlação entre as linhagens para CGC e CGA, foi verificada (0,92**), o que confirma o desempenho similar para a cor de grãos, mesmo após o armazenamento. Correlações significativas e de alta magnitude entre diferentes períodos de armazenamento para cor de grãos em genótipos do grupo carioca também foram constatadas por Silva et al. (2008) e Silva et al. (2014), o que comprova a consistência do desempenho relativo dos genótipos em diferentes períodos de armazenamento. Desse modo, os genótipos com menores notas para CGC tendem a apresentar as menores notas para CGA, da mesma forma que aqueles de pior desempenho para CGC também tendem a expressá-lo para CGA, conforme foi observado nas linhagens-elite avaliadas, o que representa uma vantagem na identificação e seleção de genótipos mais estáveis para o escurecimento de grãos.

As estimativas de média, estabilidade e adaptabilidade para PG, RP e M100 estão na Tabela 15. Para PG, as linhagens CNFC 16608 (2954,76 kg.ha⁻¹), CNFC 16520 (2932,44 kg.ha⁻¹), CNFC 16635 (2870,87 kg.ha⁻¹), CNFC 16633 (2847,39 kg.ha⁻¹), CNFC 16526 (2834,69 kg.ha⁻¹) e CNFC 16627 (2786,91 kg.ha⁻¹) se destacaram como as mais produtivas, superando as cultivares BRS Estilo (1969,22 kg.ha⁻¹), Pérola (2411,48 kg.ha⁻¹) e BRS Notável (2632,88 kg.ha⁻¹). Por outro lado, a linhagem CNFC 16628 (1774,18 kg.ha⁻¹) e a cultivar BRS Estilo apresentaram as menores médias. A cultivar BRS Notável se destacou em relação às cultivares Pérola e BRS Estilo, o que confirma os resultados obtidos por Pereira et al. (2012), que constataram uma superioridade de 6% para PG daquela cultivar em relação à cultivar Pérola, em avaliações envolvendo 175 ensaios de valor de cultivo e uso (VCU). Vale ressaltar que a cultivar Pérola é amplamente utilizada entre os produtores, com ótima aceitação pelo mercado consumidor e referência na qualidade comercial de grãos, desse modo, genótipos mais produtivos, que consigam reunir boas características em geral, dentre elas a qualidade de grãos, poderão originar cultivares ainda mais competitivas.

Tabela 15. Estimativas dos parâmetros de estabilidade (CVzi), adaptabilidade (Zi) e médias para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) (PG), rendimento em peneira (%) (RP) e massa de cem grãos (g) (M100), referente aos 23 genótipos avaliados nos anos de 2015, 2016 e 2017 nas safras das águas, seca e inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Brasília (DF), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR). Os resultados estão dispostos em ordem decrescente para PG.

Genótipos	PG				RP				M100			
	Média		Zi	CVzi	Média		Zi	CVzi	Média		Zi	CVzi
CNFC 16608	2954,76	a	3,91	9,86	80,73	d	2,10	27,16	21,85	f	2,61	23,92
CNFC 16520	2932,44	a	3,87	19,65	82,68	c	2,50	28,58	21,60	f	2,44	24,79
CNFC 16635	2870,87	a	3,69	11,72	79,85	d	1,81	35,50	22,16	e	2,80	27,11
CNFC 16633	2847,39	a	3,94	26,21	89,79	a	3,43	18,90	24,59	b	4,51	17,83
CNFC 16526	2834,69	a	3,61	24,93	90,18	a	3,85	10,81	21,11	g	2,11	17,04
CNFC 16627	2786,91	a	3,52	20,33	82,65	c	2,70	42,97	22,17	e	2,78	30,23
CNFC 16602	2714,61	b	3,33	27,24	83,32	c	2,41	43,73	22,29	e	2,92	12,17
BRS Notável	2632,88	b	3,43	33,67	89,95	a	3,69	19,06	22,57	e	3,10	8,42
CNFC 16518	2628,63	b	3,25	27,54	80,16	d	2,03	51,12	21,06	g	2,04	27,52
CNFC 16630	2588,58	b	3,16	22,02	87,63	b	3,13	20,20	21,66	f	2,54	22,87
CNFC 16615	2543,61	b	2,97	32,91	90,47	a	3,93	9,42	23,55	c	3,87	17,00
CNFC 16665	2502,78	c	3,12	31,78	91,30	a	3,81	11,99	22,34	e	2,95	12,03
CNFC 16645	2462,13	c	2,94	20,87	88,43	b	3,30	36,65	20,92	g	1,99	29,97
CNFC 16606	2446,34	c	3,03	30,13	86,44	b	3,02	33,79	22,84	d	3,26	16,35
Pérola	2411,48	c	2,83	26,83	80,47	b	2,95	19,68	25,11	a	4,89	19,45
CNFC 16661	2389,52	c	2,72	31,79	90,72	a	3,48	28,90	21,17	g	2,14	24,32
CNFC 16524	2386,70	c	2,67	22,12	84,48	c	2,80	30,96	22,00	f	2,75	38,27
CNFC 16519	2273,90	c	2,43	26,95	92,42	a	4,19	9,16	23,31	d	3,63	23,87
CNFC 16533	2271,05	c	2,48	34,66	82,08	c	2,53	36,83	21,08	g	2,07	21,03
CNFC 16536	2240,99	c	2,40	23,47	80,57	d	2,13	52,42	21,90	f	2,61	22,12
CNFC 16613	2231,39	c	2,36	34,15	85,20	c	2,69	23,65	23,92	c	4,05	20,60
BRS Estilo	1969,22	d	1,81	36,04	86,39	b	3,26	17,91	23,04	d	3,42	10,10
CNFC 16628	1774,18	d	1,55	62,52	88,63	b	3,26	20,14	23,15	d	3,51	11,07
Média	2508,48	---	---	---	85,85	---	---	---	22,40	---	---	---

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Dentre os genótipos mais adaptados para PG, estão as linhagens CNFC 16608 ($Z_i = 3,91$), CNFC 16520 ($Z_i = 3,87$) e CNFC 16633 ($Z_i = 3,94$), que também associaram as melhores produtividades. Em contrapartida, a linhagem CNFC 16628 ($Z_i = 1,55$; $CV_{Z_i} = 62,52$) e o cultivar BRS Estilo ($Z_i = 1,81$; $CV_{Z_i} = 36,04$) foram os genótipos menos adaptados e apresentaram menor estabilidade nos ambientes, contradizendo os resultados obtidos por Pereira et al. (2009) para o cultivar BRS Estilo, cujo desempenho observado em 45 ambientes avaliados foi superior para os três parâmetros. Os dados confrontantes na literatura podem ser decorrentes do uso de genótipos, ambientes e métodos estatísticos distintos avaliados para se estimar os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade. As linhagens CNFC 16608 ($CV_{Z_i} = 9,86$), CNFC 16635 ($CV_{Z_i} = 11,72$) e CNFC 16520 ($CV_{Z_i} = 19,65$) foram superiores para o parâmetro de estabilidade ($CV_{Z_i} < 20$), associada a alta produtividade (Apêndice V), características almejadas no melhoramento para PG. Essas linhagens apresentam, portanto, potencial de superarem as cultivares em uso.

Em relação ao RP, todos os genótipos exibiram desempenho satisfatório, com médias acima de 70%, conforme estabelecido por Carbonell et al. (2010). As linhagens CNFC 16519 (92,42%), CNFC 16665 (91,30%), CNFC 16661 (90,72%), CNFC 16615 (90,47%), CNFC 16526 (90,18%), CNFC 16633 (89,79%), e a cultivar BRS Notável (89,95%) se destacaram para o caráter, com médias acima de 89%, superiores as cultivares Pérola (80,47%) e BRS Estilo (86,39%). A superioridade da cultivar Pérola para RP foi relatada por Farinelli & Lemos (2010), em avaliações conduzidas durante as safras das águas e da seca, entre 2005 e 2006. Esses autores detectaram uma variação de 75 a 78,9%, para a cultivar, inferior aos valores observados nos EV's. Essas diferenças podem ser explicadas, em parte, pelas variações no tamanho das peneiras, sendo utilizada por aqueles autores a peneira de tamanho 12 (4,5 mm), de furos com formato oblongo maiores que aqueles utilizados na peneira de tamanho 11 (4,25 mm), usada no presente trabalho, o que possibilitou maior descarte de grãos e valores relativamente menores.

Os genótipos que se destacaram para o parâmetro de adaptabilidade foram as linhagens CNFC 16519 ($Z_i = 4,19$), CNFC 16615 ($Z_i = 3,93$), CNFC 16526 ($Z_i = 3,85$) e CNFC 16665 ($Z_i = 3,81$), que também associaram médias superiores, contrastando com a linhagem CNFC 16635 ($Z_i = 1,81$) que apresentou a menor adaptação aos ambientes (Apêndice X). Os genótipos mais estáveis pra RP foram as linhagens CNFC 16519 ($CV_{Z_i} = 9,16$), CNFC 16615 ($CV_{Z_i} = 9,42$), CNFC 16526 ($CV_{Z_i} = 10,81$), CNFC 16665 ($CV_{Z_i} = 11,99$), CNFC 16633 ($CV_{Z_i} = 18,90$) e as cultivares Pérola ($CV_{Z_i} = 19,68$), BRS Estilo

(CVzi = 17,91) e BRS Notável (CVzi = 19,06), como o esperado para genótipos elite regulamentados para comercialização. Em contrapartida, aqueles menos estáveis foram CNFC 16536 (CVzi = 52,42) e CNFC 16518 (CVzi = 51,12). Por fim, as linhagens CNFC 16519, CNFC 16615, CNFC 16526, CNFC 16633 e CNFC 16665 associaram altas produtividades com boa adaptabilidade e estabilidade, destacando-se das demais (Apêndice X). São escassas as informações referentes à estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro-comum para RP, desse modo, os resultados obtidos poderão contribuir com uma seleção mais eficiente para a qualidade de grãos em feijão carioca.

Considerando o caráter M100, os genótipos Pérola (25,11 g) e CNFC 16633 (24,59 g) se destacaram com médias em torno de 25 g, o mínimo desejado para o padrão de grão carioca. Neste sentido, a cultivar Pérola obteve variação de 21,7 a 28,20 g nos ambientes avaliados (Apêndice N), tendo o tamanho dos grãos como referência para o grupo carioca, com variações observadas na literatura entre 23,2 e 30,10 g para M100 e média de 27 g em condições ideais de cultivo, o que comprova sua superioridade para o caráter (Ribeiro & Storck 2003; Ramos Júnior et al., 2005; Farinelli & Lemos 2010; Correa & Gonçalves, 2012).

Para o parâmetro de adaptabilidade, se destacaram os genótipos Pérola ($Z_i = 4,89$), CNFC 16633 ($Z_i = 4,51$), CNFC 16613 ($Z_i = 4,05$) e CNFC 16615 ($Z_i = 3,87$) que associaram as melhores médias. As cultivares BRS Estilo ($Z_i = 3,42$; CVzi = 10,10) e BRS Notável ($Z_i = 3,10$; CVzi = 8,42) apresentaram razoável adaptabilidade e alta estabilidade, o que também foi evidenciado nas linhagens CNFC 16628 (CVzi = 11,07), CNFC 16665 (CVzi = 12,03), CNFC 16602 (CVzi = 12,17), CNFC 16606 (CVzi = 16,35), CNFC 16615 (CVzi = 17,00), CNFC 16526 (CVzi = 17,04), CNFC 16633 (CVzi = 17,83) e na cultivar Pérola (CVzi = 19,45) para a estabilidade. Ao analisar os três parâmetros em conjunto, a cultivar Pérola se sobressaiu, seguida pelas linhagens CNFC 16633 e CNFC 16615, associando as maiores médias, boa adaptabilidade e estabilidade.

De um modo geral, pode ser observada uma relação favorável entre as médias fenotípicas e os valores de adaptabilidade (Z_i) para os caracteres avaliados, neste sentido, os genótipos que apresentaram desempenho superior em relação à média também foram os mais adaptados. Além do mais, foi possível associar médias desejadas e ampla adaptabilidade com boa estabilidade para todos os caracteres, o que pode ser observado principalmente nas linhagens que foram superiores às cultivares, o que representa alto

potencial para seleção. No entanto, das linhagens que foram superiores para os três parâmetros e se destacaram em mais de um caráter, apenas duas sobressaíram para mais de dois deles: CNFC 16602 (TFe, TZn e PB) e CNFC 16615 (CGC, CGA, RP e M100).

Dado o exposto, para a melhor compreensão dos resultados obtidos, é necessário conhecer os tipos de associações existentes entre os caracteres avaliados, o que possibilita avaliar o potencial de sucesso na seleção dos genótipos promissores para múltiplos caracteres. Neste sentido, considerando os caracteres priorizados na seleção, foram estimadas correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre PG, TFe e TZn (Tabelas 16, 17 e 18).

Foram detectadas correlações fenotípicas entre TFe e TZn em sete dos oito ambientes avaliados (Tabela 16), com variação entre (0,42*) e (0,75**), o que indica que os genótipos de grãos com maior teor de ferro também tendem a apresentar altos teores de zinco. Por outro lado, a presença de correlações genéticas significativas (0,74⁺⁺) a (0,85⁺⁺) confirmam causas genéticas para essa associação, assim, esses caracteres estão relacionados a genes que podem estar ligados ou ainda, podem ser expressos por um único gene, o que representa grande vantagem na seleção simultânea (Falconer, 1987).

Blair et al. (2010) identificaram um único locus de QTL responsável por grande parte na variação dos teores de ferro e zinco em grãos de feijão de origem mesoamericana, pertencentes ao mesmo pool gênico do feijão carioca. Esse resultado confirma que as correlações genéticas observadas para este tipo de grão podem ser explicadas, em grande parte, pela pleiotropia, uma associação de natureza permanente. Correlações genéticas (0,11 a 0,80) e fenotípicas (0,03 a 0,83) de baixa a alta magnitude, entre TFe e TZn na cultura do feijoeiro-comum tem sido reportadas por Beebe et al (2000), Nchimbi-Msolla & Tryphone (2010), Silva et al. (2012), Pereira et al. (2014), Teixeira et al. (2015), Martins et al. (2016), Di Prado (2017) e Zilio et al. (2017) o que confirma as possibilidades de se obter ganhos simultâneos para TFe e TZn. As correlações ambientais foram positivas e significativas nos mesmos ambientes em que foram detectadas correlações fenotípicas entre TFe e TZn, desse modo, as variações do ambiente influenciaram favoravelmente no aumento simultâneo da concentração dos dois minerais nos grãos.

Tabela 16. Coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genética (r_g) e ambiental (r_a) obtidos em nível de parcela e de média entre os teores de ferro (TFe) e zinco (TZn), referentes aos 23 genótipos avaliados em oito ambientes.

Ambientes	r_f	r_g	r_a
Brasília-DF/ Inverno 2015	0,72**	0,85 ⁺⁺	0,40 ⁺⁺
Goiânia-GO/ Inverno 2016	0,52*	----	0,47 ⁺⁺
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	0,65**	----	0,59 ⁺⁺
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	0,32	0,40	0,20
Goiânia- GO/ Águas 2016	0,62**	0,86 ⁺⁺	0,30 ⁺
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	0,67**	0,74 ⁺	0,54 ⁺⁺
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	0,42*	0,37	0,47 ⁺⁺
Goiânia-GO/ Inverno 2017	0,75**	----	0,33 ⁺⁺
Média	0,72**	0,79	0,51 ⁺⁺

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente. ⁺ e ⁺⁺. Significativo a 5 e 1% pelo método de reamostragem de bootstrap (Cruz, 2006). ---- Ausência de variabilidade genética para TFe e TZn.

Não foram verificadas correlações entre TFe e PG na maioria dos ambientes e ao nível de médias (Tabela 17), com exceção de Ponta Grossa na safra das águas e seca de 2016. Neste local, foram detectadas correlações fenotípicas (0,42* e 0,46*) e genéticas (0,59⁺ e 0,55⁺) entre esses caracteres. No entanto Di Prado (2017) detectou correlação genética (-0,39*) e fenotípica (-0,34*) negativas em avaliações de linhagens de diferentes tipos de grão envolvendo 17 ambientes, o que corrobora com Ribeiro et al. (2014), que verificaram correlações fenotípicas (-0,32*) e (-0,39*) obtidas de avaliações de linhagens de grãos do grupo preto, originadas por diferentes métodos de melhoramento. Por outro lado, Ribeiro et al. (2008) e Zilio et al. (2017) não detectaram correlações entre TFe e PG. As correlações genéticas que tem por causa a pleiotropia ou ligação gênica podem variar em magnitude, conforme relatado por Falconer (1987) e Ramalho et al. (2012) o que pode explicar os resultados contrastantes com aqueles verificados na literatura. São escassas as informações na literatura sobre a correlação genética entre TFe e PG na cultura do feijoeiro-comum, neste sentido, os resultados obtidos ainda são inconclusivos, o que demanda estudos futuros que confirmem a origem da correlação genética detectada entre esses caracteres.

Não foram detectadas correlações genéticas e fenotípicas entre PG e TZn (Tabela 18), com exceção da correlação ambiental (-0,27⁺⁺) detectada em Santo Antônio de Goiás, no inverno de 2017. Correlações fenotípicas negativas entre TZn e PG foram detectadas por Ribeiro et al. (2008) (-0,53*), Zilio et al. (2017) (-0,37*) e por Di Prado (2017) (-0,54**), que também encontrou correlação genética negativa entre esses caracteres (-0,59**), o que pode ser explicado pelos genótipos de diferentes origens

Tabela 17. Coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genética (r_g) e ambiental (r_a) obtidos em nível de parcela e de média entre o teor de ferro (TFe) e produtividade de grãos (PG), referentes aos 23 genótipos avaliados em cinco ambientes.

Ambientes	r_f	r_g	r_a
Goiânia-GO/ Inverno 2016	0,05	0,29	-0,23
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	0,14	0,55	0,10
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	0,42*	0,59 ⁺	-0,13
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	0,46*	0,55 ⁺	0,13
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	-0,14	-0,28	-0,02
Média	0,12	0,06	0,29 ⁺

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente. ⁺ e ⁺⁺. Significativo a 5 e 1% pelo método de reamostragem de bootstrap (Cruz, 2006).

avaliados por esses autores. Em contrapartida, Nichimbi Msolla & Tryphone (2010) não detectaram correlação fenotípica significativa, sendo, contudo, evidenciada uma tendência de associação positiva (0,38) entre PG e TZn, avaliados em genótipos cultivados na África. A ausência de correlações genéticas e fenotípicas entre PG e TZn implica que esses caracteres possuem segregação independente, logo, a seleção simultânea para esses caracteres poderá ser eficiente. Assim, o uso do índice de seleção apresenta-se, ainda, como uma alternativa promissora, como evidenciado por Teixeira et al (2015) para PG, TFe e TZn e por Jost et al (2013), Maziero et al. (2015) e Alvares et al. (2016) na seleção de diferentes caracteres de qualidade de grãos na cultura do feijoeiro-comum.

Tabela 18. Coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genética (r_g) e ambiental (r_a) obtidos em nível de parcela e de média entre o teor de zinco (TZn) e produtividade de grãos (PG), referentes aos 23 genótipos avaliados em cinco ambientes.

Ambientes	r_f	r_g	r_a
Goiânia-GO/ Inverno 2016	-0,03	----	0,22
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	0,05	-0,10	0,24
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	-0,01	0,04	-0,20
Ponta Grossa-PR/ Seca 2016	0,34	0,48	-0,01
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	0,21	----	-0,27 ⁺
Média	0,02	-0,07	0,16

* e ** Significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente. ⁺ e ⁺⁺. Significativo a 5 e 1% pelo método de reamostragem de bootstrap (Cruz, 2006). ---- Ausência de variabilidade genética para PG e TZn.

A partir dos resultados obtidos, pode ser constatado que o desafio para a seleção simultânea dos caracteres priorizados está em associar TFe e TZn com PG, tendo

em vista que na maioria dos ambientes avaliados não foram constatadas correlações com PG (Tabela 17, 18). Estes resultados são, portanto, favoráveis pois confirmam que esses caracteres são independentes, o que torna possível a obtenção de ganhos simultâneos para TFe, TZn e PG. Neste sentido, o uso do índice de seleção passa a ser uma estratégia importante na seleção eficiente dos melhores genótipos.

Dentre os índices utilizados no melhoramento, o índice de Mulamba & Mock (1978) tem se mostrado eficiente em diferentes culturas, proporcionando ganhos maiores e melhores distribuídos entre os caracteres conforme relatado por Bárbaro et al. (2007) para a cultura da soja, Freitas Júnior et al. (2009) para o milho-pipoca e Rosado et al. (2012) na cultura do maracujazeiro. Na cultura do feijoeiro-comum, bons resultados foram obtidos por Carvalho et al. (2013), Maziero et al. (2015) e Silva (2015) na seleção de linhagens para produtividade, caracteres agrônômicos e de qualidade de grãos. Por possibilitar a atribuição de pesos econômicos para cada caráter, esse índice torna-se uma vantagem para a seleção em ensaios avançados de avaliação de linhagens, como os EV, assim, a seleção pode ser priorizada para os caracteres mais importantes. Neste sentido, para a seleção simultânea dos caracteres de qualidade de grãos e produtividade avaliados, foi utilizado o índice de Mulamba & Mock (1978) baseado na soma de postos.

As linhagens CNFC 16627, CNFC 16518, CNFC 16602, CNFC 16615 e CNFC 16520 foram as cinco melhores classificadas pelo índice (Tabela 19) e CNFC 16627 e CNFC 16520 se destacaram na média para o caráter PG (Tabela 15). Este resultado está de acordo com a prioridade de seleção estabelecida, haja vista que a produtividade de grãos precisa ser considerada com maior relevância, portanto, possuiu maior peso econômico. Ao considerar os caracteres de qualidade priorizados na seleção, TFe e TZn, merecem destaque as linhagens CNFC 16627 e CNFC 16602 (Tabela 13), que associaram esses caracteres simultaneamente e também foram superiores para PB e CNFC 16627, superior para FB. Por não ter sido detectada correlação entre TFe e PG (Tabela 17) e TZn e PG (Tabela 18) ao nível de médias, a seleção foi favorecida pelos maiores pesos econômicos atribuídos a estes caracteres, o que comprova a eficiência do índice utilizado.

Outros exemplos que podem ser destacados, ao considerar a média nos ambientes, são as linhagens CNFC 16518, que foi superior para os caracteres TZn, FB, CGC e CGA, a linhagem CNFC 16615, que se destacou para TZn, RP e obteve o melhor

desempenho para CGC e CGA e a linhagem CNFC 16520 que, além da PG, se destacou para CGC. Entre as testemunhas, a cultivar Pérola obteve a melhor classificação, na posição de 19º lugar, com destaque para maior M100. Em seguida, a cultivar BRS Notável ocupou a 21ª posição e se destacou para RP, porém, obteve o pior comportamento para TC, CGC e CGA e baixo desempenho para os demais caracteres, com exceção da PG, em que superou as demais cultivares. Por fim, a cultivar BRS Estilo obteve a pior classificação, estando na 23ª posição, com bom desempenho observado apenas para TC, CGC e CGA. No geral, as três cultivares avaliadas não apresentaram boa classificação pelo índice, o que confirma o potencial das melhores linhagens classificadas de superarem as cultivares.

Tabela 19. Índices de Mulamba & Mock (1978) (IMM) obtidos com as médias dos teores de ferro, zinco, fibra bruta, proteína, tempo de cocção, produtividade de grãos, rendimento de peneira, massa de cem grãos, cor de grãos na colheita e cor de grãos após armazenamento, avaliados nos 23 genótipos nos Ensaio de Validação.

Genótipos	IMM ¹	C ²
CNFC 16627	113	1
CNFC 16518	130	2
CNFC 16602	141	3
CNFC 16615	141	4
CNFC 16520	149	5
CNFC 16608	153	6
CNFC 16635	157	7
CNFC 16633	171	8
CNFC 16536	176	9
CNFC 16526	177	10
CNFC 16533	177	11
CNFC 16628	179	12
CNFC 16645	179	13
CNFC 16524	181	14
CNFC 16630	190	15
CNFC 16661	192	16
CNFC 16665	196	17
CNFC 16519	204	18
Pérola	214	19
CNFC 16606	218	20
BRS Notável	223	21
CNFC 16613	233	22
BRS Estilo	269	23

¹Índices de Mulamba & Mock (1978); ²Classificação dos genótipos pelo IMM.

Com base nos resultados obtidos com o índice de Mulamba & Mock (1978), torna-se possível a seleção de linhagens de uso potencial como genitores ou cultivares para diferentes atributos de qualidade de grãos. Ao considerar a média, estabilidade e adaptabilidade, as linhagens CNFC 16627 e CNFC 16602 foram superiores para TFe e CNFC 16602 superior para TZn e PB. Neste sentido vale ressaltar que para o caráter PG, a linhagem CNFC 16627 se sobressaiu em relação às testemunhas e CNFC 16602 obteve desempenho similar à cultivar BRS Notável, que foi superior às demais testemunhas, logo, apresentam potencial de uso como cultivares ou para cruzamentos que objetivem cultivares biofortificadas, o que poderá ser confirmado por meio de ensaios posteriores.

