



**BRENA KELLY DA SILVA ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES S<sub>0:1</sub> DE MILHO VISANDO  
GRÃOS DE TEXTURA FARINÁCEA E PRODUTIVIDADE**

**LAVRAS – MG**

**2018**

**BRENA KELLY DA SILVA ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES S<sub>0:1</sub> DE MILHO VISANDO GRÃOS DE TEXTURA  
FARINÁCEA E PRODUTIVIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. João Cândido de Souza  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Almeida, Brena Kelly da Silva.

Avaliação de progênies S<sub>0:1</sub> de milho visando grãos de textura  
farinácea e produtividade / Brena Kelly da Silva Almeida. - 2018.  
48 p. : il.

Orientador(a): João Cândido de Souza.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras,  
2018.

Bibliografia.

1. Endosperma. 2. Vitreosidade. 3. Seleção simultânea. 4.  
Alimentação animal I. Souza, João Cândido de. Título.

**BRENA KELLY DA SILVA ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES S<sub>0:1</sub> DE MILHO VISANDO GRÃOS DE TEXTURA  
FARINÁCEA E PRODUTIVIDADE  
EVALUATION OF MAIZE S<sub>0:1</sub> PROGENIES FOR FARINACEOUS GRAIN  
AND YIELD**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 09 de agosto de 2018.

Dr. João Cândido de Souza

UFLA

Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira

EPAMIG

Dr. Fernando Lisboa Guedes

EMBRAPA

Orientador

Prof. Dr. João Cândido de Souza

**LAVRAS-MG**

**2018**

*Aos meus pais José Rodrigues e Glaucineide (in memoriam) e aos meus avós Edgar e Geralda pelo amor, apoio, dedicação e incentivo para eu não desistir frente aos obstáculos e especialmente dedico à minha Mãe que mesmo não estando fisicamente presente, estará sempre em meu coração.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por sempre guiar meus passos, pela fé, paciência e esperança que foram primordiais para eu superar as dificuldades, acreditar em meus ideais e ter chance de atingir mais um objetivo em minha vida. Obrigada Deus por tudo.

Aos meus pais, José Rodrigues e Glaucineide (in memoriam), meus avos Edgar e Geralda, aos meus irmãos Milena e De Assis. Pelo amor, incentivo, ajuda, confiança e por entenderem que estou distante fisicamente, mas que meu amor por vocês é maior do que qualquer distância, vocês são essenciais em minha vida.

Aos meus amigos do GEN muito obrigada pela convivência, amizade e pelas ajudas que foram tão importantes em diversos momentos durante meu mestrado.

A minha turma do mestrado Flaviane, Getulio, Maiara, Tali, Mari e Grampola, além de companheiros de estudo, foram conselheiros e grandes amigos.

Aos irmãos Guedes, Fernando e Marcio pela confiança, ajuda e incentivo nos estudos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de mestrado. À FAPEMIG e ao CNPq

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Biologia, pela oportunidade.

Aos professores da UFLA pelos ensinamentos e convívio, em especial ao professor Magno Antonio Patto Ramalho pelas conversas tão enriquecedoras, pela ajuda e por todos os conselhos.

Ao meu orientador João Cândido, pela confiança em me receber e orientar.

A equipe do milho por toda ajuda na condução dos experimentos e pela amizade.

Aos funcionários do DBI/UFLA, por disposição, pela boa convivência e por sempre serem tão solícitos para nos ajudar.

## RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é o principal cereal utilizado como concentrado energético para a alimentação animal. Entretanto, os híbridos de milho cultivados no Brasil são predominantemente de endosperma duro (“*Flint*” ou vítreo), de baixa digestibilidade do amido. Dessa forma, é importante a realização de programas de melhoramento que visem, produtividade e diminuam a proporção de endosperma vítreo dos grãos. Diante disso, objetivou-se neste trabalho estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos associados as progênes  $S_{0:1}$  oriundas de germoplasma temperado; estimar os ganhos com a seleção, alcançados para os caracteres relacionados a vitreosidade e produtividade de grãos, selecionados a partir do uso de índice de seleção para múltiplos caracteres e selecionar as progênes que apresentam menor vitreosidade e alta produtividade de grãos. Os experimentos foram conduzidos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da UFPA, no município de Lavras. No ano agrícola 2016/2017 as progênes  $S_{0:1}$  foram avaliadas em látice quadrado triplo 17x17 (287 progênes + testemunhas BM 3061 e 20A78). Para avaliação das progênes  $S_{0:1}$  na safra 2017/2018, adotou-se um látice triplo 8x8 (64 tratamentos + testemunhas BM 3061 e 3066). Foram avaliados nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 os caracteres vitreosidade (VITLUZ) e os componentes de produção: peso de espiga (PE), peso de grãos (PG), comprimento de espiga, quantidade total de grãos por fileira (obtidas a partir do número de fileiras de grãos (NFG) x número de grãos por fileira (NGF)), no ano 2016/2017 foram avaliadas o escore de idetação e peso de espigas despalhadas e no ano 2017/2018 a densidade de grãos (DENS). Os dados foram analisados usando a abordagem de modelos mistos. Foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos, correlações genotípicas, resposta correlacionada, ganho esperado com a seleção. Foram obtidos gráficos de distribuição de frequência das médias ajustadas e a representação gráfica do desempenho das seis melhores e piores progênes considerando o índice Z. As estimativas dos componentes de variância comprovam a existência de variabilidade entre as progênes possibilitando a seleção de genótipos superiores. A utilização do índice seleção com base nos caracteres VITLUZ, DENS, PE e PG, forneceu ganhos expressivos e com distribuição proporcional para todos os caracteres de interesse. As progênes 260, 212, 232, 200, 230 e 61 foram as que apresentaram melhores estimativas de ganhos para todos os caracteres referentes a vitreosidade e produtividade de grãos e são promissoras para a continuidade do programa de melhoramento.

**Palavras-chave:** Alimentação animal. Endosperma. Vitreosidade. Seleção simultânea.

## ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important crop used as energy concentrate for animal nutrition. In Brazil, most maize hybrids have hard endosperm (flint or vitreous) with low starch digestibility. Therefore, it is important to carry out breeding programs with focus on high yield and decreasing the proportion of vitreous endosperm of grains. The objective of this study was to estimate genetic and phenotypic parameters associated with  $S_{0:1}$  progenies derived from temperate germplasm, estimate selection gain achieved for characteristics related to vitreousness and yield using a selection index for multiple characters and select progenies with lower vitreousness and high yield. The experiments were conducted at Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico of the Universidade Federal de Lavras (UFLA), in Lavras, Minas Gerais. In 2016/2017 crop season the  $S_{0:1}$  progenies were evaluated in a 17x17 triple square lattice design (287 progenies + BM 3061 and 20A78 controls) and in the 2017/2018 a 8x8 triple lattice (64 progenies + BM 3061 and 3066 controls) was adopted. The characteristics evaluated were vitreousness and yield components: ear weight, grain weight, length of total grains per row (obtained from the number of rows of grains (NFG) x number of grains per row (NGF)). In 2016/2017 season, the indentation score and weight of dehusked ears were evaluated, and the grain density was evaluated in 2017/2018. Genetic and phenotypic parameters, genotype correlations, correlated response, expected gain with the selection made by the index were estimated. The frequency distribution graphs of the adjusted means and the graphical representation of the performance of the six best and worst progenies were obtained considering the Z index. Variance components proved the existence of variability among the progenies, suggesting that it is possible to select superior genotypes. The selection index based on the characters VITLUZ, DENS, PE and PG, provided expressive gains and proportional distribution for all the characters. Progenies 260, 212, 232, 200, 230 and 6 presented better estimates of gains for all the characters referring to vitreousness and grain yield and are promising for the continuity of the breeding program.

**Key words:** Animal nutrition; endosperm; vitreousness; simultaneous selection.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1	A cultura do milho e sua importância .....	10
2.2	Melhoramento de milho para alimentação animal .....	11
2.3	Textura do grão e digestibilidade do amido .....	13
2.4	Classificação dos grãos de milho .....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1	Obtenção do material experimental .....	16
3.2	Local e Condução dos experimentos.....	16
3.3	Avaliação do experimento na safra 2016/2017 .....	17
3.4	Avaliação do experimento na safra 2017/2018.....	20
3.5	Análise dos dados.....	20
3.6	Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos.....	22
3.7	Seleção simultânea dos caracteres .....	23
4	RESULTADOS .....	25
5	DISCUSSÃO .....	37
6	CONCLUSÃO .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de carne e leite no Brasil, representa uma importante fonte para a economia do país. Nos sistemas de produção, o milho é o principal cereal utilizado como concentrado energético para a alimentação animal. Os produtores, em sua maioria, utilizam híbridos e variedades de milho disponíveis no mercado para a alimentação animal, seja para grãos ou para silagem. Contudo, os híbridos de milho cultivados no Brasil são predominantemente de endosperma duro (também conhecido como “*Flint*” ou vítreo), rico em matriz proteica e, portanto, de baixa digestibilidade do amido. Dessa forma, apresentam correlação negativa entre vitreosidade do endosperma e a degradabilidade do amido (CORREA et al., 2002; PEREIRA et al., 2004; NGONYAMO-MAJEE et al., 2008).