Dentre as linhagens mais produtivas, a CNFC 16520 se destacou para PG e CGC em relação a média, estabilidade e adaptabilidade, sendo superior às cultivares Pérola e BRS Notável para a cor de grãos o que respresenta alto potencial para ser utilizada como uma cultivar. Ao considerar a média nos ambientes, a linhagem CNFC 16627 foi também superior para PB e FB, enquanto que CNFC 16615 foi superior para TZn, RP, CGC e CGA e CNFC 16518 se destacou para FB, TZn, CGC e CGA. Essas três linhagens apresentam, portanto, potencial de uso como genitores para o melhoramento da qualidade nutricional e comercial de grãos.

A seleção dos genótipos com base no índice da soma de postos foi coerente com a condição previamente estabelecida, ao considerar os caracteres PG, TFe e TZn. Neste sentido, foi possível selecionar linhagens produtivas e que associaram elevados TFe e TZn no grão que podem ser indicadas para programas de biofortificação. Bons resultados com o índice de Mulamba & Mock foram obtidos por Silva (2015) que, ao priorizar os caracteres PG, RP, M100 e AV (aspecto visual de grãos), pode selecionar quatro linhagens de feijão do grupo carioca superiores para a maioria dos caracteres avaliados (PG, RP, M100, AV, TC, PB), ao considerar a estabilidade e adaptabilidade fenotípica.

São escassos os trabalhos que abordam o uso de índices com base em parâmetros de estabilidade e adaptabilidade para a seleção de genótipos superiores. Um exemplo aproximado, envolvendo o método multivariado proposto por Carneiro (1998) e baseado em Lin & Binns (1988) pode ser verificado no trabalho de Perina et al. (2010). Esses autores obtiveram resultados satisfatórios em avaliações envolvendo a estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro-comum dos grupos carioca e preto para os teores de umidade do grão, proteína bruta, tempo de cocção e diferentes caracteres de qualidade tecnológica de grãos. Esse método, portanto, se mostrou eficiente na seleção dos genótipos

superiores, no entanto, mais trabalhoso que o índice de Mulamba & Mock (1978), por demandar mais variáveis para a condução das análises. Neste sentido, o uso do índice de Mulamba & Mock (1978) se mostra promissor na seleção simultânea de caracteres de qualidade de grãos na cultura do feijoeiro-comum, sendo possível obter eficiência na seleção com o uso de pesos econômicos.

5 CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética, efeito de ambientes e da interação de genótipos com ambientes para os caracteres de qualidade nutricional, tecnológica e comercial de grãos. Esses resultados implicam que a avaliação para a qualidade de grãos em feijão carioca seja conduzida em um conjunto de ambientes representativo para a identificação segura e seleção dos genótipos superiores.

Com base nas estimativas dos parâmetros genéticos obtidas para os caracteres de qualidade nutricional e tecnológica de grãos avaliados, é possível aumentar os teores dos minerais Fe e Zn, bem como de PB nos grãos, e reduzir o TC. O aumento do FB representa um desafio no melhoramento do feijoeiro-comum para qualidade de grãos.

A avaliação para qualidade de grãos em Ensaios Preliminares foi favorável para a seleção de genótipos superiores para TFe, FB, PB e TC, não sendo necessário a realização dos Ensaios de Validação, mas, devido a presença da interação GxA, recomenda-se a avaliação preliminar em pelo menos dois ambientes para aumentar a eficiência de seleção.

Existe correlação genética e fenotípica entre TFe e TZn, no entanto, não foram detectadas correlações entre TFe e PG na maioria dos ambientes e em nenhum ambiente entre TZn e PG.

As cinco linhagens superiores com base no índice de seleção, considerando todos os caracteres em conjunto foram: CNFC 16627, CNFC 16518, CNFC 16602, CNFC 16615 e CNFC 16520.

As linhagens selecionadas para cada caráter individualmente considerando a média e os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram: CNFC 16602 e CNFC 16627 para TFe, CNFC 16602 para TZn e PB, CNFC 16615 e CNFC 16518 para CGC e CGA, CNFC 16520 para PG e CNFC 16615 para RP.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AKOND, A. S. M. G. M.; CRAWFORD, H.; BERTHOLD, J.; TALUKDER, Z.; HOSSAIN, K. Minerals (Zn, Fe, Ca and Mg) and Antinutrient (Phytic Acid) Constituents in Common Bean. **American Journal of Food Technology**, Nova York, v. 6, n. 3, p. 235-243, 2011.

ALVARES, R. C.; SILVA, F. C.; MELO, L. C.; MELO, P. G.; PEREIRA, H. S. Estimation of genetic parameters and selection of high-yielding, upright common bean lines with slow seed-coat darkening. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 4, p. 1-10, 2016.

ALVES, A. F. **Dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca**. 2012. 61f. Tese (Programa de Pós Graduação em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ANDERSON, J. W.; BAIRD, P.; DAVIS, R. H.; FERRERI, S.; KNUDSTON, M.; KORAIM, A.; WATERS, V.; WILLIAMS, C. L. Health benefits of dietary fiber. **Nutrition Reviews**, v. 67, n. 4, 188-205, 2009.

ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. D. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, pirata-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, 1995.

ARAÚJO, R.; MIGLIORANZA, É.; MONTALVAN, R.; DESTRO, D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 269-274, 2003.

ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Variabilidade dos índices de colheita de nutrientes em genótipos de feijoeiro e sua relação com a produção de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 137-146, 2012.

ARAÚJO, L. C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. 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.

ARNHOLD, E.; SILVA, R. G. Eficiências relativas de índices de seleção considerando espécies vegetais e pesos econômicos iguais entre caracteres. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 76-82, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Metals in plants and pet foods-atomic absorption spectrophotometric method**. Arlington, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Washington, 1995. 200 p.

BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B. Capacidade de cozimento de grãos de famílias de feijão do cruzamento ESAL 693 x Rosinha. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 233-236, 2005.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) grown in Burundi. **Food Chemistry**, Barking, v. 47, n. 2, p. 159-167, 1993.

BÁRBARO, I. M.; DA CRUZ CENTURION, M. A. P.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M. Comparação de estratégias de seleção no melhoramento de populações F5 de soja. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 250-261, 2007.

BASSETT, M. J. The griseoalbus (gray-white) seedcoat color is controlled by an allele (pgri) at the P locus in common bean. **HortScience**, Gainesville, v. 29, n. 10, p. 1178-1179, 1994.

BASSETT, M. J. Inheritance of the partly colored seedcoat pattern, bipunctata, in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Gainesville, v. 121, n. 6, p. 1032-1034, 1996.

BASSETT, M. J.; LEE, R.; SYMANIETZ, T.; McCLEAN, P. E. Inheritance of reverse margo seedcoat pattern and allelism between the genes J for seedcoat color and L for partly colored seedcoat pattern in common bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Gainesville, v. 127, n. 1, p. 56-61, 2002.

BEEBE, S.; GONZALEZ, A. V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals in the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, Boston, v. 21, n. 5, p. 387-391, 2000.

BEM, E. M. A. **Seleção de linhagens de feijão carioca para ensaios de valor de cultivo e uso**. 2012. 45f. Dissertação (Programa de Pós graduação em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BERTOLDO, J. G. **Melhoramento de feijão para o planalto catarinense: variabilidade genética, consequência da interação e peletização com enfoque na redução do tempo de cocção**. 2008. 76 f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2008.

BLAIR, M.W.; IRIARTE, G.; BEEBE, S. QTL analysis of yield in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean x wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v. 112, p. 1149-1163, 2006.

BLAIR, M. W.; MEDINA, J.; ASTUDILLO, C.; RENGIFO, J.; BEEBE, S. E.; MACHADO, G.; GRAHAN, R. QTL for seed iron and zinc concentrations and content in a Mesoamerican common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) population. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v. 121, n. 12, p. 1059-1079, 2010.

BONETT, L. P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; SCHIELTER, A. R.; FILHO, P. S. V.; GONEL, A.; LACANALLO, G. F. Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 547-560, 2006.

BORDIN, L. C. **Padronização do teste de cocção de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da qualidade da água, capacidade de hidratação e da diversidade fenotípica**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2008.

BURATTO, J. S.; MODA- CIRINO, V. Estimativas de parâmetros genéticos para ferro, zinco, magnésio e fósforo em grãos de feijão. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 8, n. 1, p. 24-31, 2017.

BURATTO, J. S. **Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos**. 2012. 147 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BURR, H. K.; KON, S. & MORRIS, H. J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, Oxford, v. 22, n. 3, p. 88-90, 1968.

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

CARBONELL, S. A. M.; FILHO, J. A. A.; DIAS, L. A. S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. Common bean cultivars and lines interactions with environments. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 169-177, 2004.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E. Numero necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1701-1709, 2006.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, 2002.

CARVALHO, R. S. B.; LIMA, I. A.; ALVES, F. C.; SANTOS, J. B. Selection of carioca common bean progenies resistant to white mold. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 13, p. 172-177, 2013.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

- CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; VENCOVSKY, R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; PINHEIRO, J. B. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, vol. 10, n. 4, p. 329-336, 2010.
- CICHY, K. A.; FORSTER, S.; GRAFTON, K. F.; HOSWELD, G. L. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 7, p. 864-870, 2005.
- CICHY, K. A.; CALDAS, G. V.; SNAPP, S. S.; BLAIR, M. W. QTL analysis of seed iron, zinc and phosphorus levels in an Andean bean population. **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 9, p. 1742-1750, 2009.
- COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NÓBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R.. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, 2009.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise mensal – feijão**. abril 2018 – safra 2017/2018. :Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2017. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/> >. Acesso em: 10 fev. 2018a.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos**: oitavo levantamento, maio 2018 – safra 2017/2018. :Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253> >. Acesso em: 16 mai. 2018b.
- CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C. Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 206-212, 2012.
- COSTA, M. M., Di MAURO, A. O.; UNEDA-TREVISOLI, S. H., ARRIEL, N. H. C., BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: estatística experimental e matrizes. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006. 285p.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.
- DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. (Ed.). **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 131p.
- Di PRADO, P. R. C. **Melhoramento genético para altos teores de ferro e zinco em feijoeiro-comum**. 2017. 131f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L.; VEBERSAX, M. A. Inheritance of cooking time, water absorption, protein and tannin content in dry bean and their expected gain from selection. **Bean Improvement Cooperative**, Cali, v. 39, p. 266-267, 1996.

ELIA, F. M.; HOSFIELD, G. L.; VEBERSAX, M.A. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption, and protein and tannin content of Andean dry beans. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 512-518, 1997.

ELIAS, H. T.; VIDIGAL, M. C. G.; GONELA, A.; VOGT, G. A. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1443-1449, 2007.

ESCRIBANO, M. R.; SANTALLA, M.; de RON, A. M. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from northwestern Spain. **Euphytica**, Wageningen, v. 93, n. 1, p. 71-81, 1997.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FARIA, L. C.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; DEL PELOSO, M. J.; BRÁS, A. J. B. P.; MOREIRA, J. A. A.; CARVALHO, H. W. L.; MELO, L.C. Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 142, p. 68-74, 2013.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Características agrônômicas de genótipos de feijoeiro cultivados nas épocas da seca e das águas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 361-366, 2010.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **2016 International year of pulses**; nutritious seeds for a sustainable future. Roma: Food and Agriculture Organization Of The United Nations. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/pulses-2016/en/>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

FREITAS JÚNIOR, S. de P.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; RANGEL, R. M.; VIANA, A. P. Predição de ganhos genéticos na população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente utilizando-se diferentes índices de seleção. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 803-814, 2009.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar-ingestão adequada e efeitos sobre a saúde. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 57, n. 6, p. 397-405, 2013.

GIBSON, R. S. Zinc nutrition in developing countries. **Nutrition Research Reviews**, v. 7, n. 1, p. 151-173, 1994.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; NETO, F. V. B.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 193-198, 2007.

GONÇALVES, R. J. S.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; BRUZI, A. T. Strategies for recommendation of common bean lines tested for value of cultivation and use in different environments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 9, p. 132-139, 2009.

GRAHAM, R. D; WELCH, R. M; BOUIS H. E. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. **Advances in Agronomy**, vol. 70, p. 77-142, 2001.

GUZMAN-MALDONADO, S. H.; MARTÍNEZ, O.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; GUEVARA-LARA, F.; PAREDES-LÓPEZ, O. Putative quantitative trait loci for physical and chemical components of common bean. **Crop Science**, v. 43, n. 3, p. 1029-1035, 2003.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, p. 476-490, 1943.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

IZiNCG. International Zinc Nutrition Consultative Group. **Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control**. Tokio: International Zinc Nutrition Consultative Group. 2004. Disponível em: < <http://www.izincg.org/technical-documents/> >. Acesso em: 28 mai. 2018.

INACG. International Nutritional Anemia Consultative Group. **Guidelines for the use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia**. Washington: International Nutritional Anemia Consultative Group. 1998. Disponível em: <<http://www.iuns.org/organisations/international-nutritional-anemia-consultative-group-inacg/> >. Acesso em: 28 mai. 2018.

JOST, E. **Genética dos teores de cálcio e de ferro em grãos de feijão comum**. 2008. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

JOST, E.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; POSSOBOM, M. T. D. F.; ROSA, D. P.; DOMINGUES, L. da S. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 1097-1104, 2013.

JOST, E.; RIBEIRO, N. D.; CERUTTI, T.; POERSCH, N. L.; MAZIERO, S. M. Potencial de aumento do teor de ferro em grãos de feijão por melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 8, p. 35-42, 2009.

JÚNIOR, V. A. P.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; BASSINELLO, P. Z.; MELO, L. C. Genetic potential of common bean progenies selected for crude fiber content obtained

through different breeding methods. **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto, v. 14, n. 2, p. 5763-5774, 2015.

KAJIWARA, V.; RIBEIRO, L. B.; HIROSE, A. A.; SCHOLZ, M. B. S.; MODA CIRINO, V. Genetic variability for grain technological traits in andean common bean genotypes. In: LX Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 60., 2017, Nebraska. **Anais eletrônicos...**Nebraska: USDA-ARS / UNL, 2017. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1731/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

KANG, M. S. (Ed.). **Quantitative genetics, genomics and plant breeding**. Wallingford: CABI Publishing, 2002.

KUMSSA, D. B.; JOY, E. J. M.; ANDER, E. L.; WATTS, M. J.; YOUNG, S. D.; WALKER, S.; BROADLEY, M. R. Dietary calcium and zinc deficiency risks are decreasing but remain prevalent. **Scientific Reports**, v. 5, n. 10974, 2015.

LELEJI, O. I.; DICKSON, M. H.; CROWDER, L. V.; BOURKE, J. B. Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 168-171, 1972.

LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S.; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LIMA, D. C. **Seleção precoce de populações segregantes de feijoeiro para alguns caracteres simultaneamente**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, n. 1, p.193-198, 1988.

LONDERO, P. M. G. **Parâmetros genéticos dos teores de proteína e de fibra alimentar associados ao rendimento de grãos em feijão**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO N. D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Variabilidade genética para proteína e rendimento de grãos em populações de feijão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 105-111, 2008a.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 167-163, 2008b.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULÁCIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análises de estabilidade de genótipos de caña de azucar. I internacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, Tucumán, v. 13, p. 105-127. 1976.

MARTINS, S. M. **Estratégias de melhoramento do feijoeiro-comum para altos teores de ferro e zinco**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

MARTINS, S. M.; FARIA, L. C. de.; SOUZA, T. L. P. O. de.; MAGALDI, M. C. de. S.; DIAZ, J. L. C. ; MELO, L. C. ; PEREIRA, H. S. Tempo de cocção dos grãos em feijoeiro-comum: parâmetros genéticos e seleção de linhagens elite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2015, Goiânia. **Anais eletrônicos...**Goiânia: UFG, 2015. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/8congresso/anais/indiceautor.htm#S>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

MARTINS, S. M.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; SOUZA, T. L. P. O.; MELO, L. C.; PEREIRA, H. S. Genetic parameters and breeding strategies for high levels of iron and zinc in *Phaseolus vulgaris* L. **Genetics and molecular research**. Ribeirão Preto, v. 15, n.2, p. 2-14, 2016.

MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, 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.

McCLEAN, P. E.; LEE, R. K.; OTTO, C.; GEPTS, P.; BASSETT, M.J. Molecular and phenotypic mapping of genes controlling seed coat pattern and color in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **The Journal of Heredity**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 148–152, 2002.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C. de; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. da. 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.

MELO, L. C. (Ed.). **Procedimentos para condução de experimentos de valor de cultivo e uso em feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 104p. (Série Documentos 239).

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, 2009.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P. de.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

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

MORAGHAN, J. T.; PADILLA, J.; ETCHEVERS, J. D.; GRAFTON, K.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Iron accumulation in seed of common bean. **Plant and Soil**, v. 246, n. 2, p. 175-183, 2002.

MUKAMUHIRWA, F.; TUSIIME, G.; MUKANKUSI, M.C. Inheritance of high iron and zinc concentration in selected bean varieties. **Euphytica**, Wageningen, v. 205, p. 349-360, 2015.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

MULLER, D. R.; BISOGNIN, D. A.; ANDRIOLO, J. L.; MORIN JUNIOR, G. R.; GNOCATO, F. S. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1327-1334, 2009.

NCHIMBI-MSOLLA, S.; TRYPHONE, G. M. The effects the environment on iron and zinc concentrations and performance of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Asian Journal of Plant Sciences**, Birecik, v. 9, n. 8, p. 455-462, 2010

NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V.; WATANABE, E. A biofortificação como ferramenta para combate a deficiências em micronutrientes. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE GEOLOGIA MÉDICA, 2005, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: CPRM, 2006. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/994883>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

NUTTI, M. R. A História dos Projetos HarvestPlus, Agrosalud e BioFORT no Brasil. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/916288>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. In: ANNUAL REPORT OF THE BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE, 48., 2005, East Lansing. **Anais eletrônicos...** East Lansing: BIC, 2005. Disponível em: <http://bic.css.msu.edu/_pdf/Reports/BIC_2005_volume_48.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

OLIVEIRA, G. V.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. E. de S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 257-265, 2006.

OLIVEIRA, D. P. **Qualidade tecnológica de grãos de feijão-comum em função de cultivares e condições de armazenamento**. 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com

e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

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

OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; SANTOS, M.M.; CANCELLIER, E.L.; FIDELIS, R. R. Desempenho agrônomo de feijão em função da adubação fosfatada no sul do estado do Tocantins. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n.1, p 50-59, 2014.

PAULA, S.R.R. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Adaptability and stability of common bean genotypes with carioca grain type for central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 29-37, 2009.

PEREIRA, H. S.; ALMEIDA, V. M.; MELO, L. C. WENDLAND, A.; FARIA, L. C.; PELOSO, M. J. D.; MAGALDI, M. C. S. Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 165-172, 2012.

PEREIRA, H. S.; COSTA A. F da.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; WENDLAND, A. 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.; DEL PELOSO, M. J.; BASSINELLO, P. Z.; GUIMARÃES, C. M.; MELO, L. C.; FARIA, L. C. Genetic variability for iron and zinc content in common bean lines and interaction with water availability. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 13, p. 6773-6785, 2014

PEREIRA, H. S.; DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; SOUZA, T. L. P. O.; BASSINELLO, P. Z.; DIAZ, J. L. C.; CARVALHO, H. W. L.; COSTA, A. F.; ALMEIDA, V. M.; MELO, C. L. P.; MOREIRA, J. A. A.; MAGALDI, M. C. S.; SOUZA, N. P. Estratégias de melhoramento de feijoeiro-comum para altos teores de ferro e zinco. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 5., 2015, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131936/1/pn5.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2017.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R., CARBONELL, S. A. M. 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.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; LOPES, R. L. T.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 1, p. 14-22, 2014.

PONTES JÚNIOR, V. A. **Potencial genético e estabilidade de famílias de feijoeiro-comum obtidas por diferentes métodos de melhoramento**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

PRAKKEN, R. Inheritance of colour in *Phaseolus vulgaris* L. II. A critical review. **Mededelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 70, n. 23, p. 1- 38, 1970.

PRAKKEN, R. Inheritance of colour in *Phaseolus vulgaris* L. IV. Recombination within the “complex locus C.” **Mededelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 74, n. 24, p. 1- 36, 1974.

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

PUERTA ROMERO, J. **Variedades de judías cultivadas en España: nueva clasificación de la especie “*Phaseolus vulgaris*” (L. Ex p.) Savi**. Madrid: Ministério de Agricultura, 1961. 798 p. (Monografias, 11).

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

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.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 75-82, 2005.

RESENDE, M. D.V.; OLIVEIRA, E. B.; HIGA, A. R. Utilização de índices de seleção no melhoramento de eucalipto. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 1- 13, 1990.

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. 13, p. 182-194, set. 2007.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; MELLO, R. M. Correlações genéticas de caracteres agromorfológicos e suas implicações na seleção de genótipos de feijão preto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 6, n. 1, p.168-176, 2001.

RIBEIRO, N.D.; STORCK, L. Genitores potenciais parahibridações identificadas por divergência genética em feijão carioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.413-421, 2003.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos da interação genótipos x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 373-380, 2004.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POERSCH, N. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. Dissimilaridade genética para teor de proteína e fibra em grãos de feijão dos grupos preto e de cor. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 167-173, 2005.

RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N.L.; ROSA, S. S. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.66, p.335-348, 2007.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; CERUTTI, T.; MAZIERO, S. M.; POERSCH, N. L. Composição de microminerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 267-273, 2008.

RIBEIRO, N. D. Potencial de aumento da qualidade nutricional do feijão por melhoramento genético. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 10, p. 1367-1376, 2010.

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

RIBEIRO, N. D.; RODRIGUES, J. A.; PRIGOL, M.; NOGUEIRA, C. W.; STORCK, L.; GRUHN, E. M. Evaluation of special grains bean lines for grain yield, cooking time and mineral concentrations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, n. 8, p. 15-22, 2014.

RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; MAZIERO, S. M.; STORCK, L.; ROSA, D. P. Selection of common bean lines with high grain yield and high grain calcium and iron concentrations. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 1, p. 77-83, 2014.

ROCHA, V. P. C.; MODA-CIRINO V.; DESTRO, D.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; and PRETE, C. E. C. 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.

RODRIGUES, J. A, RIBEIRO, N. D, FILHO, A. C, TRENTIN, M, LONDERO, P. M. G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 369-376. 2005.

ROSA, S. S.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; REINIGER, L. R. S.; ROSA, D. P.; CERUTTI, T.; POSSOBOM, M. T. D. F. Potential for increasing the zinc content in common bean using genetic improvement. **Euphytica**, Wageningen, v. 175, n. 7, p. 207-213, 2010.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 964-971, 2012.

SAHA, S.; SINGH, G.; MAHAJAN, V.; GUPTA, H. S.; Variability of Nutritional and Cooking Quality in Bean (*Phaseolus vulgaris* L) as a Function of Genotype. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p 174-180, 2009.

SANTALLA, M.; AMURRIO, J. M.; De RON, A. M. Interrelationships between cropping systems for pod and seed quality components and breeding implications in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 121, p. 45–51, 2001

SARTORI, M. R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) stored under nitrogen**. 1982. 92 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade do estado do Kansas, Kansas, 1982.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 6, p. 507-512, 1974.

SILVA, M. F.; **Melhoramento genético do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) para alto teor de proteínas**. 2004. 76f. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SILVA, G. F. O.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; PELOSO, M. J. Del; FARIA, L. C. Efficiency of methods for conducting segregating populations in the breeding of common beans for protein quality. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, n. 8, p. 149-154, 2008.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; MAIA, L. G. S. Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, p. 132 – 137, 2012.

SILVA, F. C.; PEREIRA, H. S.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; WANDERLEY, F. M.; FARIA, L. C.; SOUZA T. L. P. O.; WENDLAND, A.; DÍAZ, J. L. C.; MAGALDI, M. C. S.; SOUZA, N. P. Estabilidade fenotípica para a qualidade comercial de grãos em linhagens de feijoeiro-comum do grupo preto no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. **Anais eletrônicos...** Maringá: SBMP, 2013. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/evento/7-cbmp#.WoCC6inHIU>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

SILVA, A. C. F.; MELO, P. G. S.; MELO, L. C.; BASSINELLO, P. Z.; PEREIRA, H. S. Eficiência de métodos de melhoramento para teor de fibra e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 4, p. 326-331, 2013.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p. (Série Documentos 287).

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Genetic control of zinc and iron concentration in common bean seeds. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 8, n. 11, p. 1001-1008, 2013.

SILVA, F. C.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; MELO, L. C. Genetic Control and estimation of genetic parameters for seed coat darkening of carioca beans. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 3, p. 6486-6496, 2014.