Existem algumas estratégias que podem melhorar a degradabilidade ruminal do amido do milho com alta vitreosidade. Algumas das técnicas utilizadas são a ensilagem de grão úmido, a reidratação e ensilagem dos grãos de milho seco e métodos de processamento do grão que incluem tratamentos físicos, físico-químicos ou o uso de enzimas (como proteases, amilases e fibrolíticas) (ANDRADE FILHO et al., 2010; DAVIDE et al., 2011; BITENCOURT, 2012; COSTA et al., 2014; FERRARETTO et al., 2014; KUNG; WINDLE; WALKER, 2014). Outra importante estratégia, é a realização de programas de melhoramento genético, visando a obtenção de híbridos com endosperma de baixa vitreosidade (farináceo) e, conseqüentemente, com boa digestibilidade ruminal.

Assim, faz-se necessário a seleção de genótipos de milho com baixa vitreosidade e alta produtividade de grãos para o início de um programa de melhoramento visando a obtenção de híbridos para atender a demanda do mercado de produção animal. Dessa forma, uma alternativa para reduzir a vitreosidade dos grãos de milho é por meio da utilização de germoplasma de outros países, ou seja, realizar a introgressão de genótipos de milho que apresentem bons atributos para o tipo de endosperma, e realizar cruzamentos desses genótipos com cultivares brasileiras com intuito de obter um material com menor proporção de endosperma vítreo.

Com relação a obtenção de ganhos simultâneos para os caracteres produtividade e vitreosidade dos grãos, que são características que apresentam baixa correlação, uma alternativa é a utilização de um índice de seleção. Diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos associados às progênies  $S_{0:1}$  oriundas de germoplasma temperado; selecionar as que apresentam menor vitreosidade e alta produtividade de grãos; e estimar os ganhos com a seleção, alcançados para os caracteres relacionados a vitreosidade e produtividade de grãos selecionados a partir do uso de índice seleção para múltiplos caracteres.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do milho e sua importância

O milho (*Zea mays*), é o cereal mais produzido e consumido no mundo com produção de 1.036,7 bilhão de toneladas na safra 2017/2018 e previsão de 1.056,1 bilhão de toneladas para a safra 2018/2019 (USDA, 2018). O Brasil é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial de milho com produção de 88.006,7 milhões de toneladas plantados em 16.425,6 milhões de hectares na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Os principais estados produtores são Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Santa Catarina, os quais juntos respondem por 90% da produção nacional (CONAB, 2018).

A forma de utilização deste cereal varia entre os países, em função da renda populacional, de aspectos culturais e das possibilidades de sua produção agrícola. Pode ser utilizado desde alimentação humana e animal a diversas finalidades industriais. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias do Milho os principais segmentos de utilização desse cereal são: avicultura (43,8%), suinocultura (25,1%), exportação (13%), indústria (9,2%), pecuária (4,6%), outros animais (2,1%) e consumo humano (1,4%). Embora o percentual destinado a alimentação humana não seja tão grande em relação à sua produção, é um cereal de grande importância social, pois grande parte dos produtores brasileiros não são altamente tecnificados, não possuem grandes extensões de terras e dependem da produção para sobreviver (CRUZ et al., 2011).

No que concerne ao uso de grãos de milho destinado a alimentação animal, esse representa a maior parte do consumo o que corresponde cerca 75% do total produzido no mundo, podendo este percentual chegar a 85% em países desenvolvido. Nesse segmento a atividade de produção de milho tem diferentes destinos, que podem ser a industrialização do grão de milho para obtenção da ração, a utilização do grão de milho em mistura com concentrados proteicos para alimentação de monogástricos, produção de silagens da planta inteira ou de grãos úmidos de milho para alimentação de vacas em lactação e para a engorda de bovinos em confinamento no período de inverno (CHAVES, 2009). E também nos últimos anos, vem sendo difundido pelo país, a utilização de dietas com base no milho inteiro, essas consistem em dietas ricas em concentrados e com pouca quantidade de volumoso, que devem ser destinadas principalmente a animais mais velhos e em acabamento (PAULO; RIGO, 2012).