SILVA, F. C. **Interação de genótipos com ambientes para qualidade de grãos carioca e caracteres agrônômicos em feijoeiro-comum**. 2015. 194 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SIQUEIRA, B.; PEREIRA, W. J.; BATISTA, K. A.; OOMAH, B. D.; FERNANDES, K. F.; BASSINELLO, P. Z. Influence of storage on darkening and hardening of slow- and regular-darkening carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, Las Vegas, v. 2, n. 2, p. 87-104, 2014.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, Londres, v. 7, p. 240-250, 1936.

SOFI, P. A.; ZARGAR, M. Y.; DEBOUCK, D.; GRANER, A. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm under temperate conditions of Kashmir Valley. **Journal of Phytology**, Abu Dhabi, v. 3, n. 8, p. 47-52, 2011.

SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L. T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, Madison, v. 13, p. 184-186, 1973.

TEIXEIRA, R. K. S.; LIMA, D. C.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P.; Implications of early selection for grain colour on iron and zinc content and productivity of common bean. **Plant Breeding**, Oxford, v. 134, n. 2, p. 193-196. 2015.

VALLEE, B. L.; AULD, D. S.; Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. **Biochemistry**, Washington, v. 29, n. 24, p. 5647-5659, 1990.

VERMA, V. K.; JHA, A. K.; PANDEY, A.; KUMAR, A.; CHOUDHURY, O.; SWER, T. L. Genetic divergence, path coefficient and cluster analysis of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 84, n. 8, p. 925-930, 2014.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 22. ed. Viçosa: Editora UFV, v. 1, cap. 9, p. 301-391, 2005.

WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. A new paradigm for world agriculture: productive, 81 sustainable and nutritious food systems to meet human needs. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, p. 1-10, 1999.

WELCH, R. M.; HOUSE, W. A.; BEEBE, S. CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal agriculture food chemistry**, California, v. 48, p. 3576-3580, 2000.

WELCH, R. M. Micronutrients, agriculture and nutrition: linkages for improved health and well-being. In: SINGH, K.; MORI, S.; WELCH, R. M. (Ed.). Perspectives on the micronutrient nutrition of crops. **Scientific Publishers**, Jodhpur, 2001. p. 237-289.

WELCH, R. M. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. **Plant and Soil**, Holanda, v. 247, n. 8, p. 83-90, 2002.

WHILLIANS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Carolina do Norte, v. 18, n. 3, p. 375-393, 1962.

WHITE, J. W.; OCHOA, R.; IBARRA, F.; SINGH, S. P. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid rainfed conditions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 122, p. 265-273, 1994.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 586-593, 2005.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The world health report 2002** – Quantifying selected major risks to health. Geneva: World Health Organization. 2002. Disponível em: <<http://www.who.int/whr/2002/en/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Malnutrition**: quantifying the health impact at national and local levels. Geneva: World Health Organization. 2005. Disponível em: <http://www.who.int/nutgrowthdb/publications/quantifying_health_impact/en/>. Acesso em: 25 out. 2016.

ZILIO, M.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Phenotypic diversity of nutrients and anti-nutrients in bean grains grown in different locations. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 4, p. 526-534, 2017.

APÊNDICES

Apêndice A. Médias dos teores de ferro (mg.kg^{-1}) (TFe), zinco (mg.kg^{-1}) (TZn), fibra (%) (FB), proteína (%) (PB) e tempo de cocção (min) (TC) dos 81 genótipos avaliados no Ensaio Preliminar, na safra de inverno de 2013, Brasília, ordenadas para TFe.

Genótipo	TFe	TZn	FB	PB	TC
CNFC 16613	70,84	49,67	4,09	25,42	28,37
CNFC 16533	68,25	43,63	4,59	25,69	30,09
CNFC 16635	64,79	47,63	4,61	26,76	28,00
Pérola	64,18	36,86	4,42	22,35	31,69
CNFC 16602	62,62	41,61	4,43	24,73	34,21
CNFC 16518	62,19	51,01	3,95	26,02	28,79
CNFC 16608	61,98	41,00	4,46	25,73	28,75
CNFC 15975	61,75	43,90	3,95	24,99	43,16
CNFC 16536	61,56	41,97	4,56	25,02	31,33
CNFC 16620	61,31	41,99	4,52	24,67	35,91
CNFC 16532	61,21	37,24	4,10	24,74	28,69
CNFC 16627	60,97	44,05	4,69	26,58	31,82
CNFC 16524	60,88	45,62	4,32	26,29	26,49
CNFC 16630	60,73	42,62	4,31	25,12	30,85
CNFC 16615	60,58	45,47	4,30	25,07	32,00
CNFC 16537	60,32	40,46	3,76	23,89	48,77
CNFC 16628	60,26	47,32	4,36	26,60	31,48
CNFC 16526	60,10	46,54	3,82	25,56	23,16
CNFC 16645	59,79	42,77	4,77	24,76	37,64
CNFC 16604	59,75	41,42	3,89	24,26	28,12
CNFC 16661	59,61	48,11	5,45	27,02	22,84
CNFC 16593	59,50	39,46	3,74	22,52	32,90
CNFC 16621	59,29	40,90	4,35	23,31	28,20
CNFC 16606	59,10	45,14	4,76	25,54	33,41
CNFC 16541	58,55	38,07	4,54	24,20	27,86
CNFC 16665	58,52	50,66	5,17	25,21	38,48
CNFC 16647	58,43	42,80	4,65	26,53	43,08
CNFC 16567	57,75	37,17	4,68	23,87	37,03
CNFC 16633	57,62	45,15	4,65	25,22	27,17
CNFC 15884	57,53	39,20	3,92	24,81	29,65
CNFC 16561	57,42	40,74	4,52	25,70	36,96
CNFC 15942	57,03	42,24	4,67	24,01	32,15
CNFC 16548	57,00	37,88	4,20	24,65	27,62
CNFC 16637	57,00	40,41	4,16	23,98	53,15
CNFC 16520	56,89	45,54	4,30	25,73	29,20
CNFC 15972	56,86	37,45	4,25	25,20	35,96
CNFC 16558	56,86	41,40	4,04	25,56	45,88
CNFC 16649	56,42	43,81	3,88	24,93	28,18
CNFC 16581	56,42	42,41	4,58	26,55	45,30
CNFC 16654	56,38	41,52	4,67	24,41	33,60

Apêndice A. Médias dos teores de ferro (mg.kg^{-1}) (TFe), zinco (mg.kg^{-1}) (TZn), fibra (%) (FB), proteína (%) (PB) e tempo de cocção (min) (TC) dos 81 genótipos avaliados no Ensaio Preliminar, na safra de inverno de 2013, Brasília, ordenadas para TFe. As 20 linhagens selecionadas para os Ensaios de Validação constam em negrito.

CNFC 15886	55,98	41,88	4,17	26,51	27,34
CNFC 15970	55,97	38,9	4,64	22,69	32,58
CNFC 16636	55,94	40,57	4,29	24,66	28,58
CNFC 16519	55,86	45,38	4,28	27,31	27,15
CNFC 16612	55,74	44,34	4,65	25,39	28,32
CNFC 16551	55,07	38,37	4,27	24,17	34,2
CNFC 16566	54,89	38,63	4,66	22,95	35,74
BRS Notável	54,79	40,18	4,47	26,56	28,43
CNFC 16660	54,79	40,21	5,12	23,1	46,77
CNFC 16549	54,60	38,69	3,89	24,33	34,28
CNFC 16522	54,32	44,28	3,72	25,01	27,93
CNFC 16573	54,21	39,45	4,07	25,72	27,39
CNFC 16577	53,93	37,46	4,27	23,65	31,32
CNFC 16562	53,91	36,98	4,35	22,37	27,98
CNFC 15893	53,82	44,19	4,67	25,65	29,55
CNFC 15883	53,70	39,01	4,53	25,07	42,19
CNFC 16641	53,68	39,87	4,60	24,23	50,06
CNFC 16625	53,59	40,58	4,66	25,46	49,91
CNFC 16568	52,68	41,57	4,30	24,85	31,17
CNFC 16514	52,65	47,54	3,79	26,50	33,58
CNFC 16525	52,59	43,69	3,81	25,85	28,60
CNFC 16663	52,34	40,5	4,68	24,32	36,40
CNFC 16648	52,18	40,25	4,47	25,25	34,25
CNFC 16639	52,17	41,76	3,84	22,35	33,75
CNFC 16646	51,77	39,48	4,21	24,69	27,68
CNFC 16596	51,61	43,36	4,17	25,14	28,86
CNFC 15967	50,44	42,88	4,04	23,81	37,83
CNFC 16632	50,41	43,99	4,12	25,53	37,78
CNFC 16623	50,33	38,64	4,05	22,57	50,09
CNFC 16585	49,88	40,85	4,47	24,71	28,88
CNFC 16611	49,75	40,72	4,07	23,73	27,50
CNFC 16539	49,34	40,61	3,91	25,58	31,38
CNFC 16574	49,31	38,43	4,24	25,32	27,23
BRS Estilo	49,13	38,64	5,43	22,45	22,64
CNFC 16576	49,03	36,95	4,42	24,78	28,25
CNFC 16516	48,73	35,57	4,23	25,16	27,21
CNFC 15898	48,03	40,02	4,45	24,94	30,94
CNFC 16571	47,87	42,91	4,14	25,77	29,99
CNFC 16579	46,04	37,33	4,37	25,26	27,73
CNFC 16564	45,00	35,75	3,69	21,60	33,61
CNFC 16563	44,26	33,12	4,38	22,18	41,30

*As 20 linhagens selecionadas para os Ensaios de Validação constam em negrito.

Apêndice B. Médias de produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) (PG), rendimento de peneira (%) (RP) e massa de cem grãos (g) (M100), obtidas dos 81 genótipos avaliados em Ensaios Preliminares na safra das águas e de inverno, em 2013, ordenadas para PG. As 20 linhagens selecionadas para os Ensaios de Validação constam em negrito.

Genótipos	PG		RP		M100	
CNFC 16568	3413,22	a	93,24	a	24,60	c
CNFC 16574	3408,69	a	92,14	b	24,67	d
CNFC 16604	3390,84	a	93,38	a	24,16	d
BRS Estilo	3348,05	a	93,28	a	23,27	c
CNFC 16537	3324,97	a	93,16	a	21,73	e
CNFC 16579	3311,22	a	93,72	a	24,76	c
BRS Notável	3277,21	a	95,62	a	24,64	c
CNFC 16625	3239,86	a	97,32	a	25,04	c
CNFC 16639	3203,98	a	90,34	b	24,04	d
CNFC 16522	3201,63	a	95,72	a	25,10	c
CNFC 16567	3198,26	a	94,36	a	25,77	c
CNFC 16566	3151,69	a	93,42	a	21,87	c
CNFC 16516	3150,40	a	93,28	a	25,44	d
CNFC 16571	3147,54	a	92,16	b	25,30	c
CNFC 16558	3134,34	a	90,38	b	26,23	b
CNFC 16630	3128,06	a	94,84	a	22,94	d
Pérola	3119,50	a	94,70	a	26,41	b
CNFC 16563	3113,40	a	96,14	a	27,79	a
CNFC 16633	3110,89	a	95,28	a	25,97	c
CNFC 16593	3109,14	a	93,90	a	25,30	c
CNFC 16576	3055,04	b	94,06	a	24,76	c
CNFC 16585	3045,47	b	96,12	a	26,30	b
CNFC 16660	3039,92	b	93,08	a	25,96	c
CNFC 16539	3027,95	b	93,92	a	25,67	c
CNFC 16611	3023,35	b	92,38	b	26,04	c
CNFC 16608	2987,88	b	94,56	a	21,83	e
CNFC 16649	2983,51	b	95,16	a	22,33	e
CNFC 16646	2977,65	b	89,48	b	20,59	f
CNFC 16602	2976,04	b	93,78	a	24,14	d
CNFC 16573	2960,87	b	95,96	a	26,63	b
CNFC 16518	2960,44	b	93,42	a	25,84	e
CNFC 15972	2954,06	b	91,90	b	23,54	d
CNFC 16636	2951,25	b	93,66	a	22,51	b
CNFC 16525	2943,80	b	96,20	a	23,09	d
CNFC 16564	2937,32	b	96,36	a	27,99	a
CNFC 16526	2932,10	b	93,66	a	27,04	e
CNFC 16645	2930,94	b	94,42	a	22,59	e
CNFC 16613	2930,26	b	91,84	b	26,29	b
CNFC 16654	2927,82	b	93,02	a	24,70	c
CNFC 16548	2922,47	b	96,72	a	27,84	a

Apêndice B. Médias de produtividade de grãos (kg.ha^{-1}) (PG), rendimento de peneira (%) (RP) e massa de cem grãos (g) (M100), obtidas dos 81 genótipos avaliados em Ensaios Preliminares na safra das águas e de inverno, em 2013, ordenadas para PG. As 20 linhagens selecionadas para os Ensaios de Validação constam em negrito.

CNFC 16620	2913,04	b	93,26	a	22,51	e
CNFC 16612	2909,05	b	89,54	b	24,00	d
CNFC 16632	2902,99	b	94,80	a	26,84	b
CNFC 16648	2896,04	b	94,12	a	24,80	c
CNFC 16581	2866,19	c	94,98	a	23,87	d
CNFC 15886	2861,93	c	92,14	b	24,29	c
CNFC 16551	2861,91	c	87,86	c	24,00	d
CNFC 16623	2849,97	c	94,54	a	23,66	d
CNFC 16627	2833,96	c	96,46	a	24,36	d
CNFC 16533	2817,64	c	92,72	a	23,54	d
CNFC 16561	2816,86	c	94,92	a	27,79	a
CNFC 16628	2814,37	c	95,58	a	24,99	c
CNFC 16647	2805,59	c	94,52	a	22,24	e
CNFC 15970	2801,85	c	91,76	b	25,20	c
CNFC 16536	2793,90	c	93,18	a	23,63	d
CNFC 16621	2792,37	c	87,54	c	21,06	f
CNFC 15942	2769,85	c	95,12	a	26,69	b
CNFC 15883	2766,21	c	94,26	a	22,09	e
CNFC 16520	2756,43	c	94,88	a	23,36	d
CNFC 16665	2742,21	c	95,78	a	24,00	d
CNFC 15898	2733,54	c	94,30	a	25,06	c
CNFC 16532	2723,64	c	89,42	b	22,70	e
CNFC 16541	2709,36	c	95,66	a	27,90	a
CNFC 15884	2701,07	c	94,34	a	22,19	e
CNFC 16663	2696,60	c	92,32	b	23,00	d
CNFC 16637	2677,88	c	90,76	b	23,94	d
CNFC 16562	2672,03	c	94,40	a	26,70	b
CNFC 16641	2666,74	c	93,02	a	25,14	c
CNFC 16577	2664,74	c	91,58	b	25,40	c
CNFC 16606	2658,99	c	95,74	a	23,63	d
CNFC 16635	2653,62	c	90,74	b	23,29	d
CNFC 16524	2652,62	c	93,58	a	22,84	e
CNFC 15893	2650,70	c	92,24	b	25,21	c
CNFC 16661	2635,22	c	96,24	a	22,97	d
CNFC 16519	2600,74	c	94,64	a	25,14	c
CNFC 16549	2524,64	c	91,02	b	27,07	b
CNFC 16514	2519,49	c	95,50	a	26,34	b
CNFC 15975	2519,29	c	93,98	a	24,41	d
CNFC 16596	2478,08	c	95,44	a	25,40	c
CNFC 16615	2199,31	d	95,06	a	26,26	b
CNFC 15967	2007,77	d	82,82	d	24,41	d

¹Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Apêndice C. Resumos das análises de variância individuais dos 23 genótipos avaliados nos Ensaio de Validação para o teor de ferro (mg.kg⁻¹) (TFe) e teor de zinco (mg.kg⁻¹) (TZn).

Ambientes	TFe				
	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Brasília-DF/ Inverno 2015	79,68**	29,32	64,08	8,30	0,80
Ponta Grossa-PR/ Águas 2015	114,52**	18,25	61,16	6,98	0,92
Goiânia-GO/ Inverno 2016	117,43	75,10	70,59	12,28	0,60
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	138,69	134,10	71,05	16,30	0,18
Goiânia-GO/ Águas 2016	114,82**	25,53	72,63	6,96	0,88
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	113,04**	38,74	75,88	8,20	0,81
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	52,46**	15,67	60,96	6,49	0,84
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	62,75*	31,64	60,75	9,26	0,70
Goiânia-GO/ Inverno 2017	90,83	84,63	60,74	15,14	0,26
Ambientes	TZn				
	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Brasília-DF/ Inverno 2015	12,88**	2,79	33,20	5,03	0,88
Ponta Grossa-PR/ Águas 2015	7,14**	1,29	26,26	4,32	0,90
Goiânia-GO/ Inverno 2016	9,88	9,59	31,22	9,92	0,17
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	19,27	11,48	39,47	8,58	0,64
Goiânia-GO/ Águas 2016	17,89*	9,66	31,01	10,02	0,68
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	10,03**	4,10	22,61	8,95	0,77
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	8,37**	3,40	26,97	6,84	0,77
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	8,33	5,84	32,33	7,47	0,55
Goiânia-GO/ Inverno 2017	19,67	20,95	35,09	13,04	---

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice D. Resumos das análises de variância individuais dos 23 genótipos avaliados nos Ensaio de Validação para o teor de proteína (%) (PB) e teor de fibra (%) (FB).

Ambientes	PB				
	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Brasília-DF/ Inverno 2015	5,32**	2,32	25,61	5,94	0,75
Ponta Grossa-PR/ Águas 2015	4,04**	1,12	26,53	4,00	0,85
Goiânia-GO/ Inverno 2016	6,11	3,96	19,24	10,35	0,59
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	3,05	1,80	23,12	5,80	0,64
Goiânia-GO/ Águas 2016	3,93	3,51	22,44	8,35	0,33
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	3,02**	0,94	21,94	4,43	0,83
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	1,52*	0,70	22,21	3,77	0,73
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	1,45	0,86	21,91	4,24	0,64
Goiânia-GO/ Inverno 2017	5,68	3,20	25,99	6,88	0,66
Ambientes	FB				
	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Brasília-DF/ Inverno 2015	0,19	0,16	4,81	8,40	0,38
Ponta Grossa-PR/ Águas 2015	0,22	0,18	5,59	7,58	0,41
Goiânia-GO/ Inverno 2016	0,39*	0,20	5,30	8,50	0,70
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	0,40	0,27	5,13	10,23	0,56
Goiânia-GO/ Águas 2016	0,40**	0,14	5,37	6,97	0,81
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	0,22*	0,12	5,10	6,76	0,67
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	0,21	0,15	5,20	7,43	0,54
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	0,78**	0,32	5,19	10,94	0,77
Goiânia-GO/ Inverno 2017	0,48	0,28	5,41	9,71	0,65

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice E. Resumos das análises de variância individuais dos 23 genótipos avaliados nos Ensaios de Validação para o tempo de cocção (min) (TC), produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) (PG) e rendimento de peneira (%) (RP).

TC					
Ambientes	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Goiânia-GO/ Inverno 2016	168,37	111,03	46,41	22,70	0,58
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	89,43	59,34	49,14	15,67	0,58
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	198,20**	53,56	48,64	15,05	0,85
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	212,29**	42,51	43,30	15,05	0,89
Goiânia-GO/ Inverno 2017	63,66*	31,60	51,94	10,82	0,71
PG					
Brasília-DF/ Inverno 2015	521421,00**	201572,00	2862,86	15,68	0,78
Ponta Grossa-PR/ Águas 2015	1347654,00**	175037,00	2682,89	15,59	0,93
Goiânia-GO/ Inverno 2016	544350,31**	161510,30	2177,17	18,46	0,84
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	493239,91**	151279,56	2288,26	17,00	0,83
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	670666,87**	87046,18	2911,56	10,13	0,93
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	1002172,34**	113025,11	2343,64	14,34	0,94
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	289060,51	164814,08	2292,96	17,70	0,65
RP					
Goiânia-GO/ Inverno 2016	147,83**	58,20	86,67	8,80	0,78
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	138,96**	14,81	86,49	4,45	0,94
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	7,19	6,59	87,83	2,92	0,29
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	89,62**	14,25	88,25	4,28	0,92
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	15,92**	2,93	91,61	1,87	0,90
Goiânia-GO/ Inverno 2017	298,74**	65,45	75,79	10,67	0,88

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice F. Resumos das análises de variância individuais dos 23 genótipos avaliados nos Ensaio de Validação para a massa de cem grãos (g) (M100), cor de grãos na colheita (CGC) e cor de grãos após armazenamento (CGA).

M100					
Ambientes	QMg	QMe	$\bar{X}$	CV	AS
Goiânia-GO/ Inverno 2016	5,38**	0,75	21,54	4,02	0,93
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	8,28**	0,79	21,58	4,12	0,95
Goiânia-GO/ Águas 2016	5,03**	0,66	20,25	4,01	0,93
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	8,54**	0,93	24,65	3,91	0,94
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	6,00**	0,54	22,62	3,24	0,95
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	6,76**	0,37	23,94	2,54	0,97
Goiânia-GO/ Inverno 2017	3,89**	0,58	22,27	3,41	0,92
CGC					
Goiânia-GO/ Inverno 2016	2,39**	0,36	2,80	21,46	0,92
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	3,64**	0,44	3,33	19,87	0,94
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	0,93**	0,04	2,81	7,36	0,98
Goiânia-GO/ Inverno 2017	0,95**	0,07	2,62	10,45	0,96
CGA					
Goiânia-GO/ Inverno 2016	0,99**	0,16	3,48	11,53	0,91
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2016	1,18**	0,14	3,60	10,40	0,94
Goiânia-GO/ Águas 2016	2,22**	0,75	3,38	25,73	0,81
Ponta Grossa-PR/ Águas 2016	2,42**	0,15	3,14	12,32	0,97
Ponta Grossa-PR/ Seca 2017	1,38**	0,15	2,88	13,29	0,94
Santo Antônio de Goiás-GO/ Inverno 2017	2,32**	0,20	3,32	13,45	0,96
Goiânia-GO/ Inverno 2017	1,54**	0,18	3,64	11,57	0,94

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice G. Médias nos ambientes para o teor de ferro (mg.kg^{-1}) (TFe), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO), Brasília (DF) e Ponta Grossa (PR).

Genótipo	Ambientes								
	BRA	PG	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	69,12	58,65	61,37	60,13	68,43	77,17	59,52	59,81	61,10
BRS Estilo	62,08	49,09	62,13	61,05	64,48	60,72	49,80	54,44	49,54
BRS Notável	56,10	56,52	70,15	61,70	68,46	70,08	62,97	52,71	61,35
CNFC 16518	71,58	61,64	73,81	64,36	71,26	75,49	63,44	61,87	66,58
CNFC 16519	67,99	49,13	66,00	63,39	67,50	69,70	63,43	59,81	60,77
CNFC 16520	66,39	66,20	65,36	64,44	68,91	79,49	60,64	61,46	58,82
CNFC 16524	59,43	52,82	78,67	73,38	77,00	80,00	64,48	59,82	67,77
CNFC 16526	58,20	60,95	62,91	73,16	65,30	75,58	63,66	56,66	55,50
CNFC 16533	69,27	64,06	70,94	75,71	83,41	87,08	66,99	74,62	62,87
CNFC 16536	72,97	66,65	82,78	79,85	83,54	78,84	60,61	64,42	75,15
CNFC 16602	66,70	62,18	71,89	77,84	75,76	80,85	66,81	66,47	67,96
CNFC 16606	51,83	61,18	62,04	69,63	71,74	75,48	59,83	57,42	66,45
CNFC 16608	66,52	69,07	76,16	73,82	62,09	77,37	60,12	62,13	61,43
CNFC 16613	62,33	57,19	63,31	78,73	77,76	72,48	63,34	60,12	53,26
CNFC 16615	62,88	68,62	69,22	68,53	70,79	79,46	62,06	61,30	59,47
CNFC 16627	69,53	68,66	73,13	77,94	81,60	86,62	60,62	62,63	57,86
CNFC 16628	68,38	70,84	69,02	73,13	73,37	71,01	60,70	66,14	56,92
CNFC 16630	61,78	58,31	80,06	76,38	68,95	75,57	57,00	57,56	60,38
CNFC 16633	62,41	59,78	73,31	63,01	79,12	70,35	53,02	56,68	54,97
CNFC 16635	64,66	67,05	79,07	83,18	78,66	82,50	66,45	63,66	59,77
CNFC 16645	61,80	62,59	72,16	72,17	70,86	79,15	55,80	57,09	61,86
CNFC 16661	62,03	58,50	66,12	66,90	65,47	73,40	62,19	59,60	60,04
CNFC 16665	59,77	57,00	74,02	75,78	76,07	66,98	58,67	60,93	57,32
Média	64,08	61,16	70,59	71,05	72,63	75,89	60,96	60,75	60,75
Saфра/Ano	Inv/15	Ag/15	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice H. Médias nos ambientes para o teor de zinco (mg.kg^{-1}) (TZn), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO), Brasília (DF) e Ponta Grossa (PR).