O milho é considerado uma espécie de referência, pois é uma das principais fontes de energia e oferece vantagens em decorrência da alta produtividade de grãos e de matéria seca, bom valor nutritivo, boa digestibilidade e aceitação pelos animais e também é uma das melhores plantas para ensilar, pois no momento propício ao corte, possui quantidade suficiente de carboidratos solúveis essenciais para acelerar a fermentação láctica, adaptação às condições tropicais e valor nutricional superior às demais silagens (LEMPP; MORAIS; SOUZA, 2000).

A silagem de milho possui papel importante no desenvolvimento da pecuária no Brasil, e o uso de silagens de boa qualidade é um dos principais responsáveis pelos frequentes ganhos em produtividade de carne e leite, resultando em maior lucratividade do sistema (NEUMANN et al., 2009). Para obter sucesso na produção desse alimento, é muito importante realizar o processo de ensilagem de forma correta, tendo todos os cuidados com os manejos realizados antes, durante e após o processo de conservação, mas primeiramente, é essencial investir em programas de melhoramento genético, com intuito de selecionar híbridos que agreguem fenótipos desejáveis para o uso na alimentação animal. Entre essas características, os aspectos físicos dos grãos podem auxiliar na escolha do híbrido, visando melhorar o aproveitamento desse alimento pelo animal. Contudo, ainda são poucos os programas de melhoramento que avaliam essas características.

## **2.2 Melhoramento de milho para alimentação animal**

O milho pertence à família *Gramineae/Poaceae* (HALLAUER, 2012), é originário da Mesoamérica (SCHRECK, 2015) e o processo de domesticação desta gramínea teve início há mais de 10.000 anos na região centro-sul do México (BUCKLER, 2005). Apresenta 95% de polinização cruzada, sendo este sistema de acasalamento aleatório favorecido pela dispersão do pólen por intermédio, principalmente, das correntes de ar. É uma das espécies cultivadas com maior diversidade genética, tanto em produtividade como em qualidade nutricional e de grande importância na alimentação de ruminantes (MELLO, 2004).

Tradicionalmente a cultura do milho é em seu maior percentual destinada à produção de grãos. Dessa forma, grande parte das pesquisas em melhoramento têm como fundamento a busca por plantas com maior produtividade de grãos por hectare, sem considerar quais os tipos de grãos eram selecionados. Os dois tipos principais de grãos classificados quanto a textura, quantidade de endosperma vítreo proporcional ao endosperma farináceo, podem ser divididos em farináceo (dentado ou semidentado) que são constituídos por amido mole, de baixa densidade e mais digestíveis e o grão do tipo duro (Flint ou semiduro) que possuem endosperma

duro ou vítreo ocupando grande proporção do volume, apresentam alta vitreosidade, densidade e menor digestibilidade do amido no rúmen (EMBRAPA, 2006).

Em experimento realizado com vacas holandesas, Correa et al. (2002) verificaram que com o avanço da maturidade em híbridos de milho, a vitreosidade e a densidade de grãos aumentaram, e como consequência, ocorreu uma diminuição na disponibilidade de amido ruminal. Sendo essa diminuição maior para híbridos com maior proporção de endosperma vítreo, quando comparado aos farináceos. Resultados semelhantes foram observados por Zilic et al. (2011) e Piovesan, Oliveira e Gewehr (2011) os quais avaliaram o valor nutricional de diferentes tipos de milho e verificaram que híbridos de grãos duros apresentam maior proporção de endosperma vítreo e correlação negativa entre o teor de proteínas zeínas e a digestibilidade dos grãos de milho. Em experimento com suínos, Cantarelli et al. (2007) também verificaram que a digestibilidade dos milhos diferiu em função da textura dos grãos, onde os grãos mais moles foram mais digestíveis.