Genótipo	Ambientes								
	BRA	PG	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	31,03	24,88	28,83	38,46	26,74	20,05	23,36	32,67	34,48
BRS Estilo	31,63	23,39	28,65	35,81	27,70	20,17	24,58	30,83	32,62
BRS Notável	28,74	25,45	30,99	36,53	29,63	22,48	27,24	31,23	37,84
CNFC 16518	37,17	25,78	31,57	37,16	34,49	23,11	28,41	33,90	40,37
CNFC 16519	36,03	24,62	29,18	37,26	29,43	21,62	28,38	32,34	35,38
CNFC 16520	32,98	26,90	30,00	37,90	27,98	24,51	24,50	32,66	36,08
CNFC 16524	33,07	26,65	35,18	41,16	31,81	23,93	28,91	31,68	36,61
CNFC 16526	31,98	27,16	31,14	42,73	28,75	23,63	28,46	30,62	34,85
CNFC 16533	34,97	27,24	32,60	40,27	34,12	24,86	28,22	31,77	33,63
CNFC 16536	34,56	28,70	34,85	43,46	32,39	25,73	25,44	31,02	39,32
CNFC 16602	34,26	27,55	31,62	42,77	31,66	23,58	27,43	34,21	37,95
CNFC 16606	28,34	25,35	30,33	36,84	30,01	24,21	27,58	30,88	35,97
CNFC 16608	33,10	25,11	29,66	38,77	27,30	20,32	26,43	30,88	34,84
CNFC 16613	32,88	26,72	29,83	37,18	31,79	20,60	29,66	29,99	29,17
CNFC 16615	32,65	28,52	30,78	43,92	31,62	21,87	27,30	34,40	34,81
CNFC 16627	33,30	26,52	33,76	38,53	36,61	22,65	26,27	33,55	32,75
CNFC 16628	35,66	28,95	32,03	40,84	31,87	20,37	26,23	36,41	33,40
CNFC 16630	32,30	24,83	31,27	41,22	31,24	23,82	25,02	29,93	34,86
CNFC 16633	33,09	24,79	32,62	36,60	30,97	20,13	25,41	32,36	33,46
CNFC 16635	33,74	24,25	28,45	42,92	29,33	20,38	29,15	34,92	31,82
CNFC 16645	35,32	26,34	31,78	38,50	32,25	23,09	26,43	32,59	38,47
CNFC 16661	33,73	28,50	32,10	37,88	33,15	24,15	27,98	31,59	34,37
CNFC 16665	33,16	25,83	30,77	41,12	32,37	24,86	27,92	33,26	34,09
Média	33,20	26,26	31,22	39,47	31,01	22,61	26,97	32,33	35,09
Saфра/Ano	Inv/15	Ag/15	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice I. Médias nos ambientes para o teor de fibra bruta(%) (FB), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO), Brasília (DF) e Ponta Grossa (PR).

Genótipo	Ambientes								
	BRA	PG	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	4,52	5,40	4,52	5,05	6,04	4,85	5,19	4,53	5,27
BRS Estilo	4,45	5,42	5,26	4,67	5,56	5,05	4,81	4,87	4,87
BRS Notável	4,49	5,80	5,86	4,84	5,18	5,10	5,65	5,23	4,78
CNFC 16518	4,93	5,59	5,48	5,42	5,09	4,99	5,29	4,62	5,92
CNFC 16519	4,63	5,10	4,98	4,82	5,16	5,12	5,00	4,71	5,31
CNFC 16520	4,77	5,42	5,39	4,73	5,59	5,28	5,23	5,45	5,15
CNFC 16524	4,61	5,18	5,39	5,08	4,73	4,81	4,73	4,35	5,65
CNFC 16526	4,49	5,65	5,02	4,98	5,58	5,10	5,41	5,04	5,26
CNFC 16533	5,24	5,87	5,46	5,34	5,34	5,26	5,21	5,24	5,71
CNFC 16536	4,95	5,35	5,48	5,86	5,77	5,11	5,19	4,87	6,13
CNFC 16602	4,69	5,62	5,57	4,72	5,41	5,20	5,12	4,71	5,32
CNFC 16606	4,89	5,19	5,72	5,02	5,28	5,18	5,37	4,79	5,92
CNFC 16608	5,07	5,75	4,84	5,66	5,09	4,80	4,95	5,76	4,87
CNFC 16613	4,58	6,09	5,04	4,86	5,26	4,49	4,92	5,64	5,17
CNFC 16615	4,47	5,44	4,78	4,66	4,91	4,79	5,14	6,14	5,13
CNFC 16627	5,30	5,90	5,86	5,36	5,24	5,08	5,59	6,14	5,20
CNFC 16628	4,83	6,02	5,51	4,76	5,61	5,01	5,12	5,67	5,35
CNFC 16630	5,01	5,64	5,54	5,75	6,35	5,26	4,98	5,39	5,22
CNFC 16633	4,89	5,60	5,26	4,96	5,34	5,60	5,46	5,95	5,06
CNFC 16635	4,71	5,49	4,70	5,23	4,85	4,87	5,10	5,03	5,73
CNFC 16645	5,12	5,89	5,25	5,69	5,40	5,54	5,67	4,98	5,94
CNFC 16661	5,01	5,70	5,61	5,21	5,44	5,48	5,37	4,86	5,42
CNFC 16665	4,87	5,45	5,32	5,25	5,24	5,45	4,79	5,34	6,13
Média	4,81	5,59	5,30	5,13	5,37	5,11	5,19	5,19	5,41
Safra/Ano	Inv/15	Ag/15	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice J. Médias nos ambientes para o teor de proteína (%) (PB), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO), Brasília (DF) e Ponta Grossa (PR).

Genótipo	Ambientes								
	BRA	PG	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	24,04	26,89	22,32	23,05	23,40	20,69	21,87	22,49	26,71
BRS Estilo	23,54	25,05	19,66	23,14	21,97	20,13	20,39	20,67	24,28
BRS Notável	24,25	25,93	19,31	23,31	22,46	21,66	22,59	22,26	25,81
CNFC 16518	26,46	27,72	18,19	23,05	23,17	22,15	22,08	21,16	27,58
CNFC 16519	26,21	26,46	18,27	24,57	22,97	23,24	22,57	22,57	25,15
CNFC 16520	24,51	26,38	17,18	24,07	24,39	22,33	22,93	21,26	26,46
CNFC 16524	25,20	25,34	19,92	24,05	22,66	21,08	21,59	21,44	24,65
CNFC 16526	27,41	25,66	18,09	23,28	19,85	21,98	22,29	21,85	25,97
CNFC 16533	24,66	25,65	20,11	22,44	22,75	22,59	22,39	21,49	27,71
CNFC 16536	24,63	26,36	17,43	23,75	21,57	21,16	21,74	22,13	23,86
CNFC 16602	26,60	27,36	21,10	23,39	24,08	22,35	22,86	22,11	25,43
CNFC 16606	25,43	28,56	19,14	21,39	23,41	23,16	22,04	21,05	25,55
CNFC 16608	26,13	27,38	17,38	23,28	21,68	22,30	22,35	22,02	26,85
CNFC 16613	26,12	24,44	18,57	21,15	22,14	21,48	22,22	22,33	25,75
CNFC 16615	24,26	26,30	20,10	25,18	23,62	21,36	23,48	21,73	23,16
CNFC 16627	26,29	27,52	21,50	22,50	23,45	24,22	22,30	22,31	26,93
CNFC 16628	28,57	28,54	19,32	23,46	23,19	21,77	22,46	22,24	27,05
CNFC 16630	23,85	25,06	19,42	22,53	22,21	22,49	21,79	23,06	26,73
CNFC 16633	24,74	27,01	20,40	24,42	21,85	20,28	21,39	21,54	26,23
CNFC 16635	26,19	25,74	17,05	21,48	21,10	20,62	23,37	22,48	23,44
CNFC 16645	27,05	26,86	18,77	22,83	20,86	22,70	21,34	23,09	27,78
CNFC 16661	27,59	28,15	20,92	23,31	22,67	22,58	23,13	22,18	27,40
CNFC 16665	25,37	25,76	18,44	22,13	20,59	22,42	21,61	20,40	27,36
Média	25,61	26,53	19,24	23,12	22,44	21,95	22,21	21,91	25,99
Saфра/Ano	Inv/15	Ag/15	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice K. Médias nos ambientes para o tempo de cocção (min) (TC), obtidas dos 23 genótipos avaliados na safra da seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

Genótipos	Ambientes				
	GO	SA	PG	SA	GO
Pérola	35,17	33,90	34,97	44,05	44,30
BRS Estilo	57,00	57,00	46,98	40,38	57,00
BRS Notável	57,00	57,00	56,73	49,22	57,00
CNFC 16518	57,00	45,38	57,00	37,55	57,00
CNFC 16519	47,02	51,18	57,00	33,68	57,00
CNFC 16520	53,43	38,90	57,00	57,00	53,70
CNFC 16524	41,00	40,40	49,35	44,10	47,30
CNFC 16526	57,00	57,00	28,60	57,00	47,80
CNFC 16533	30,87	57,00	33,50	31,40	57,00
CNFC 16536	19,62	54,42	48,17	35,45	57,00
CNFC 16602	57,00	44,50	47,68	34,03	45,70
CNFC 16606	55,00	40,73	57,00	55,80	57,00
CNFC 16608	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00
CNFC 16613	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00
CNFC 16615	40,75	50,70	51,03	27,42	36,80
CNFC 16627	26,98	42,47	35,07	27,90	39,00
CNFC 16628	57,00	46,08	38,12	27,27	51,20
CNFC 16630	57,00	41,53	46,95	46,73	42,80
CNFC 16633	44,03	44,20	57,00	42,08	51,30
CNFC 16635	39,18	51,65	57,00	33,63	57,00
CNFC 16645	57,00	57,00	56,85	55,03	57,00
CNFC 16661	54,52	57,00	56,45	57,00	57,00
CNFC 16665	43,77	57,00	57,00	57,00	57,00
Média	47,88	49,52	49,72	43,81	52,21
Safra/Ano	Inv/16	Inv/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice L. Médias nos ambientes para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) (PG), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO), Brasília (DF) e Ponta Grossa (PR).

Genótipos	Ambientes						
	BRA	PG	GO	SA	PG	PG	SA
Pérola	2765,86	2585,89	1540,94	2186,22	3103,86	2102,23	2595,36
BRS Estilo	2468,67	2201,00	1828,63	1951,75	2575,85	1150,65	1607,97
BRS Notável	3654,00	2644,00	2794,13	2281,62	2667,75	1677,88	2710,80
CNFC 16518	2792,67	2983,67	1841,07	2111,95	3795,71	2328,12	2547,24
CNFC 16519	2582,00	2189,00	2007,61	1690,41	2777,86	2694,46	1975,96
CNFC 16520	3172,33	3871,67	2675,18	2459,16	2658,72	2970,78	2719,21
CNFC 16524	2768,33	2847,33	1810,10	2102,46	2359,24	2648,53	2170,92
CNFC 16526	2364,33	3381,00	2627,07	2414,11	3511,53	3117,42	2427,34
CNFC 16533	2726,00	2654,00	1563,58	1679,73	3297,53	1701,74	2274,75
CNFC 16536	2772,67	2619,67	1686,80	2327,02	2703,21	1651,13	1926,41
CNFC 16602	3434,67	3104,00	1986,32	2372,43	3193,34	2993,84	1917,69
CNFC 16606	3063,67	1636,00	2336,73	2805,46	2701,30	2171,19	2410,03
CNFC 16608	3136,67	3463,33	2313,76	2814,20	3323,66	3129,77	2501,94
CNFC 16613	3130,00	2178,00	1932,49	1664,14	2324,83	2468,77	1921,50
CNFC 16615	2764,00	3150,33	1414,36	1988,36	3180,78	2927,44	2380,00
CNFC 16627	2624,00	3376,67	2631,52	2652,29	3419,98	2628,39	2175,52
CNFC 16628	1818,00	1222,00	2010,68	1913,39	1891,46	1310,58	2253,15
CNFC 16630	3008,33	2615,33	2430,16	2730,72	3110,71	2274,70	1950,11
CNFC 16633	3521,00	2168,00	2748,05	3058,53	3372,04	2235,97	2828,13
CNFC 16635	3112,32	3674,00	2402,89	2464,55	3219,92	2882,08	2340,35
CNFC 16645	2666,33	2908,00	2365,91	2380,39	2508,72	1914,26	2491,26
CNFC 16661	2474,00	2020,33	2493,29	1780,14	3031,36	2801,57	2125,93
CNFC 16665	3026,00	2213,33	2633,58	2801,07	2236,66	2122,28	2486,57
Média	2862,86	2682,89	2177,17	2288,27	2911,57	2343,64	2292,96
Safra/Ano	Inv/15	Ag/15	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17

Apêndice M. Médias nos ambientes para rendimento em peneira (%) (RP), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

Genótipos	Ambientes					
	GO	SA	PG	PG	SA	GO
Pérola	92,84	89,40	87,18	84,70	90,99	73,15
BRS Estilo	83,69	86,03	88,98	88,52	94,31	76,82
BRS Notável	94,23	95,43	90,13	89,36	90,92	79,62
CNFC 16518	73,22	69,59	86,28	88,92	91,28	71,66
CNFC 16519	94,17	93,30	88,99	96,22	95,79	86,06
CNFC 16520	79,66	86,38	86,16	85,00	93,24	65,66
CNFC 16524	80,17	83,44	86,68	95,62	92,20	68,76
CNFC 16526	93,37	89,55	90,05	94,89	93,04	80,17
CNFC 16533	80,24	79,62	89,46	90,03	89,09	64,01
CNFC 16536	83,32	75,22	88,74	88,90	86,36	60,88
CNFC 16602	72,22	78,21	87,66	85,33	89,99	86,47
CNFC 16606	94,03	90,02	86,18	82,09	94,24	72,10
CNFC 16608	81,24	86,21	86,09	82,87	89,97	58,02
CNFC 16613	88,51	79,58	86,97	90,23	89,24	76,69
CNFC 16615	93,71	89,25	90,01	93,65	94,35	81,82
CNFC 16627	79,27	87,19	90,08	77,92	92,14	69,31
CNFC 16628	89,27	91,68	88,54	87,12	89,75	85,42
CNFC 16630	85,61	83,95	86,97	93,58	91,73	83,92
CNFC 16633	93,53	90,01	86,92	94,15	91,40	82,71
CNFC 16635	84,74	82,41	85,51	81,90	87,64	56,89
CNFC 16645	93,88	90,08	88,80	76,82	92,73	88,27
CNFC 16661	92,00	96,32	85,68	89,78	92,96	87,58
CNFC 16665	90,48	96,32	88,07	92,02	93,62	87,28
Média	86,67	86,49	87,83	88,25	91,61	75,79
Safra/Ano	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice N. Médias nos ambientes para massa de cem grãos (g) (M100), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

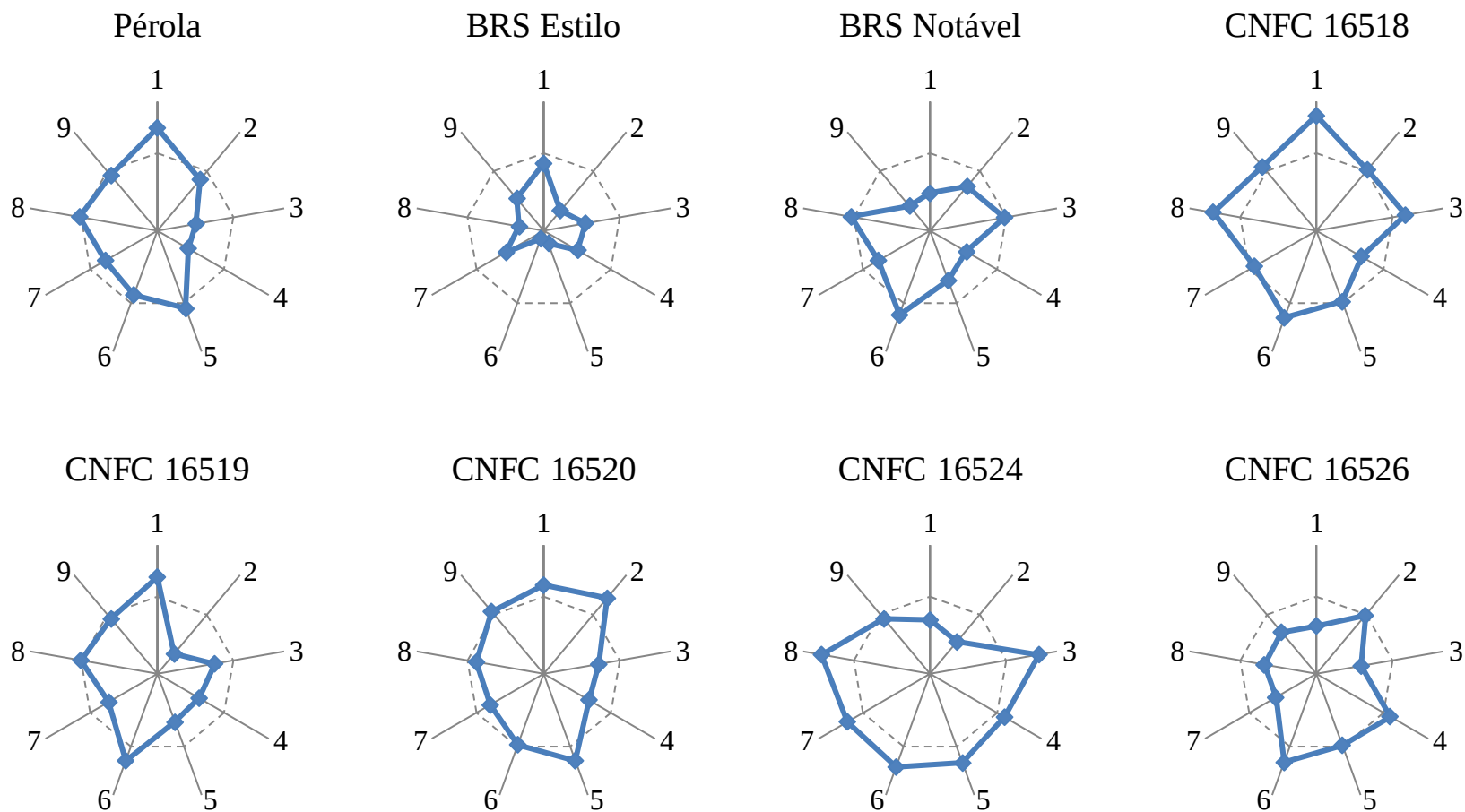
Genótipos	Ambientes						
	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	24,17	23,94	21,70	27,30	23,80	28,20	26,67
BRS Estilo	21,69	22,27	20,31	25,97	23,30	25,37	22,40
BRS Notável	21,65	22,07	20,60	24,67	22,30	24,67	22,07
CNFC 16518	19,33	19,47	19,10	22,53	22,53	23,40	21,03
CNFC 16519	22,08	21,67	20,97	26,47	25,96	23,60	22,43
CNFC 16520	20,52	21,70	18,70	22,87	23,03	22,33	22,03
CNFC 16524	19,10	20,53	21,10	22,50	24,13	24,53	22,10
CNFC 16526	20,30	20,37	18,53	22,67	21,07	22,83	22,00
CNFC 16533	20,26	19,43	18,80	23,27	22,57	21,93	21,30
CNFC 16536	20,88	21,13	20,83	24,47	22,57	22,27	21,13
CNFC 16602	21,08	20,63	19,90	24,73	22,63	24,73	22,32
CNFC 16606	22,30	23,10	20,87	25,57	21,87	24,30	21,87
CNFC 16608	21,50	22,07	19,83	24,17	20,43	22,67	22,27
CNFC 16613	22,97	21,40	22,73	28,47	23,70	25,63	22,57
CNFC 16615	22,98	23,20	22,20	26,87	23,10	23,40	23,47
CNFC 16627	22,77	19,93	19,87	25,90	21,53	24,12	21,03
CNFC 16628	22,99	22,47	20,07	25,60	23,23	25,17	22,53
CNFC 16630	20,89	20,33	20,05	23,20	20,87	23,50	22,80
CNFC 16633	23,65	26,48	21,47	25,57	25,57	26,15	23,27
CNFC 16635	21,78	21,80	21,70	24,23	21,30	23,13	21,17
CNFC 16645	20,96	20,37	17,87	22,50	20,77	21,90	22,10
CNFC 16661	19,84	19,37	18,20	23,70	21,80	23,30	22,00
CNFC 16665	21,66	22,60	20,30	23,80	22,33	23,57	22,10
Média	21,54	21,58	20,25	24,65	22,63	23,94	22,27
Saфра/Ano	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

Apêndice O. Médias nos ambientes para cor de grãos na colheita (CGC), obtidas dos 23 genótipos avaliados na safra de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

Genótipos	Ambientes			
	GO	SA	SA	GO
Pérola	3,67	1,00	3,00	3,00
BRS Estilo	2,00	2,00	2,00	2,00
BRS Notável	4,00	5,00	4,00	3,33
CNFC 16518	2,00	2,33	3,00	2,00
CNFC 16519	1,00	3,00	2,00	2,00
CNFC 16520	1,67	2,33	2,33	2,67
CNFC 16524	2,33	3,67	3,00	2,33
CNFC 16526	3,67	4,33	2,67	2,00
CNFC 16533	3,00	3,00	3,00	3,00
CNFC 16536	3,33	3,00	3,00	3,00
CNFC 16602	3,67	4,67	3,00	3,00
CNFC 16606	3,67	4,67	3,00	3,00
CNFC 16608	2,33	3,33	3,00	3,00
CNFC 16613	3,67	3,00	3,00	3,00
CNFC 16615	1,00	1,00	1,00	1,00
CNFC 16627	2,00	3,33	3,00	3,00
CNFC 16628	3,00	3,00	3,00	3,00
CNFC 16630	2,67	4,33	3,00	3,00
CNFC 16633	3,67	4,33	3,00	2,67
CNFC 16635	2,33	4,00	3,00	3,00
CNFC 16645	3,67	3,00	3,00	2,33
CNFC 16661	3,00	4,00	2,67	3,00
CNFC 16665	3,00	4,33	3,00	2,00
Média	2,80	3,33	2,81	2,62
Safra/Ano	Inv/16	Inv/16	Inv/17	Inv/17

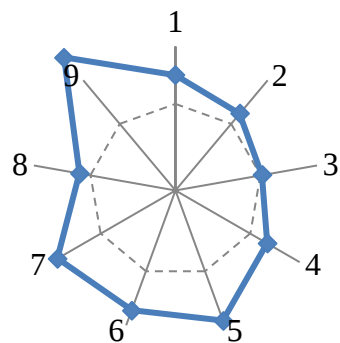
Apêndice P. Médias nos ambientes para cor de grãos após armazenamento (CGA), obtidas dos 23 genótipos avaliados nas safras das águas, seca e de inverno, em Santo Antônio de Goiás (GO), Goiânia (GO) e Ponta Grossa (PR).

Genótipos	Ambientes						
	GO	SA	GO	PG	PG	SA	GO
Pérola	4,00	3,00	3,33	3,00	3,00	3,67	3,67
BRS Estilo	3,33	3,00	2,67	2,00	2,67	3,00	3,00
BRS Notável	4,33	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,67
CNFC 16518	3,00	3,00	3,33	2,00	2,33	3,00	3,00
CNFC 16519	3,00	3,33	2,00	2,00	2,67	2,00	3,00
CNFC 16520	3,33	3,67	3,33	2,33	3,00	3,00	3,67
CNFC 16524	3,67	3,67	4,00	3,67	2,67	3,00	3,67
CNFC 16526	4,00	4,00	4,00	3,33	3,00	3,33	3,00
CNFC 16533	3,00	3,67	3,33	3,33	3,00	3,00	4,00
CNFC 16536	3,00	3,00	3,33	3,00	3,00	3,33	4,00
CNFC 16602	4,33	4,33	4,00	4,33	3,33	4,00	4,33
CNFC 16606	4,33	4,00	2,67	3,33	3,00	3,67	4,00
CNFC 16608	3,00	3,33	2,67	3,00	2,33	2,00	3,67
CNFC 16613	3,33	3,00	3,00	3,00	3,67	3,33	4,00
CNFC 16615	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CNFC 16627	3,00	3,33	3,00	3,00	2,33	4,00	4,00
CNFC 16628	3,33	3,33	3,00	3,33	2,67	3,00	4,00
CNFC 16630	3,33	3,67	4,00	4,00	3,00	4,00	4,00
CNFC 16633	4,00	4,33	4,33	4,33	3,00	4,67	3,67
CNFC 16635	3,33	4,00	3,33	4,00	3,00	3,67	4,00
CNFC 16645	4,00	4,00	4,00	2,67	2,67	4,33	3,67
CNFC 16661	3,33	4,00	4,00	3,33	3,00	3,00	3,67
CNFC 16665	4,00	4,00	4,33	3,33	3,00	3,33	4,00
Média	3,48	3,59	3,38	3,14	2,88	3,32	3,64
Safra/Ano	Inv/16	Inv/16	Ag/16	Ag/16	Sec/17	Inv/17	Inv/17

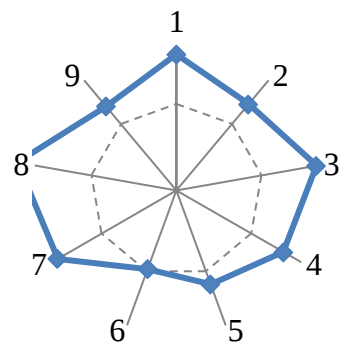


Apêndice Q. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para o teor de ferro (TFe), avaliados em 9 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 9 ambientes avaliados.

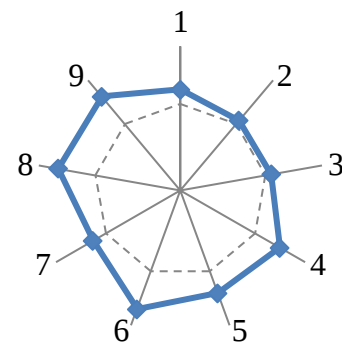
CNFC 16533



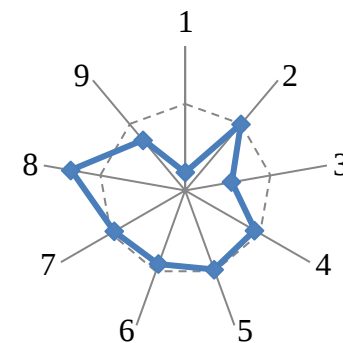
CNFC 16536



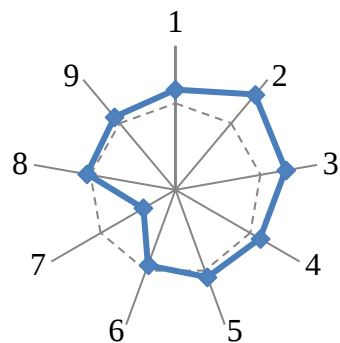
CNFC 16602



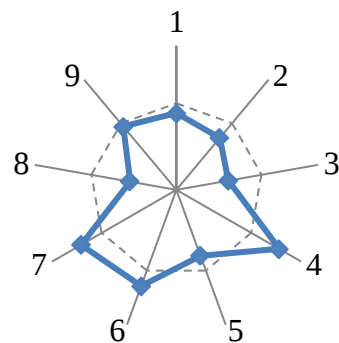
CNFC 16606



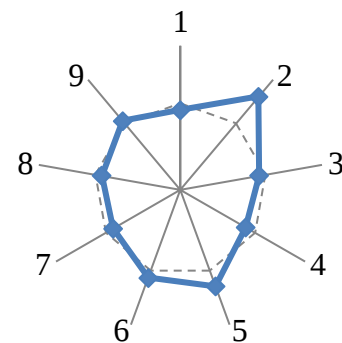
CNFC 16608



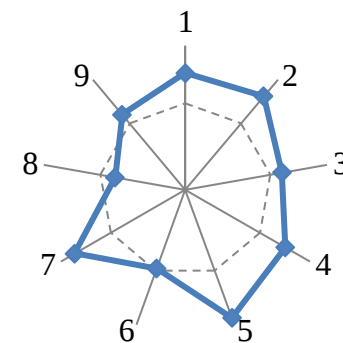
CNFC 16613



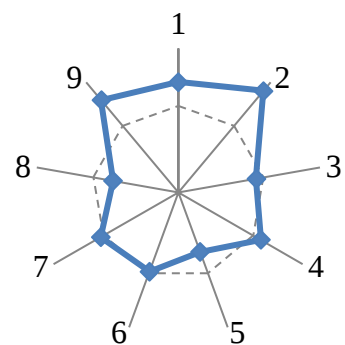
CNFC 16615



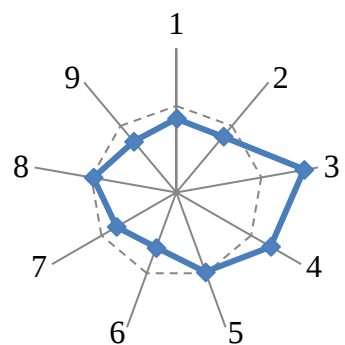
CNFC 16627



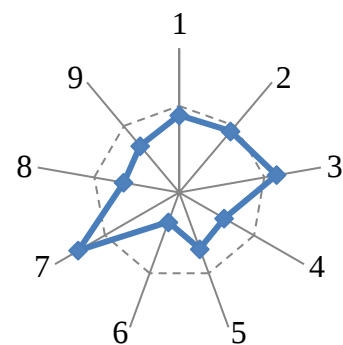
CNFC 16628



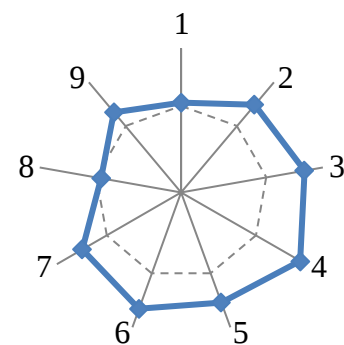
CNFC 16630



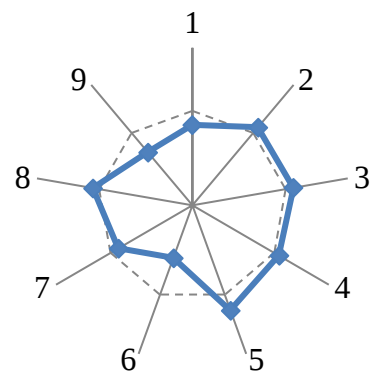
CNFC 16633



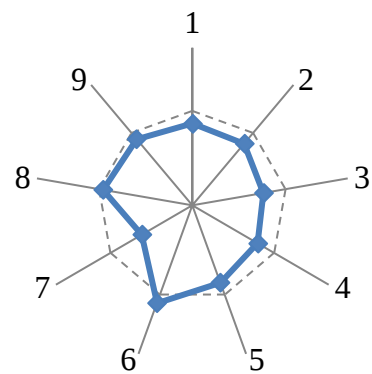
CNFC 16635



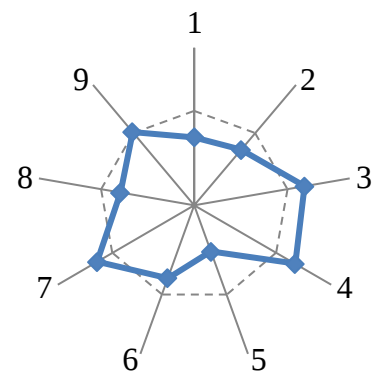
CNFC 16645



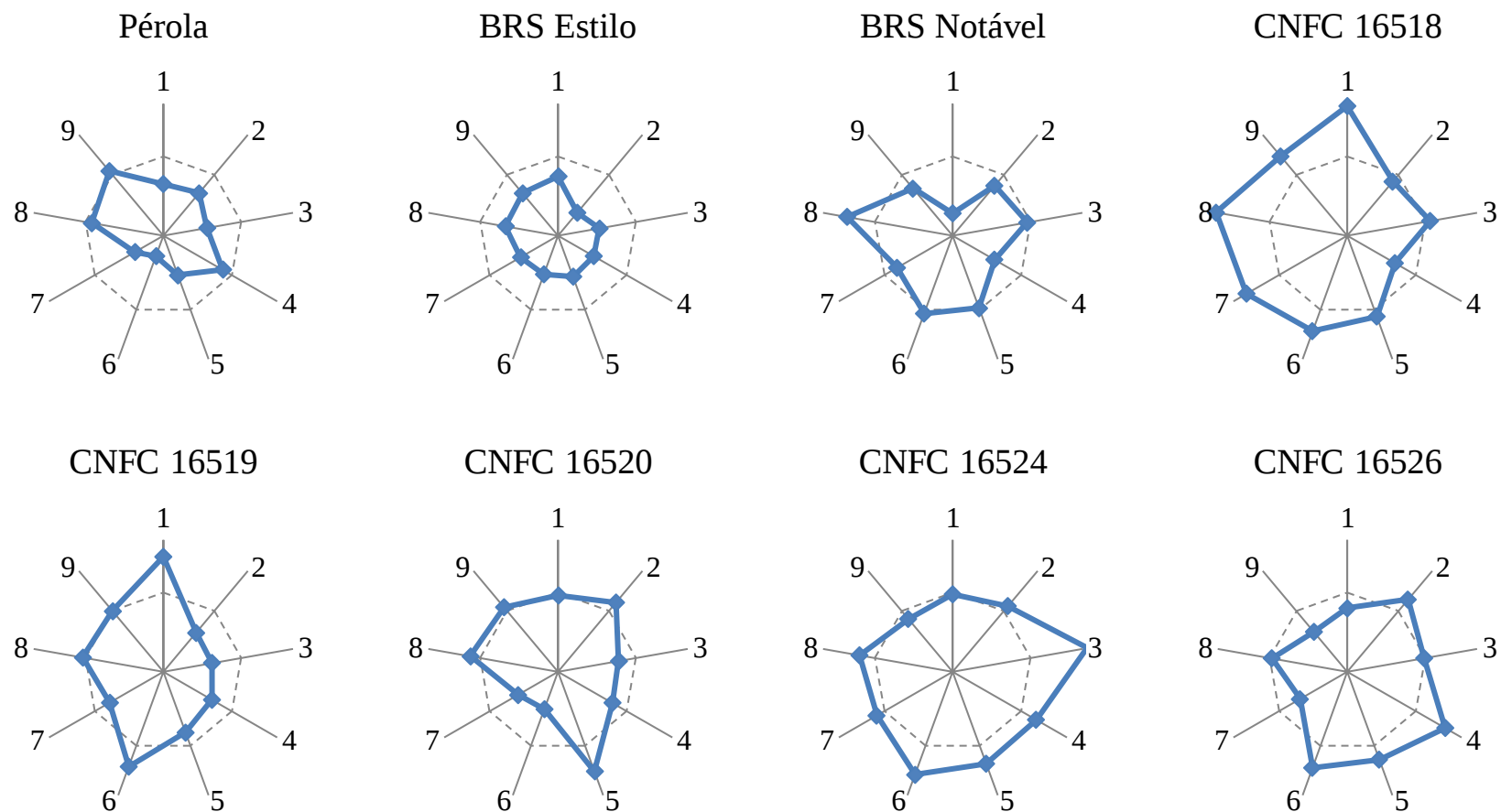
CNFC 16661



CNFC 16665

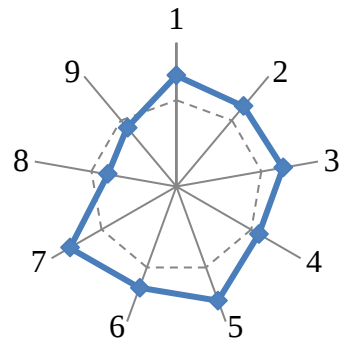


Apêndice Q.(Continuação)

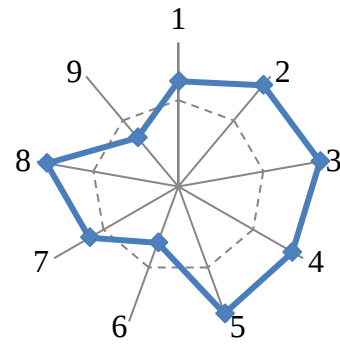


Apêndice R. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para o teor de zinco (TZn), avaliados em 9 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 9 ambientes avaliados.

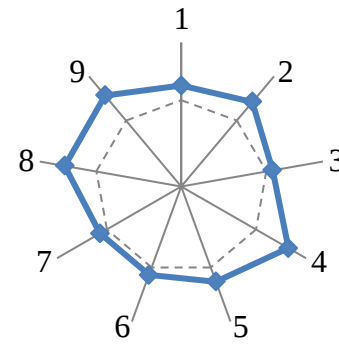
CNFC 16533



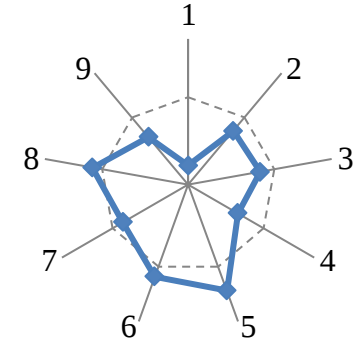
CNFC 16536



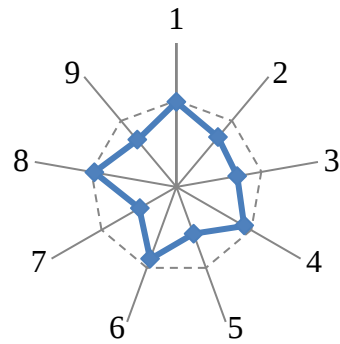
CNFC 16602



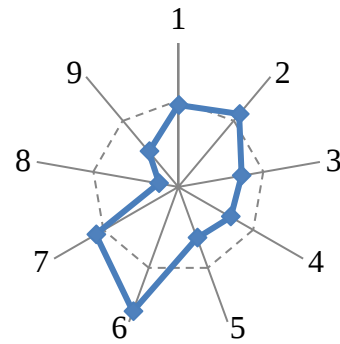
CNFC 16606



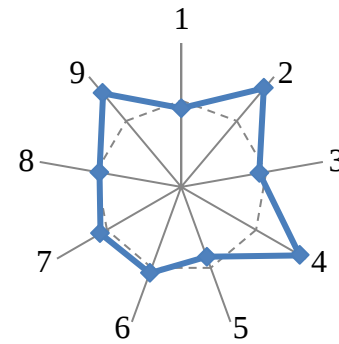
CNFC 16608



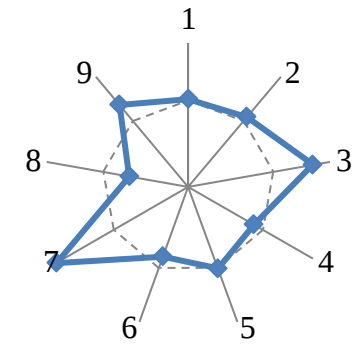
CNFC 16613



CNFC 16615

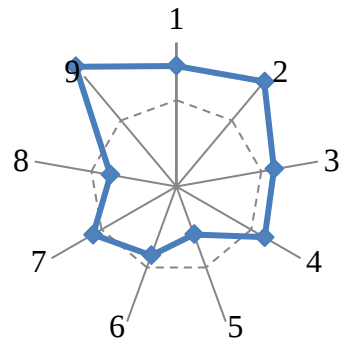


CNFC 16627

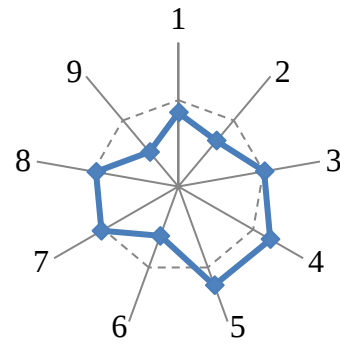


Apêndice R.(Continuação)

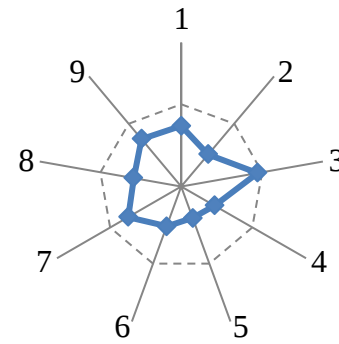
CNFC 16628



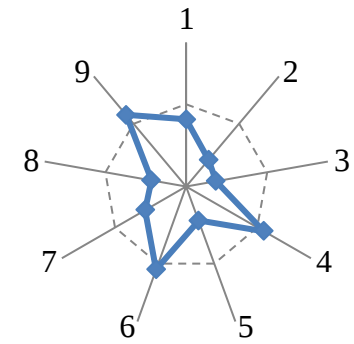
CNFC 16630



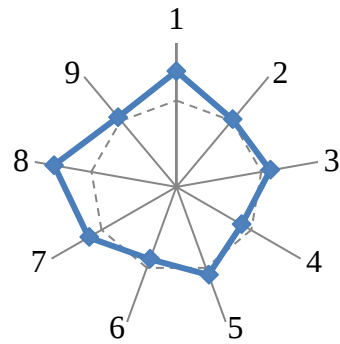
CNFC 16633



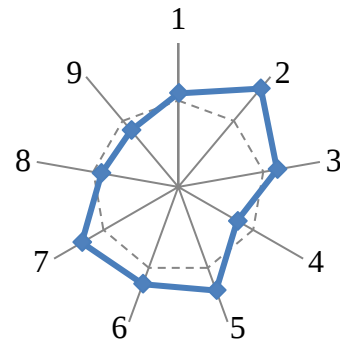
CNFC 16635



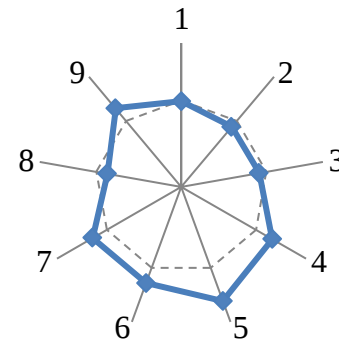
CNFC 16645



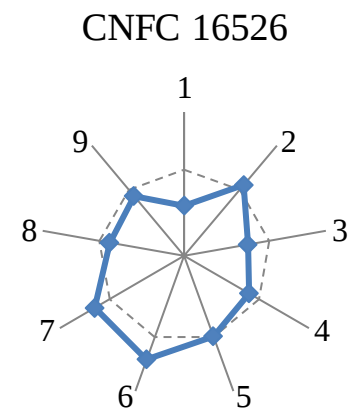
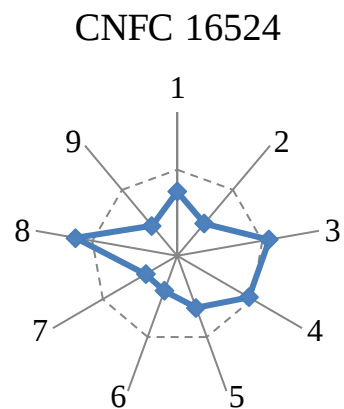
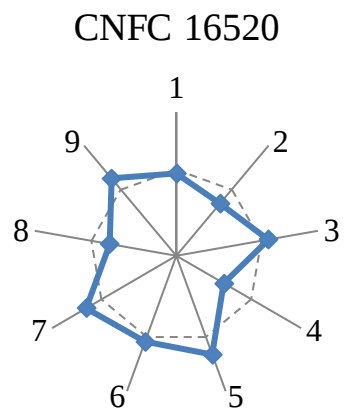
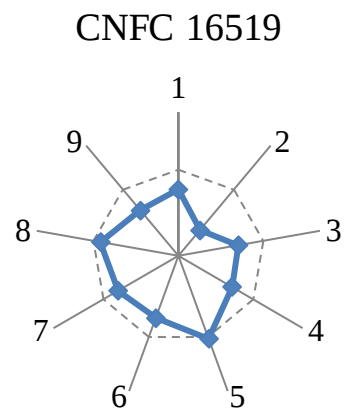
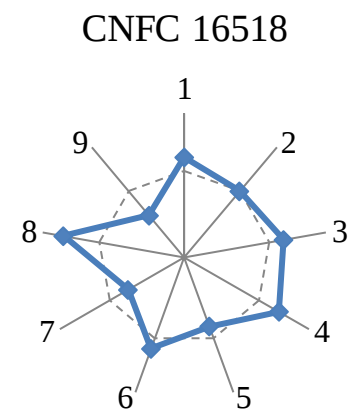
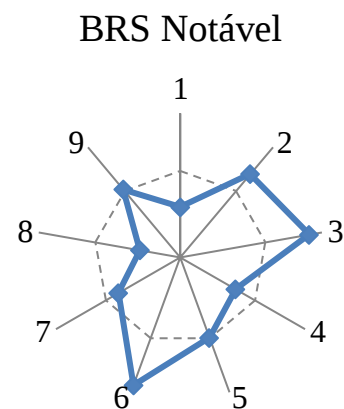
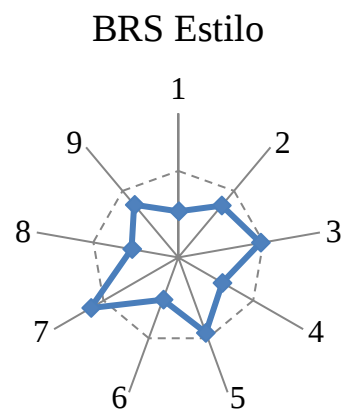
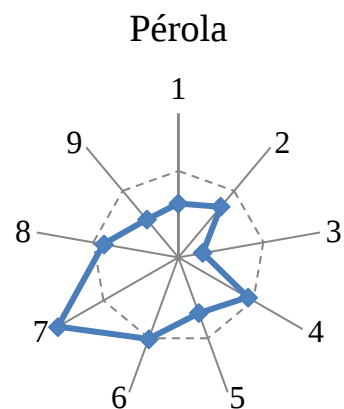
CNFC 16661



CNFC 16665

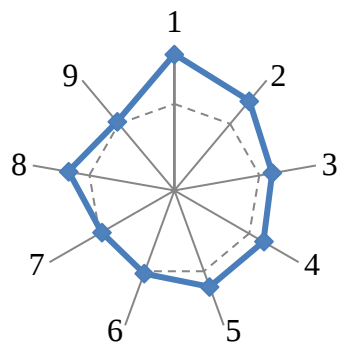


Apêndice R.(Continuação)

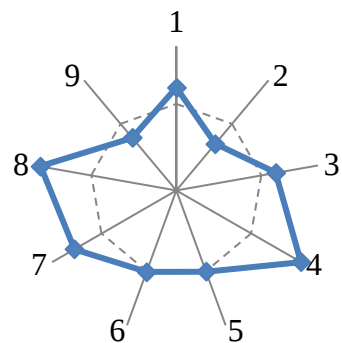


Apêndice S. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para o teor de fibra (FB), avaliados em 9 ambientes nos Ensaio de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 9 ambientes avaliados.