Conforme o exposto, verifica-se que a predominância de endosperma vítreo em milho (Flint), pode deprimir a digestão ruminal do amido reduzindo o conteúdo energético do grão, em relação ao endosperma farináceo. No Brasil, apesar do conhecimento sobre a importância de selecionar tipos de grãos semidentado ou dentado, ambos do tipo farináceo, a maioria dos híbridos comerciais produzidos é do tipo semiduro ou duro, enquanto que, na quase totalidade dos países de clima temperado predomina o tipo dentado (PAES, 2006). Em experimento realizado por Correa et al. (2002), comparando híbridos brasileiros e americanos com diferentes texturas de endospermas, constataram que as cultivares brasileiras consideradas mais dentadas, ou seja menos vítreas, apresentaram maior vitreosidade que as temperadas classificadas como menos dentadas. Esse fato, mostra a importância da realização de pesquisas que visem selecionar grãos com endosperma farináceo e que apresentam melhor digestibilidade ruminal do amido.

No Brasil, os programas de melhoramento de milho concentram esforços na seleção de genótipos que associem bom desempenho agrônômico, maior tolerância a pragas e doenças, adaptabilidade, digestibilidade da fibra e busca também, associar características desejáveis como produtividade, digestibilidade e percentual de espigas. Contudo, a textura do grão (vitreosidade) é outro fator de grande importância que também deve ser observado na escolha de híbridos utilizados para alimentação animal, uma vez que características relacionadas ao endosperma do grão do milho afetam diretamente a digestibilidade do amido, como relatado.

### 2.3 Textura do grão e digestibilidade do amido

O grão de milho, conhecido botanicamente com cariopse, é composto basicamente por quatro estruturas físicas principais, representadas pelo endosperma (82%), gérmen (11%), pericarpo ou casca (5%) e pedicelo ou ponta (2%). O endosperma é um tecido triploide ( $2n=3x$ ), composto por cerca de 88% de amido organizado na forma de grânulos (PAES, 2006) e aproximadamente 10% de proteínas, compostas principalmente por um grupo de proteínas hidrofóbicas solúveis em álcool, chamadas zeínas (CORRÊA, 2001) e baixas proporções de matéria mineral e lipídeos.

O endosperma é muito rico em amido do tipo carboidrato não fibroso de rápida degradação no rúmen, além de conter proteínas, minerais e lipídeos. A degradação ruminal do amido é influenciada por diversos fatores, podendo variar em função do genótipo e do estágio de maturidade da planta, demonstrando importância da escolha correta do híbrido para a produção de forragem.

Segundo Watson (1988) a textura do grão é determinada pela quantidade de endosperma vítreo proporcional ao endosperma farináceo. A área translúcida denominada vítrea e a parte opaca definida como farinácea, varia em proporção dependendo da cultivar (RIBAS et al., 2007; DAVIDE et al., 2011). A translucidez ou opacidade é definida de acordo com a distribuição do amido. Nos grãos vítreos (Flint) os grânulos de amido encontram-se fortemente ligados pela matriz proteica e nos grãos farináceos os grânulos estão mais dispersos, e esses fatores contribuem para a taxa de degradação dos mesmos. Dessa forma, os melhores genótipos para alimentação animal devem ser selecionados de acordo com a distribuição do amido e da matriz proteica no endosperma, que pode ser classificado em farináceo ou vítreo, (BITENCOURT, 2012) como relatado anteriormente.

Além da vitreosidade do milho (textura do grão) estar associada à digestibilidade do milho ela também está ligada às estruturas físicas do grão. Dentre os modos de determiná-la está a dissecação manual dos grãos (DOMBRINK-KURTZMAN; BIETZ, 1993) na qual calcula-se a proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total. Entretanto, é um processo trabalhoso, demorado e destrutivo. Alguns exemplos de formas indireta e não destrutiva são a obtenção por meio da densidade dos grãos (CORREA et al., 2002), e também pelo uso da técnica de análise de imagem dos grãos submetidos à incidência direta à luz (FELKER; PAULIS, 1993; PEREIRA, 2015).

Erasmus e Taylor (2004), correlacionaram o método de dissecação manual dos grãos com a técnica de análise de imagem rápida não-destrutiva, com utilização de um software que avalia as imagens obtidas por câmera fotográfica. Os autores constataram que a intensidade da

translucidez no milho está linearmente correlacionada com a percentagem de iluminação, ou seja, quanto maior o teor de luz, mais translúcido fica o grão, sendo ambos os métodos adequados para prever a constituição percentual do endosperma. Esse método pode ser usado para diferenciar as populações no que se refere à quantidade de endosperma vítreo, uma vez que foi observado ocorrência de diferenças expressivas entre os genótipos que foram avaliados (PEREIRA, 2015).