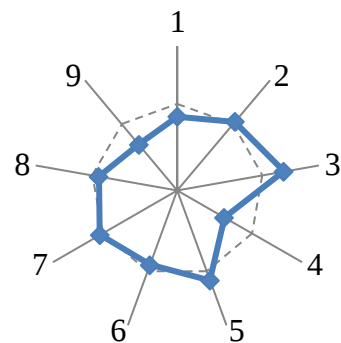
CNFC 16533



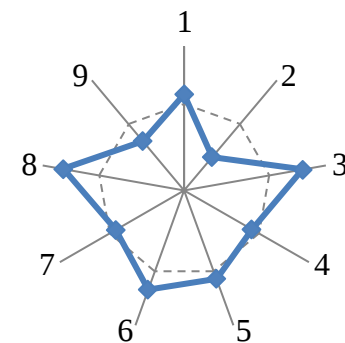
CNFC 16536



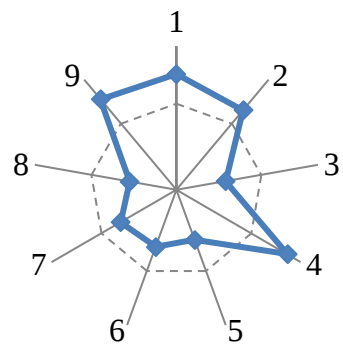
CNFC 16602



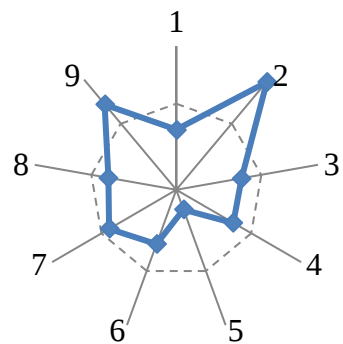
CNFC 16606



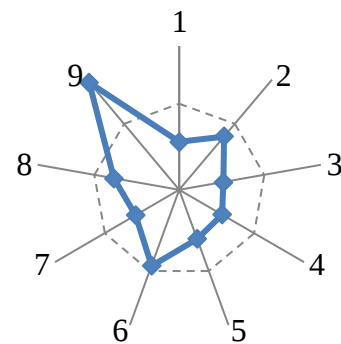
CNFC 16608



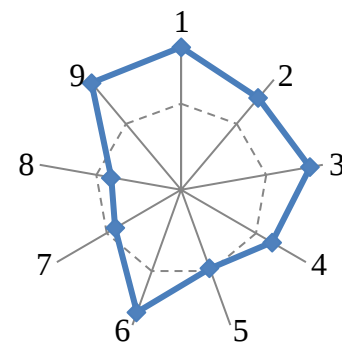
CNFC 16613



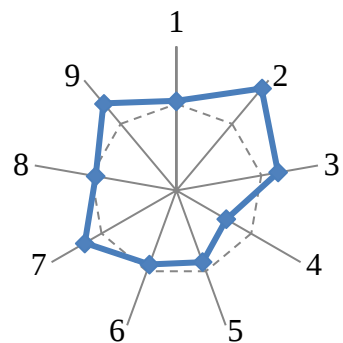
CNFC 16615



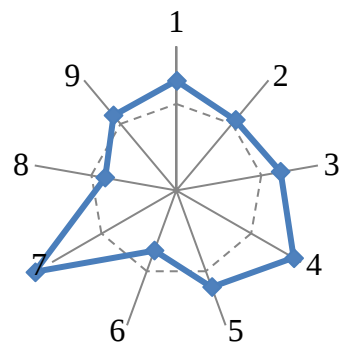
CNFC 16627



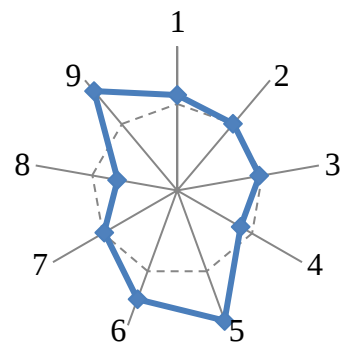
CNFC 16628



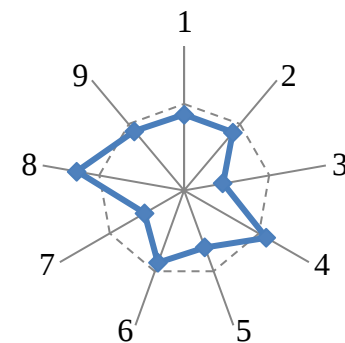
CNFC 16630



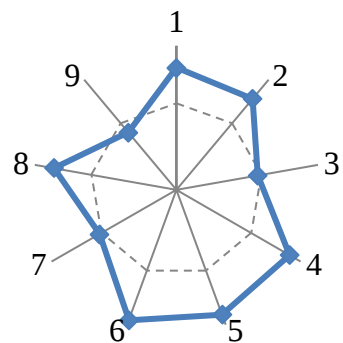
CNFC 16633



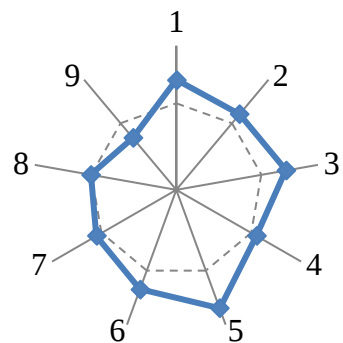
CNFC 16635



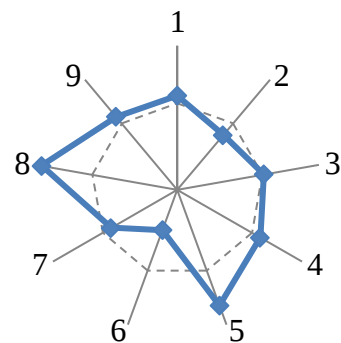
CNFC 16645

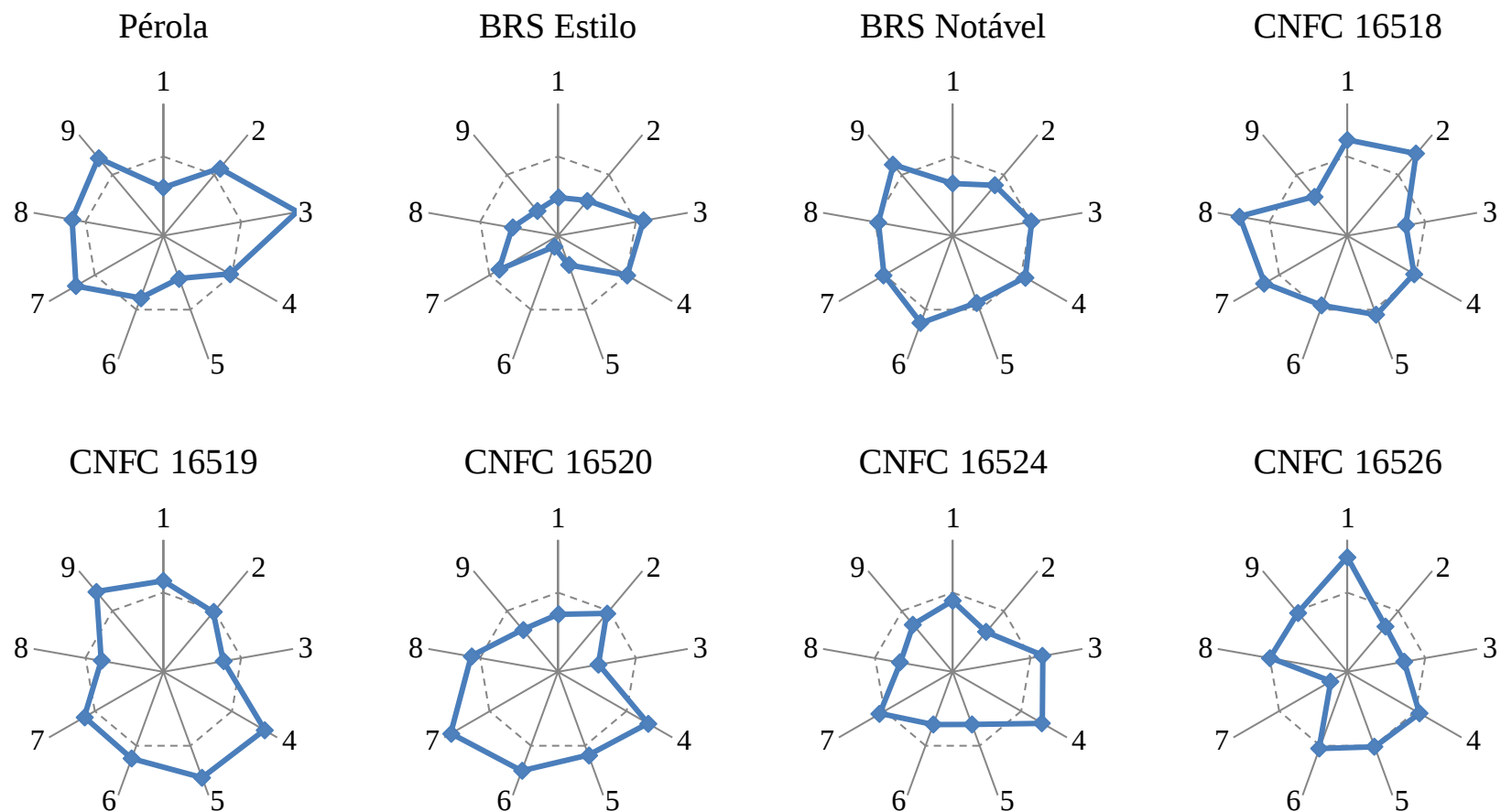


CNFC 16661



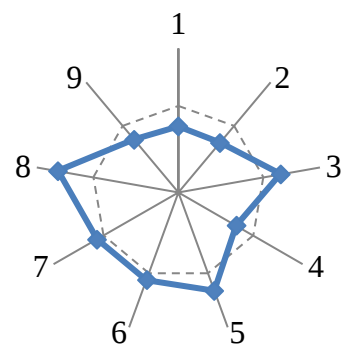
CNFC 16665



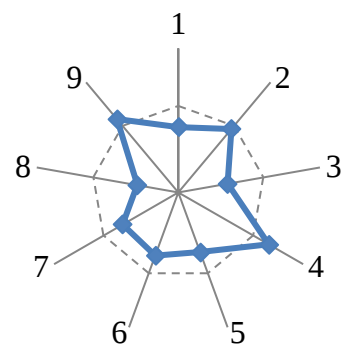


Apêndice T. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para o teor de proteína (PB), avaliados em 9 ambientes nos Ensaio de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 9 ambientes avaliados.

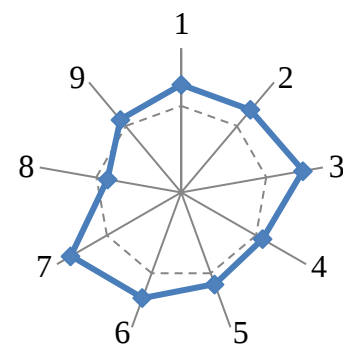
CNFC 16533



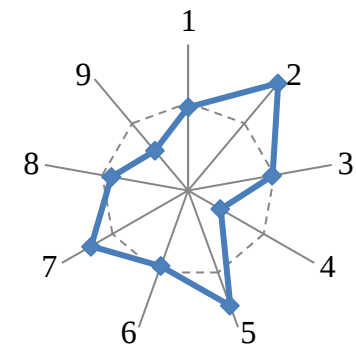
CNFC 16536



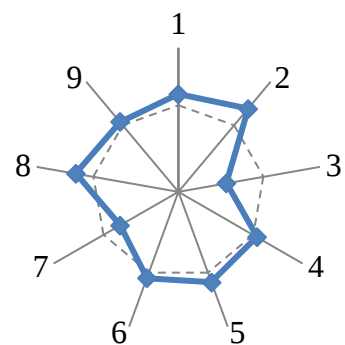
CNFC 16602



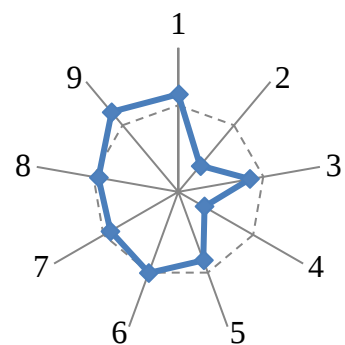
CNFC 16606



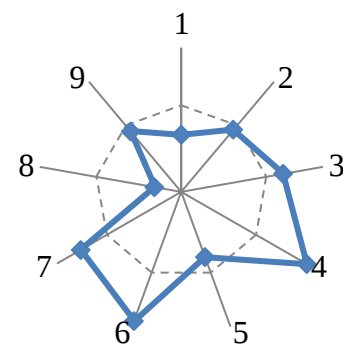
CNFC 16608



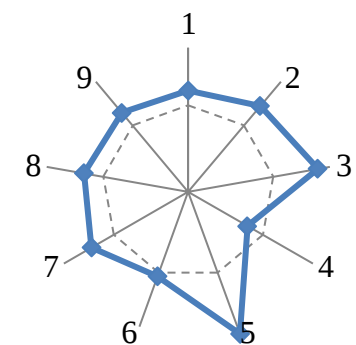
CNFC 16613



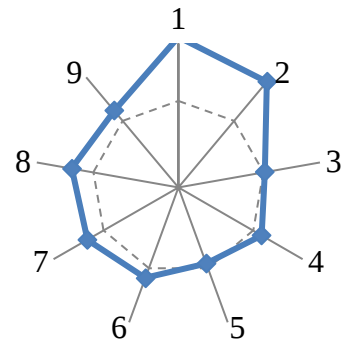
CNFC 16615



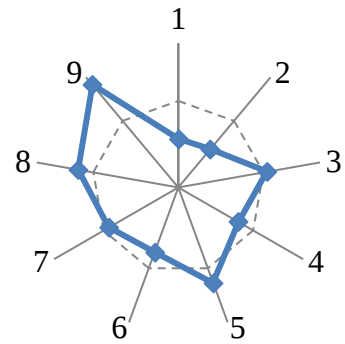
CNFC 16627



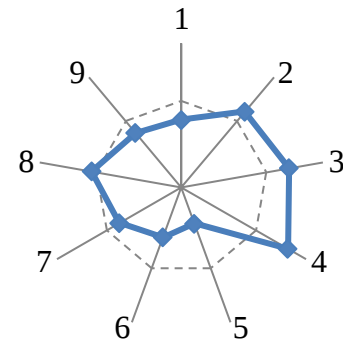
CNFC 16628



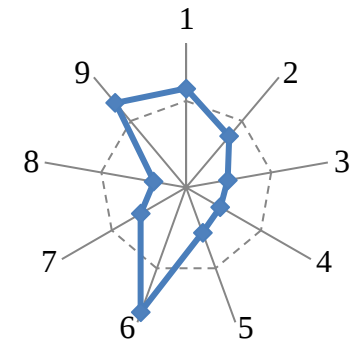
CNFC 16630



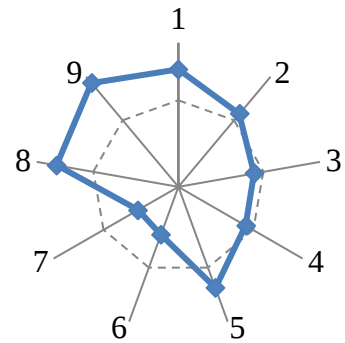
CNFC 16633



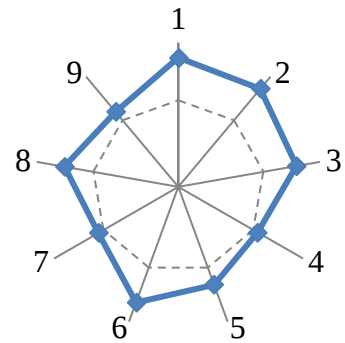
CNFC 16635



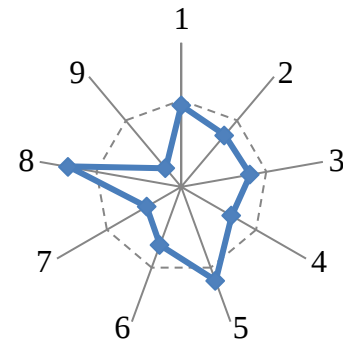
CNFC 16645

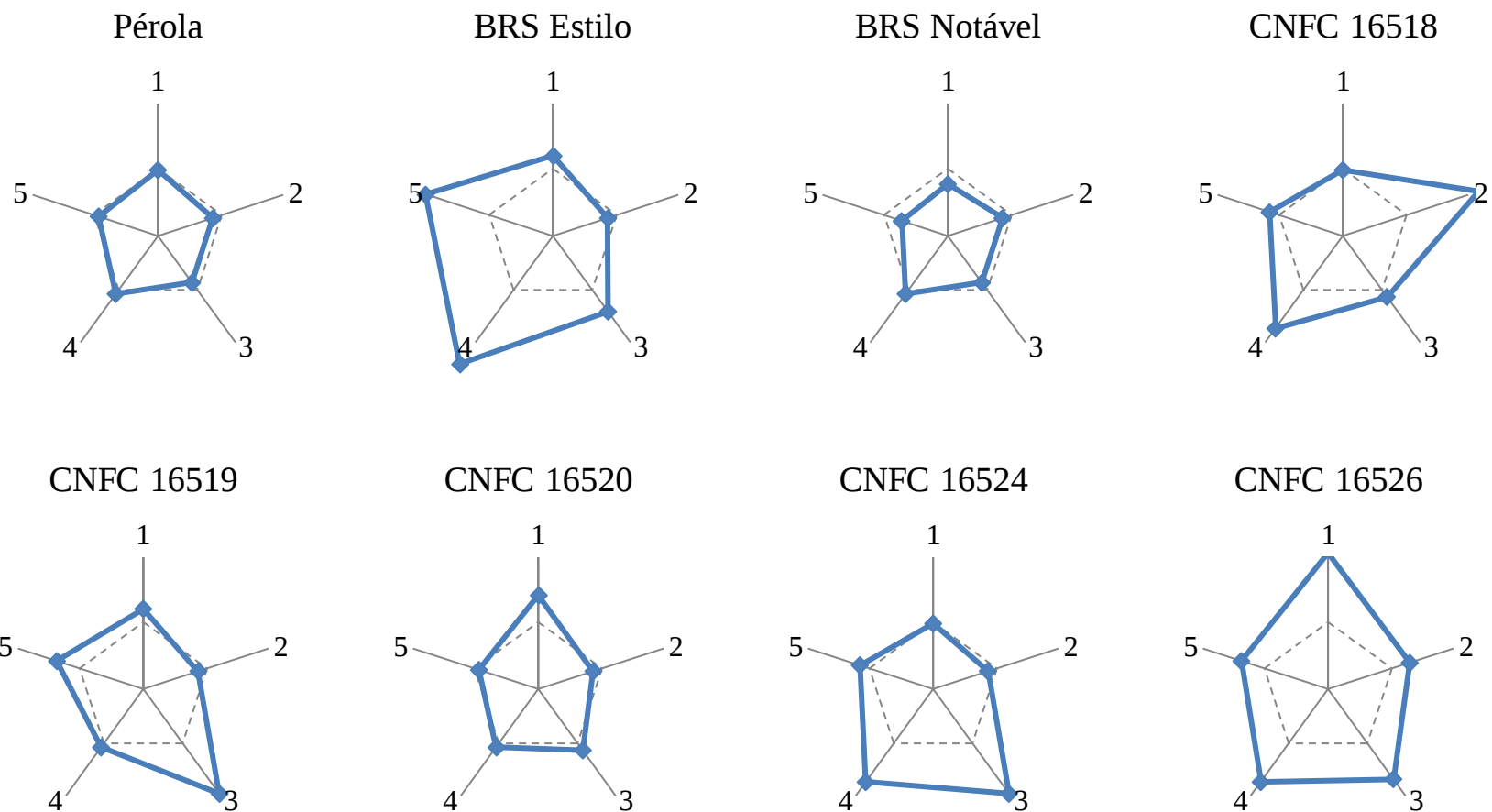


CNFC 16661



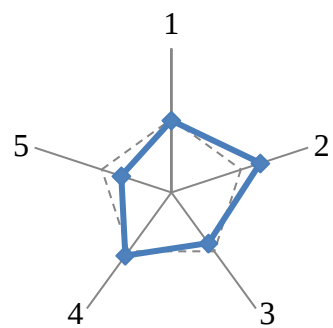
CNFC 16665



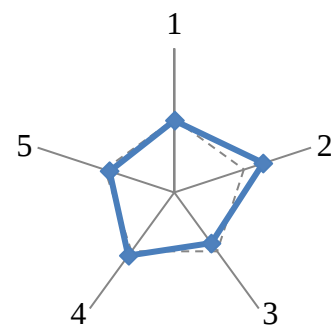


Apêndice U. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para o tempo de cocção (TC), avaliados em 5 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 5 ambientes avaliados. Os valores foram invertidos.

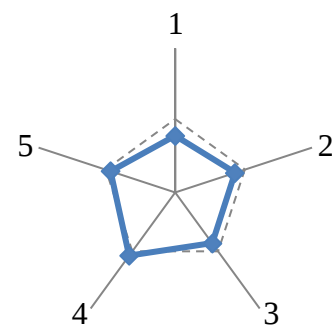
CNFC 16533



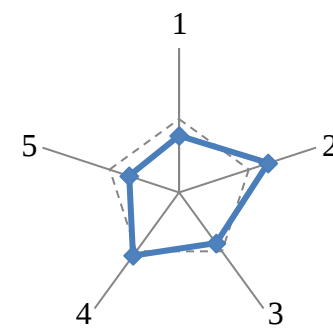
CNFC 16536



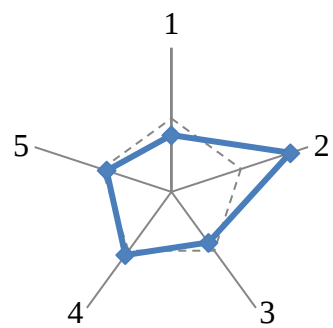
CNFC 16602



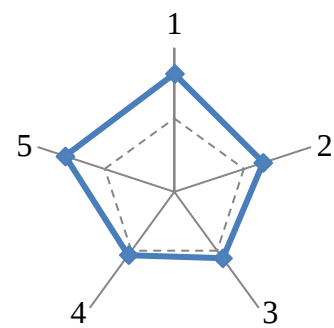
CNFC 16606



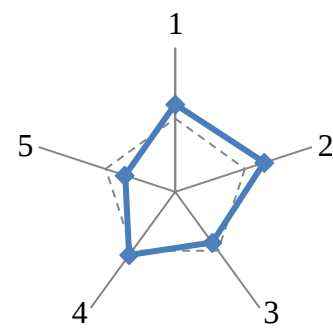
CNFC 16608



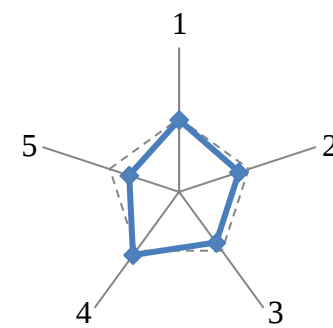
CNFC 16613



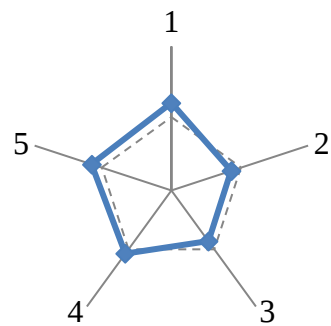
CNFC 16615



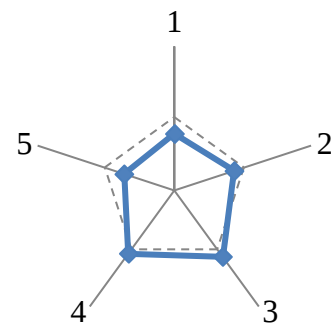
CNFC 16627



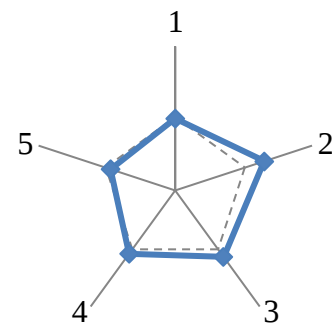
CNFC 16628



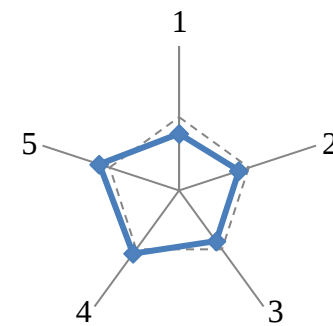
CNFC 16630



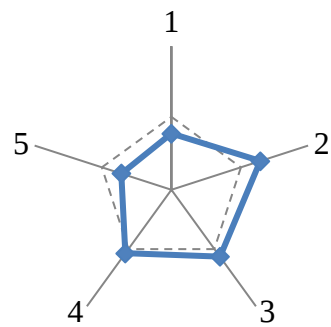
CNFC 16633



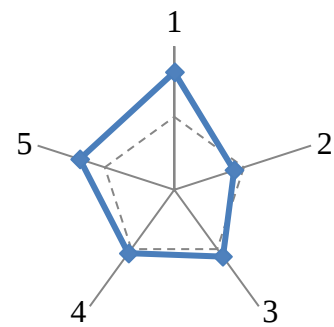
CNFC 16635



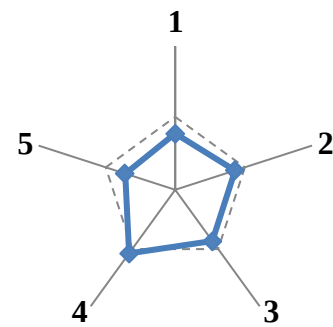
CNFC 16645

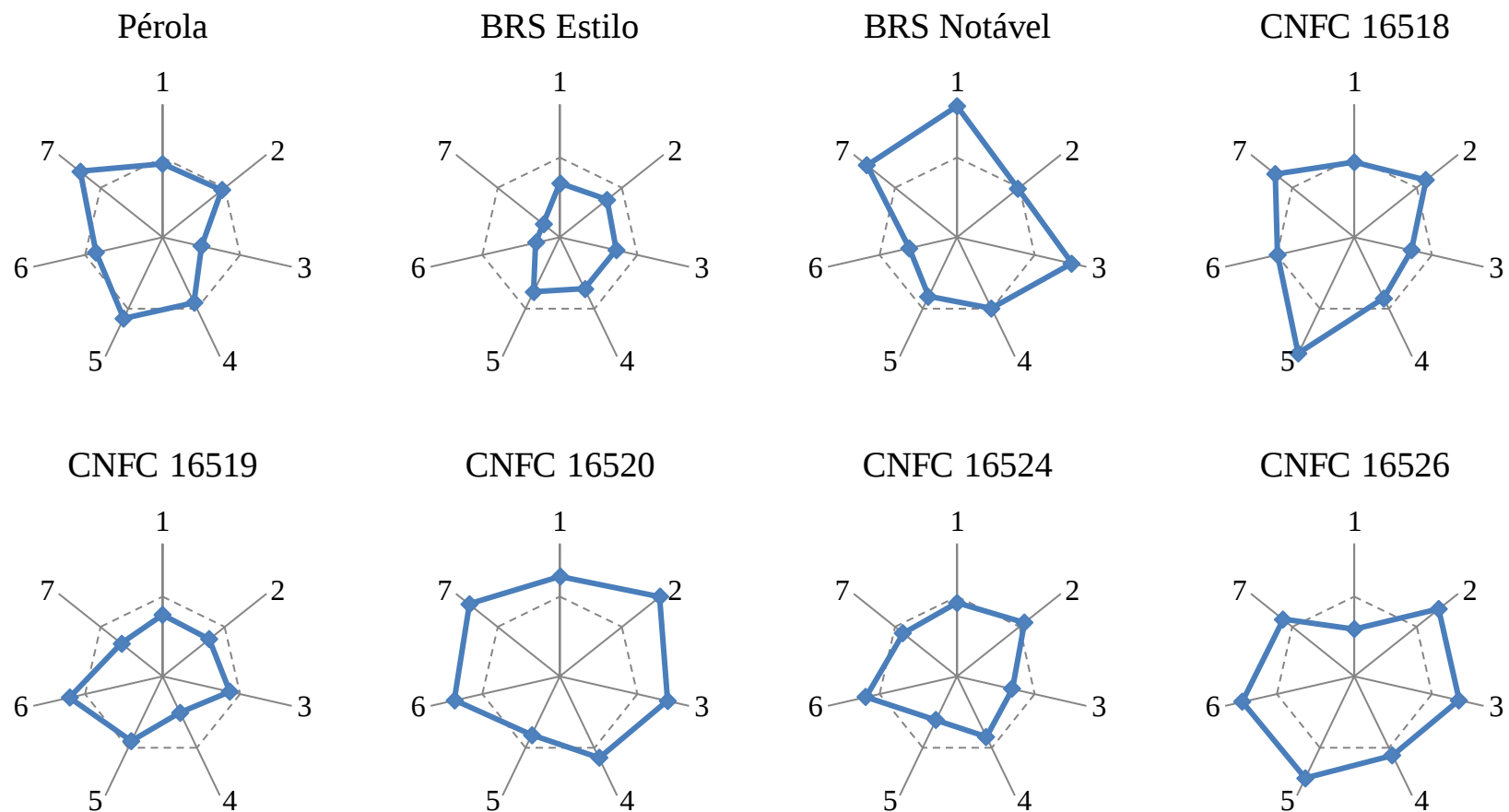


CNFC 16661



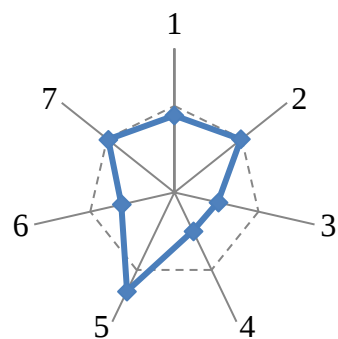
CNFC 16665



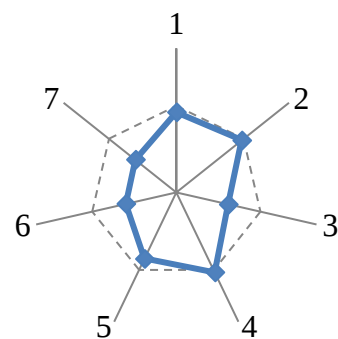


Apêndice V. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para produtividade de grãos (PG), avaliados em 7 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 7 ambientes avaliados.

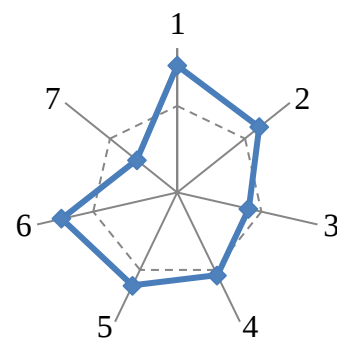
CNFC 16533



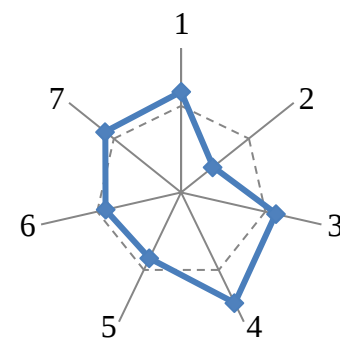
CNFC 16536



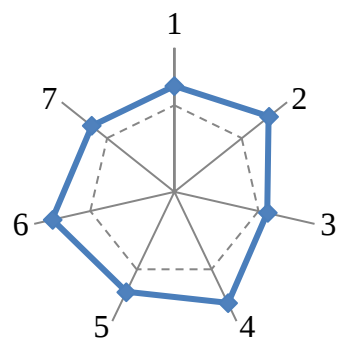
CNFC 16602



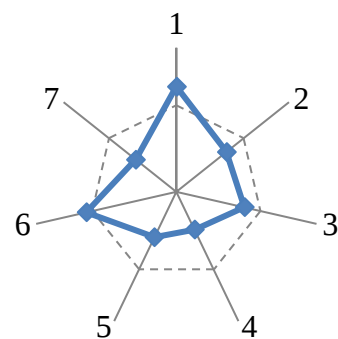
CNFC 16606



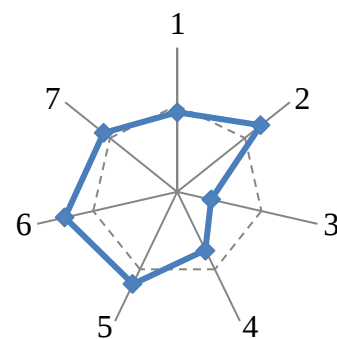
CNFC 16608



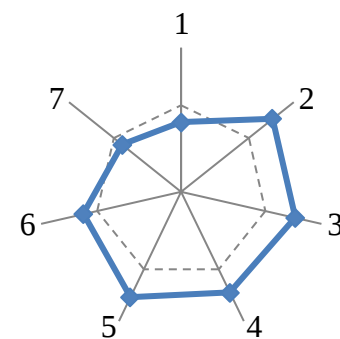
CNFC 16613



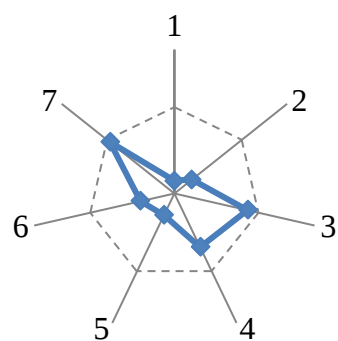
CNFC 16615



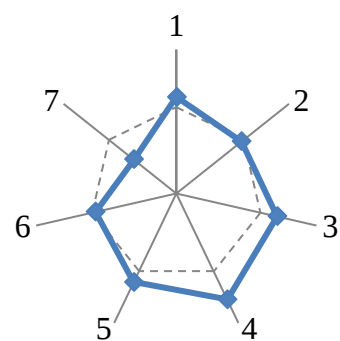
CNFC 16627



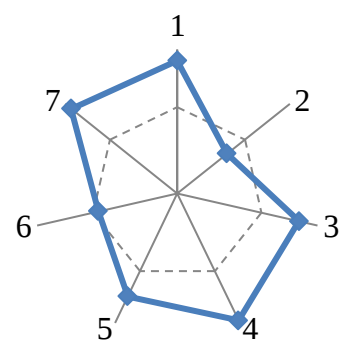
CNFC 16628



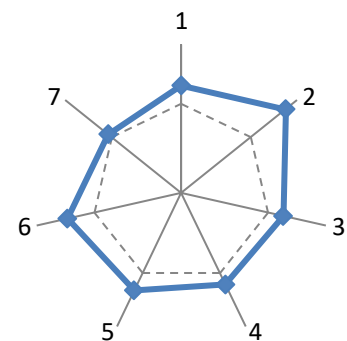
CNFC 16630



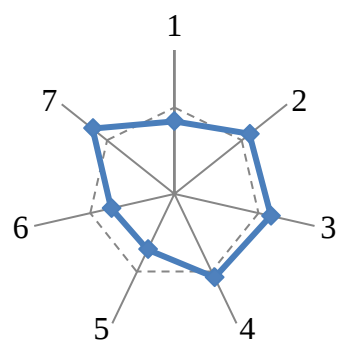
CNFC 16633



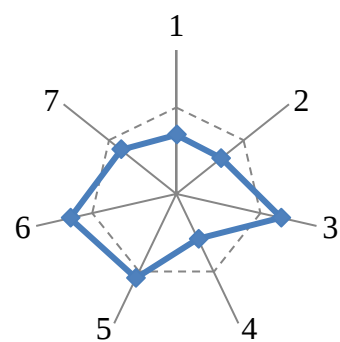
CNFC 16635



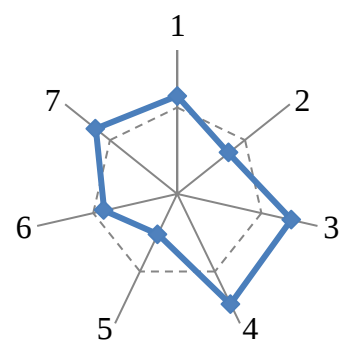
CNFC 16645

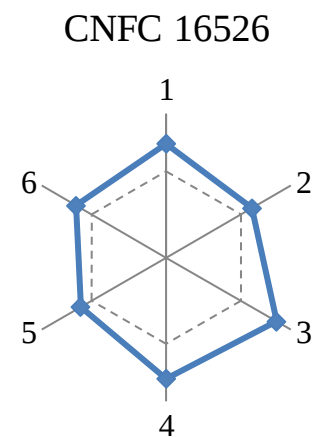
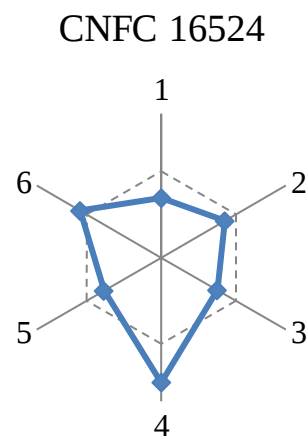
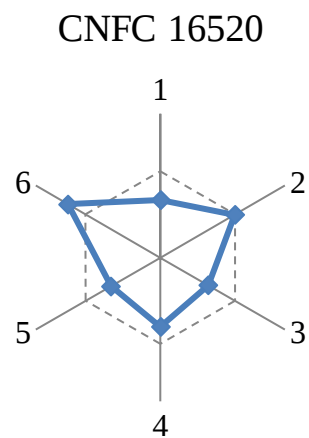
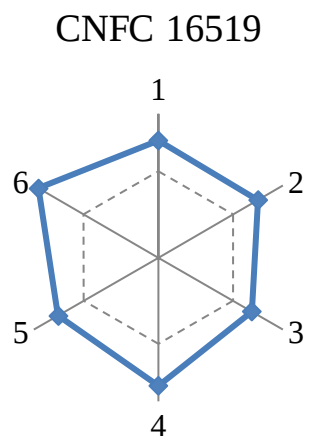
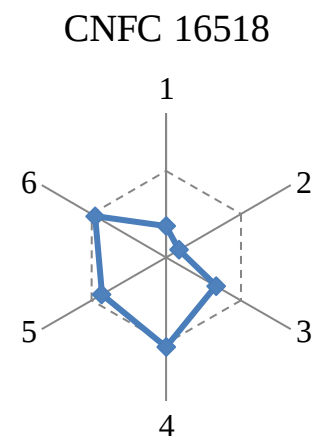
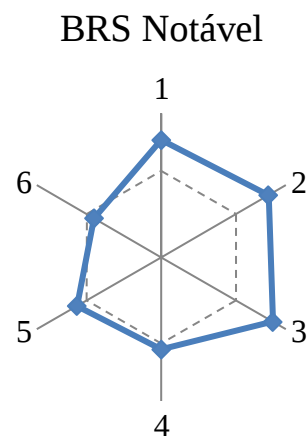
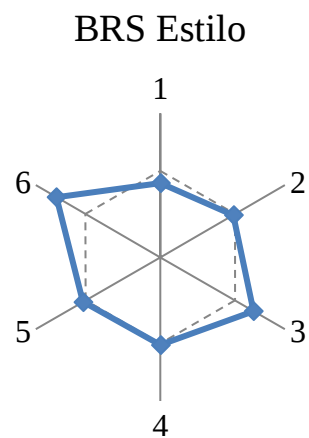
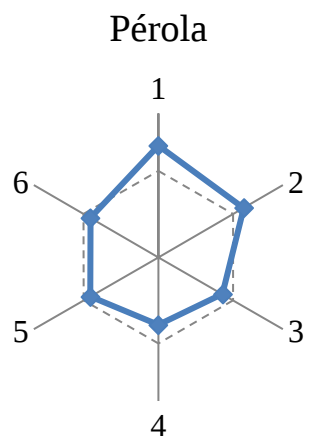


CNFC 16661



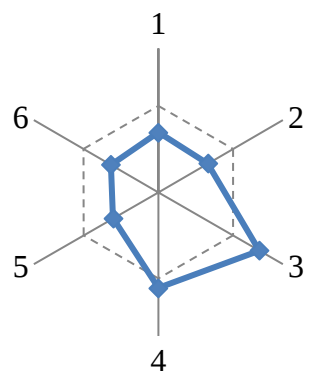
CNFC 16665



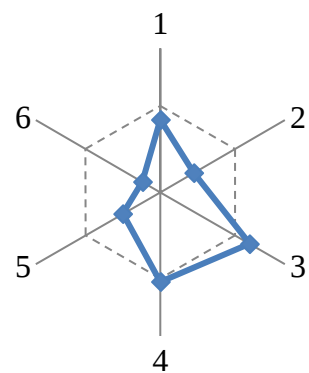


Apêndice X. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para rendimento de peneira (RP), avaliados em 6 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 6 ambientes avaliados.

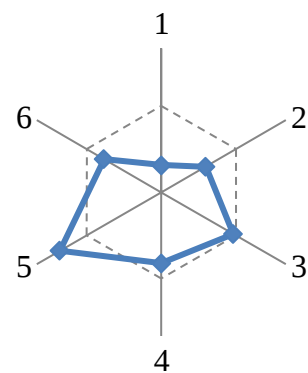
CNFC 16533



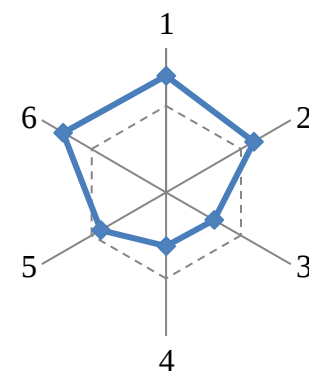
CNFC 16536



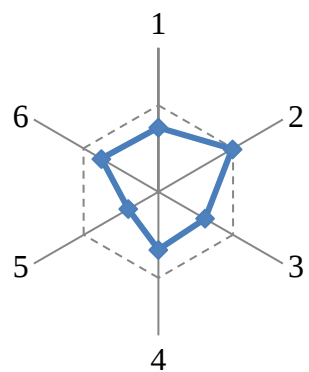
CNFC 16602



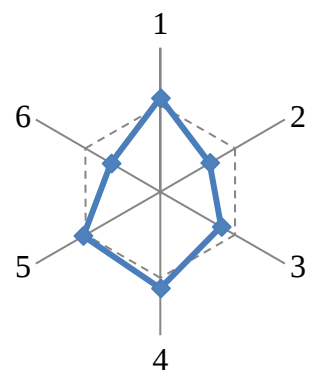
CNFC 16606



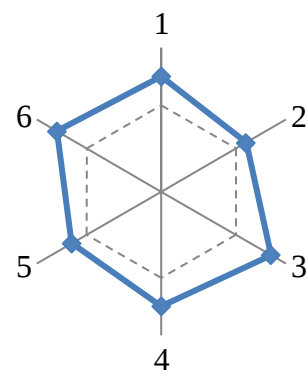
CNFC 16608



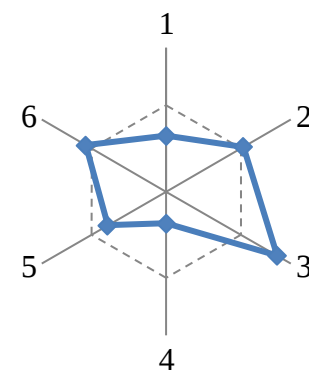
CNFC 16613



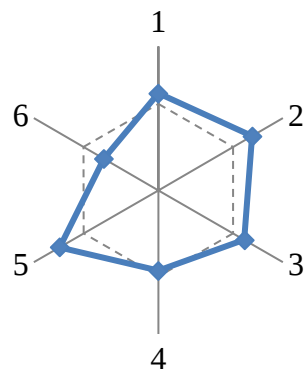
CNFC 16615



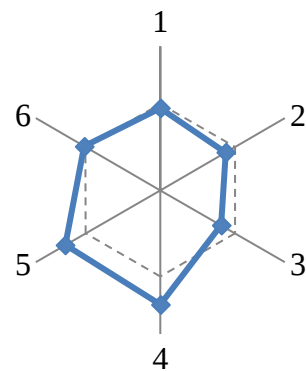
CNFC 16627



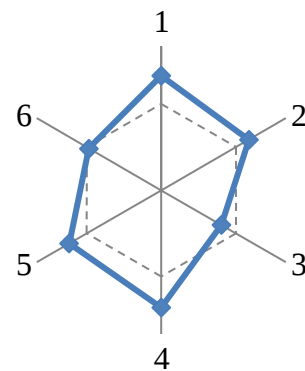
CNFC 16628



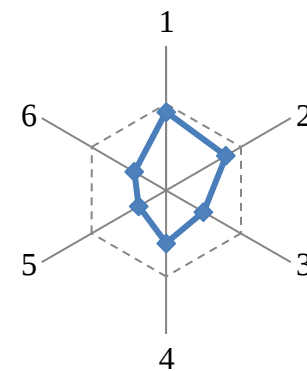
CNFC 16630



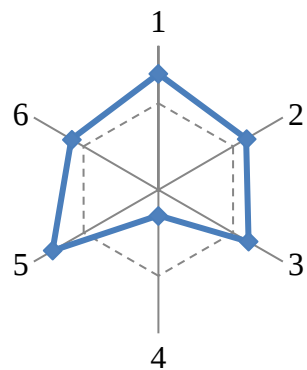
CNFC 16633



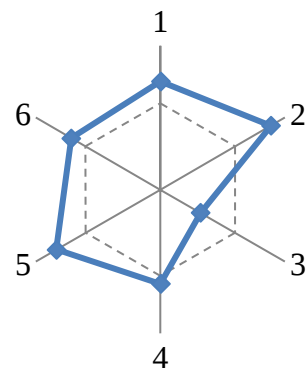
CNFC 16635



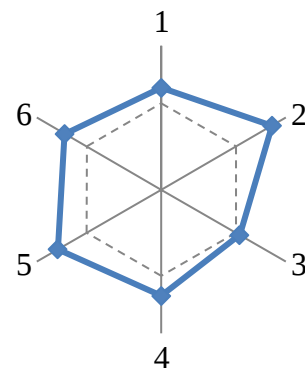
CNFC 16645

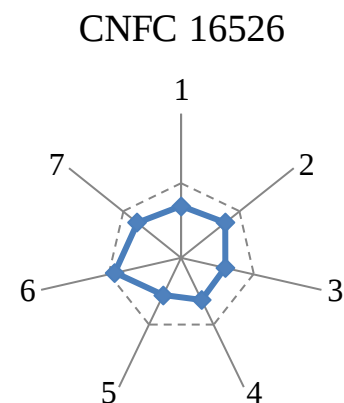
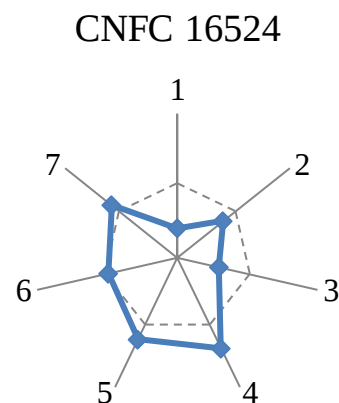
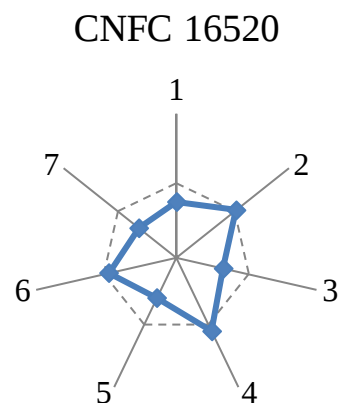
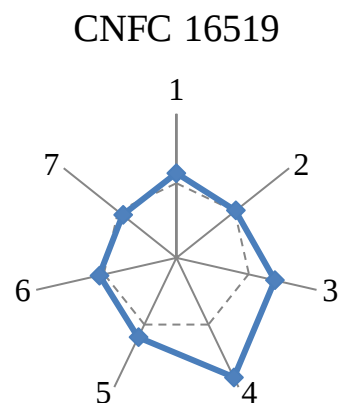
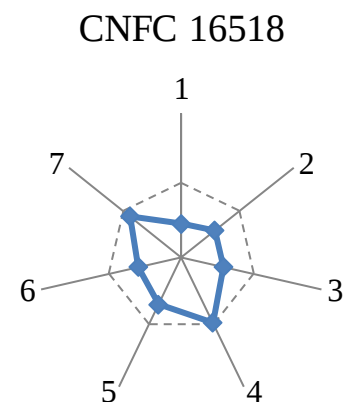
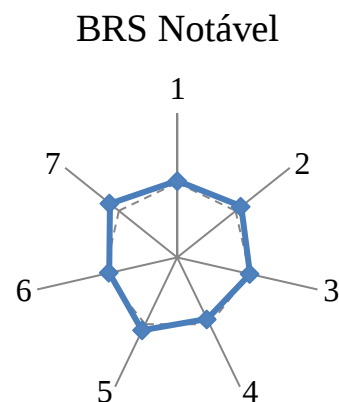
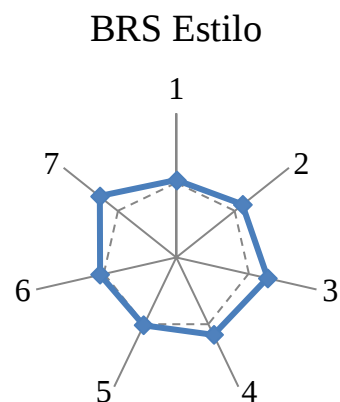
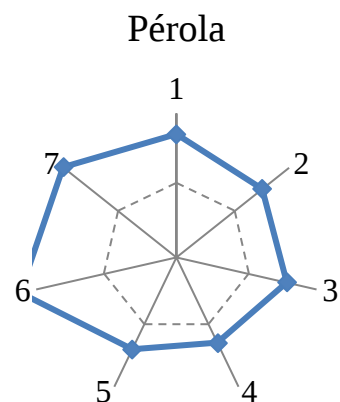


CNFC 16661



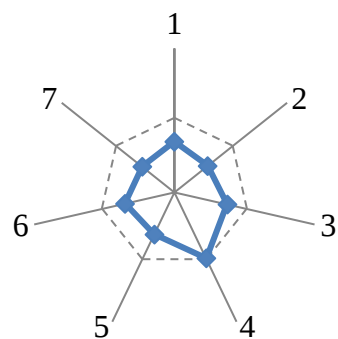
CNFC 16665



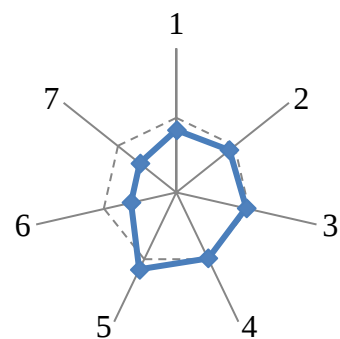


Apêndice W. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para massa de cem grãos (M100), avaliados em 7 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 7 ambientes avaliados.

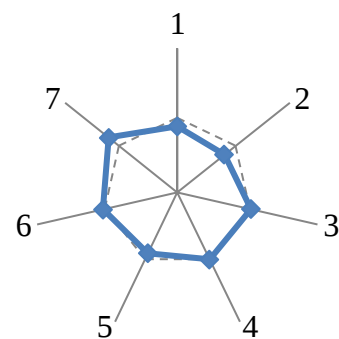
CNFC 16533



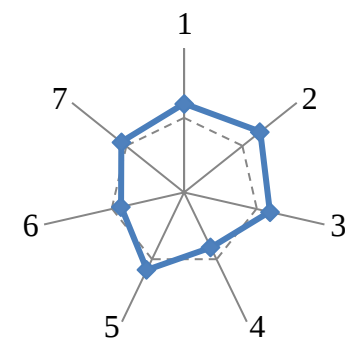
CNFC 16536



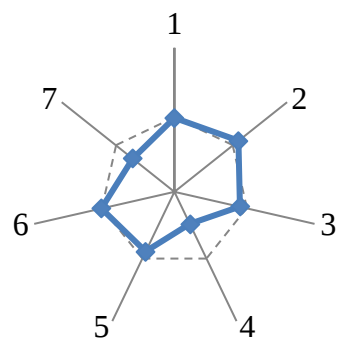
CNFC 16602



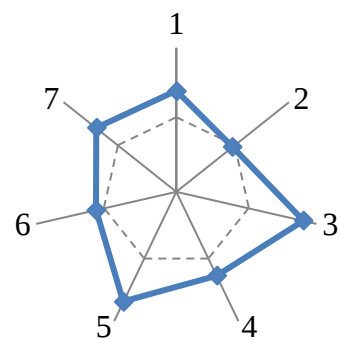
CNFC 16606



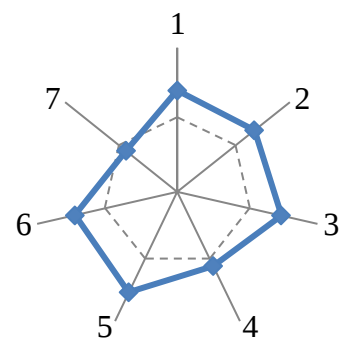
CNFC 16608



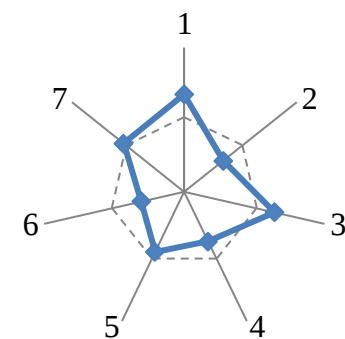
CNFC 16613



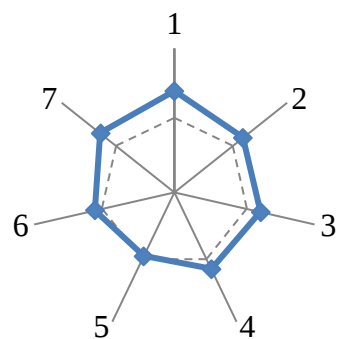
CNFC 16615



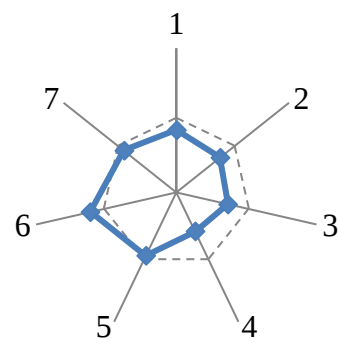
CNFC 16627



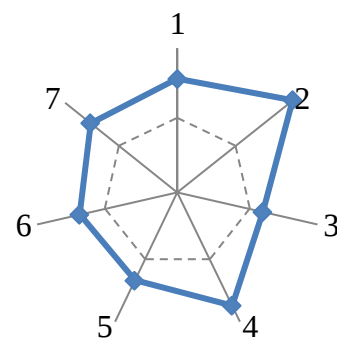
CNFC 16628



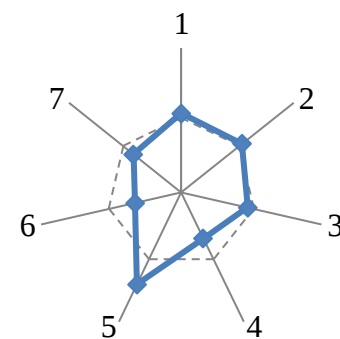
CNFC 16630



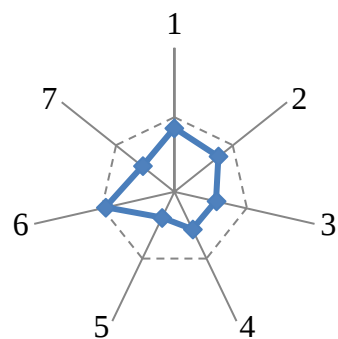
CNFC 16633



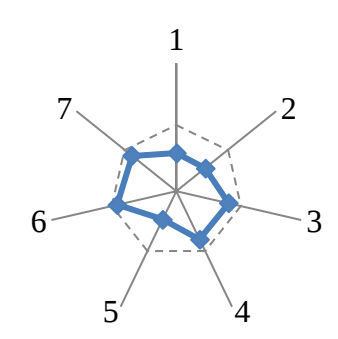
CNFC 16635



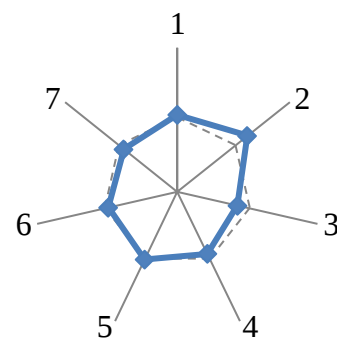
CNFC 16645

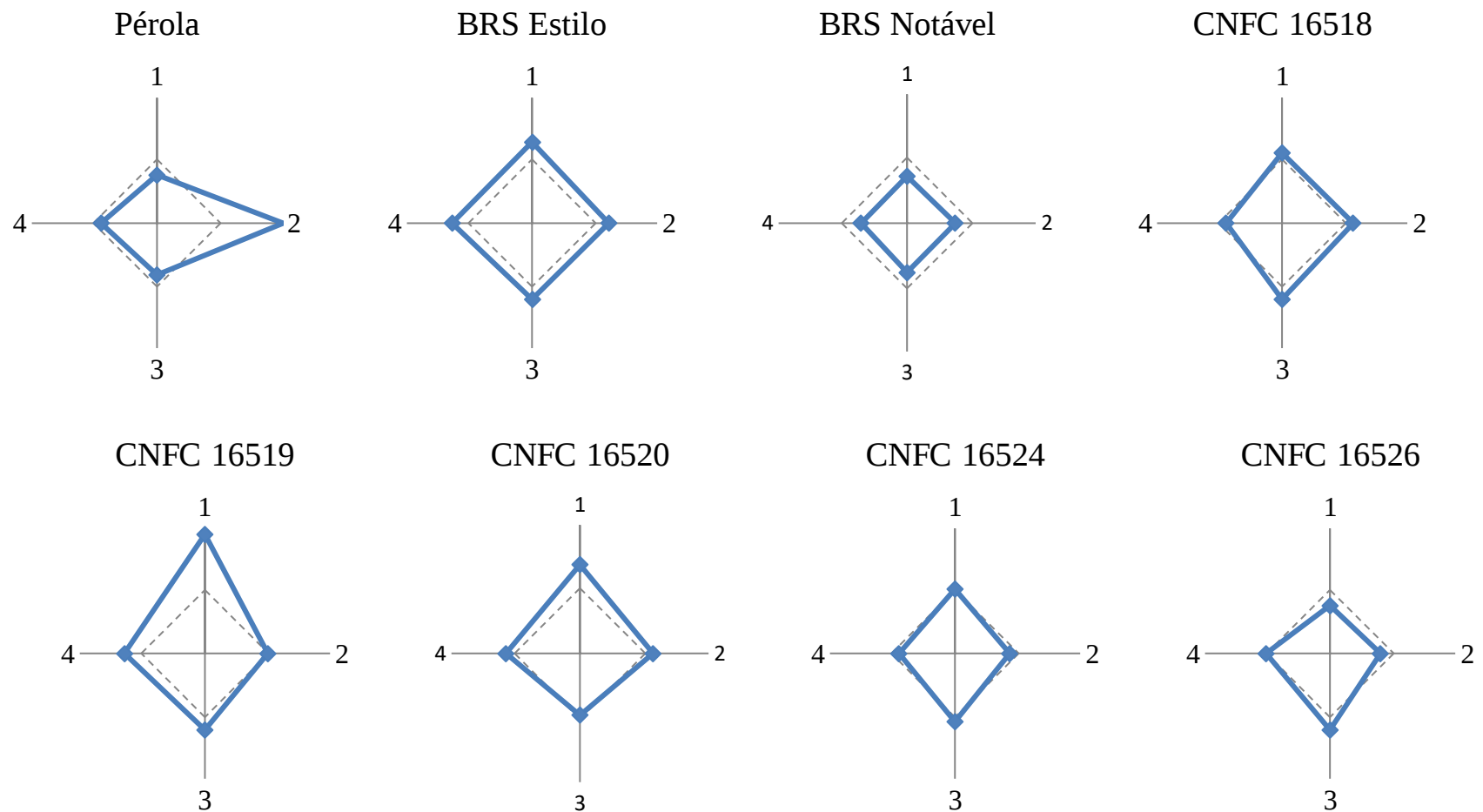


CNFC 16661



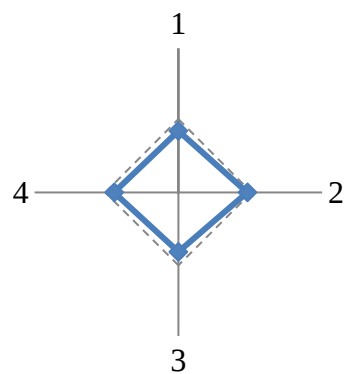
CNFC 16665



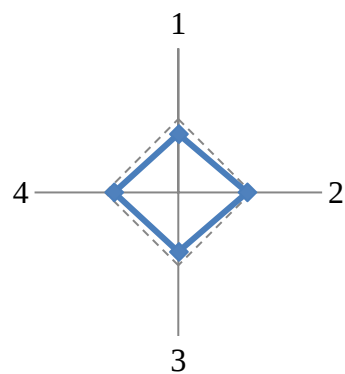


Apêndice Y. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para cor de grãos na colheita (CGC), avaliados em 4 ambientes nos Ensaio de Validação. O contorno tracejado corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 4 ambientes avaliados. Os valores foram invertidos.

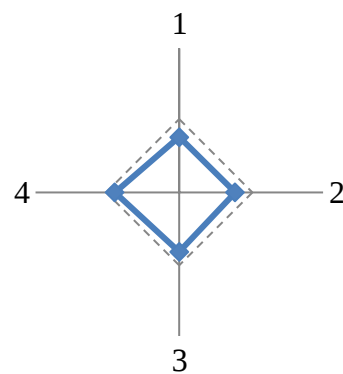
CNFC 16533



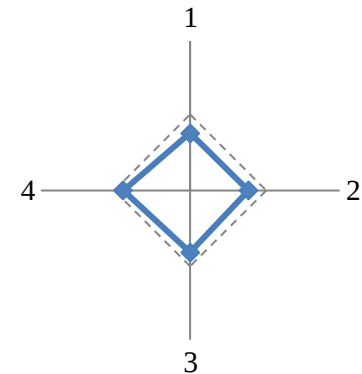
CNFC 16536



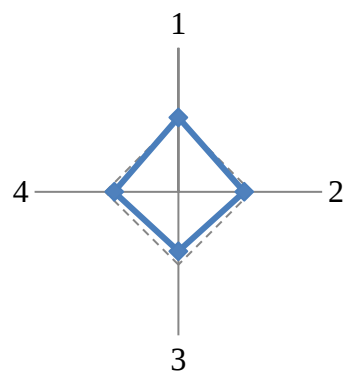
CNFC 16602



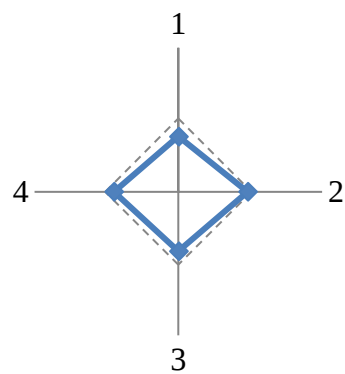
CNFC 16606



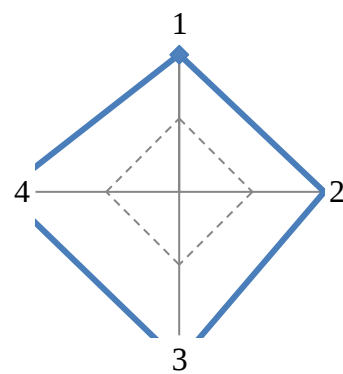
CNFC 16608



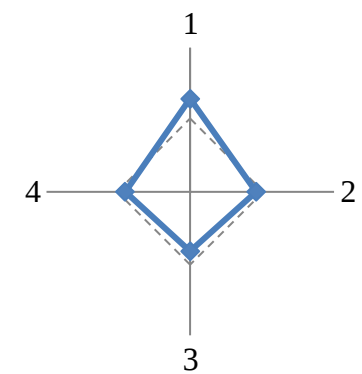
CNFC 16613



CNFC 16615

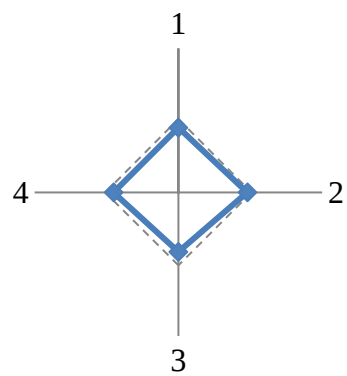


CNFC 16627

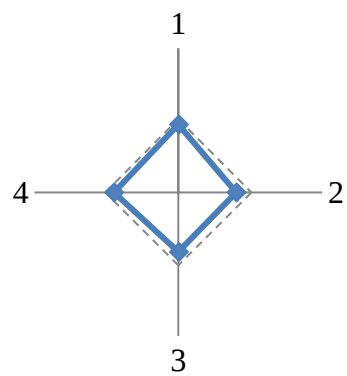


Apêndice Y.(Continuação)

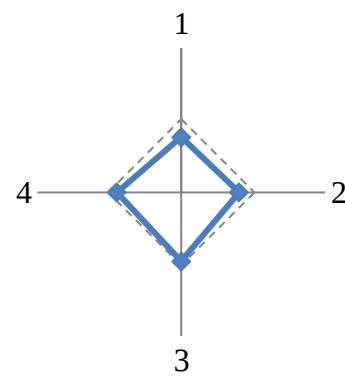
CNFC 16628



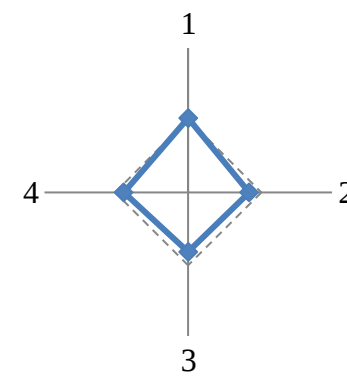
CNFC 16630



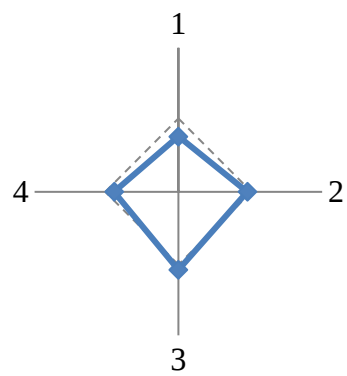
CNFC 16633



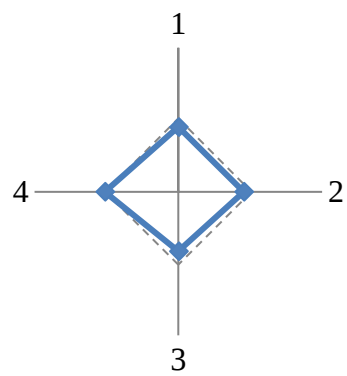
CNFC 16635



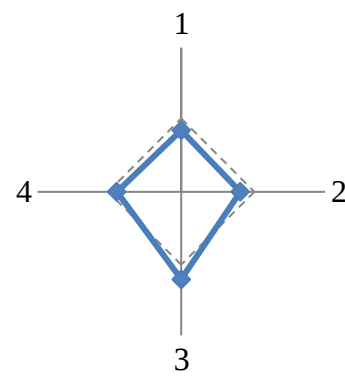
CNFC 16645

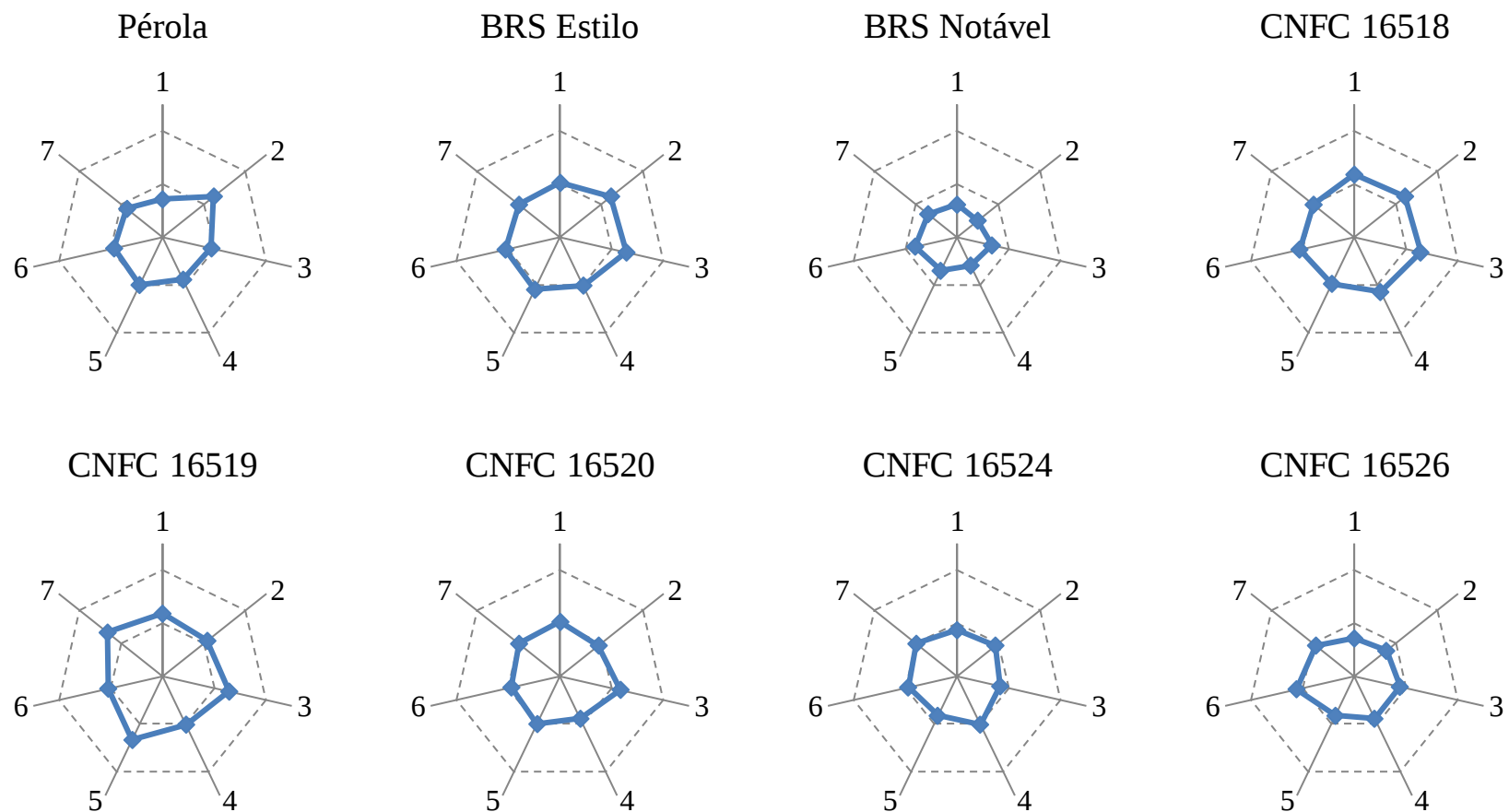


CNFC 16661



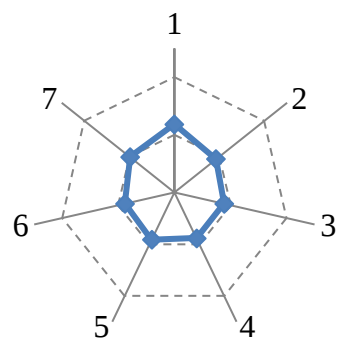
CNFC 16665



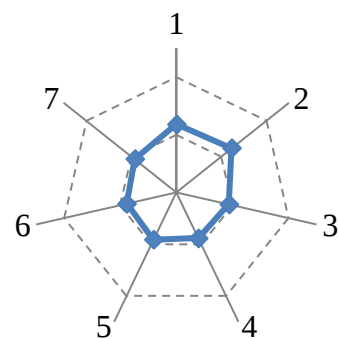


Apêndice Z. Representação gráfica do desempenho de 23 genótipos de feijoeiro-comum do grupo carioca para cor de grãos após armazenamento (CGA), avaliados em 7 ambientes nos Ensaios de Validação. O contorno tracejado no centro corresponde à média geral dos ambientes; cada eixo representa 1 dos 7 ambientes avaliados. Os valores foram invertidos.

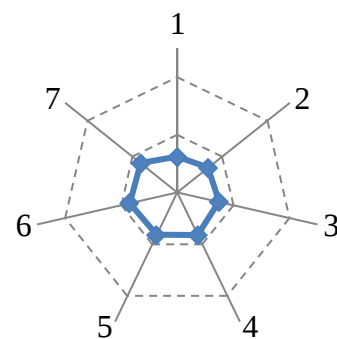
CNFC 16533



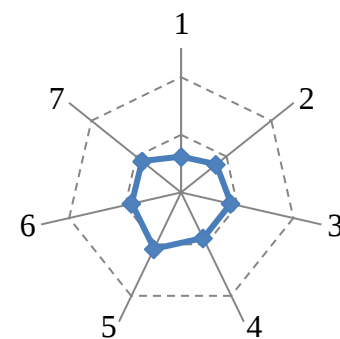
CNFC 16536



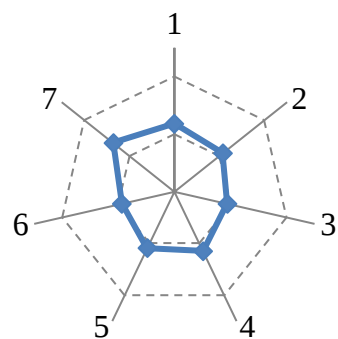
CNFC 16602



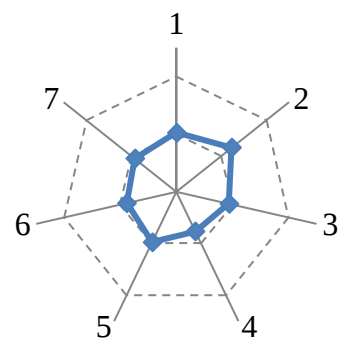
CNFC 16606



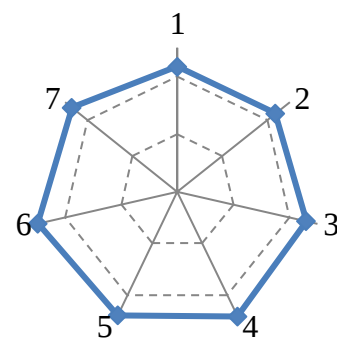
CNFC 16608



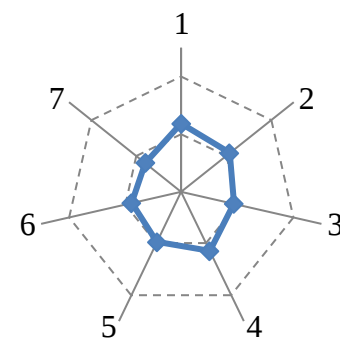
CNFC 16613



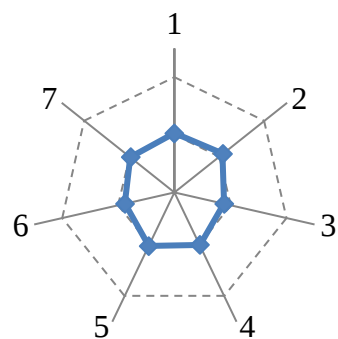
CNFC 16615



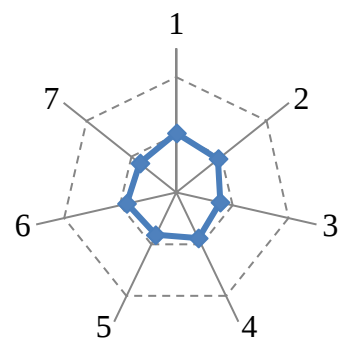
CNFC 16627



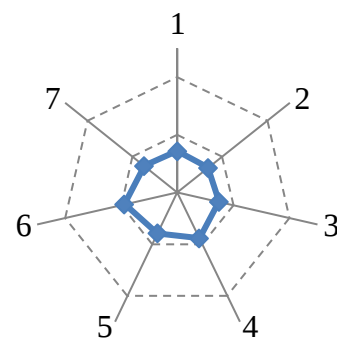
CNFC 16628



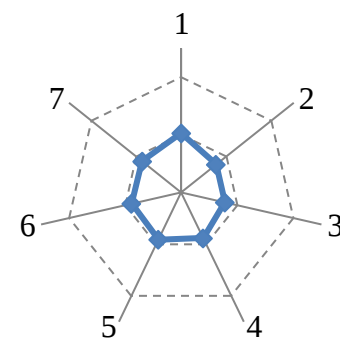
CNFC 16630



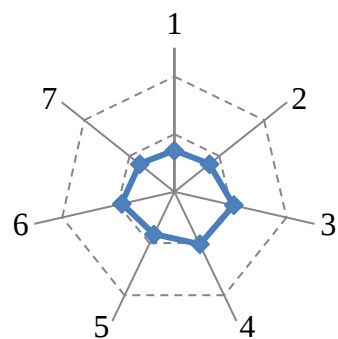
CNFC 16633



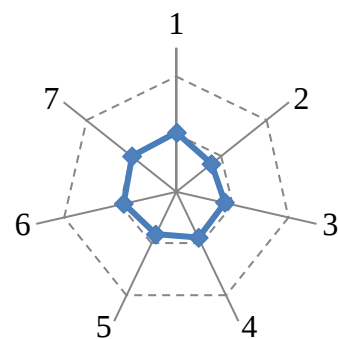
CNFC 16635



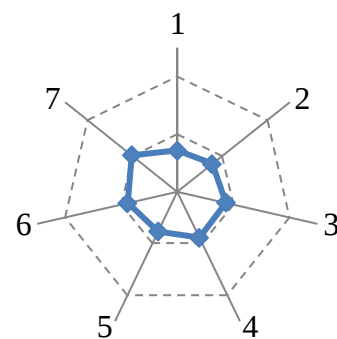
CNFC 16645



CNFC 16661



CNFC 16665



Apêndice Z.(Continuação)