As empresas utilizam o método de escore de identificação visual dos grãos, devido a sua simplicidade de execução. Os grãos de extremidade superior lisa e arredondada são considerados duros, e os grãos com extremidade superior enrugada são considerados dentados. Segundo Davide et al. (2011), esse método é pouco eficiente, porque a textura é somente avaliada considerando o aspecto visual do grão, não levando em consideração que a dureza depende não apenas do pericarpo, mas principalmente da composição e da estrutura do endosperma. Não foi observado associação entre a avaliação do escore de identificação dos grãos e a degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS), esses resultados foram diferentes dos observados por Figueiredo et al. (2010), o qual verificaram correlação alta e positiva do escore de identificação com a DISMS, ou seja, os tratamentos com maior DISMS foram os que receberam maior escore de identificação, sendo classificados como tratamentos de grãos dentados. Outro método utilizado é o método de quantificação de proteínas prolaminas (zeínas). Segundo Hoffman et al. (2012), os grãos com maiores porcentagens de proteínas de prolamina demonstraram reduzir a degradação ou digestibilidade do amido.

A determinação da textura do endosperma de híbridos permite que sejam definidas práticas adequadas ao armazenamento de grãos, sendo os grãos de milho com textura dura considerados mais resistentes ao armazenamento do que os grãos de milhos de textura farinácea. Já os farináceos, são considerados melhores para alimentação animal, pois são mais digestíveis e permitem maior ação dos microrganismos ruminais em relação aos grãos de textura dura (SANTOS 2015).

#### **2.4 Classificação dos grãos de milho**

Os tipos de grãos podem ser classificados de diferentes maneiras. Segundo Watson (1987), os grãos de milho são classificados quanto à textura em: Amiláceo ou farináceo ("floury"); dentado ("dent"); duro ou cristalino ("flint"); pipoca ("pop corn"); doce ("sweet") e ceroso ("waxy"). Sendo os grãos dos tipos farináceo, dentado e duro os mais utilizados na alimentação animal. O grão do tipo farináceo é constituído por amido muito mole e poroso, de baixa densidade e geralmente com aspecto opaco. O grão dentado possui endosperma duro nos lados e farináceo no centro. A identificação é originada porque ocorre perda de umidade durante o

processo de maturação fisiológica da planta, e o endosperma farináceo (macio) reduz o seu volume mais do que as camadas duras. O grão duro, por sua vez, tem um endosperma vítreo ou cristalino ocupando quase todo seu volume e baixa proporção de endosperma farináceo (CORRÊA, 2001). Esse endosperma é relativamente resistente à entrada de água e à ação de enzimas hidrolíticas e os grânulos de amido ficam firmemente empacotados por uma matriz proteica, que influencia negativamente na digestibilidade, dificultando a hidrólise enzimática (PEREIRA et al., 2004).

Já o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, propôs uma classificação, através da Instrução Normativa (IN) nº 60 de 22/12/2011 e estabeleceu que a partir de setembro de 2013 o milho passaria a ser classificado, de acordo com a consistência e formato do grão, em quatro grupos:

- I. duro: quando apresenta o mínimo de 85% em peso de grãos com as características duro, ou seja, apresentando endosperma predominantemente córneo, exibindo aspecto vítreo; quanto ao formato considera-se duro o grão que se apresenta predominantemente ovalado e com coroa convexa e lisa;
- II. dentado: o mínimo de 85% em peso de grãos com as características de dentado, ou seja, com consistência parcial ou totalmente farináceo; quanto ao formato, considera-se os que apresentam predominantemente dentado com a coroa apresentado reentrância acentuada;
- III. semiduro: quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com consistência e formato intermediários entre duro e dentado;
- IV. misturado: quando não estiver compreendido nos grupos anteriores, especificando-se no documento de classificação as percentagens da mistura de outros grupos.

Contudo as empresas que comercializam sementes classificam os grãos em duro, semiduro, semidentado e dentado. Acrescentando aos tipos de grãos os de características intermediárias aos grãos duro e dentado. Entretanto vale salientar que independente da nomenclatura adotada na classificação dos grãos, as características utilizadas estão relacionadas à textura dos grãos, o qual refere-se ao aspecto do endosperma, e a constituição dos componentes químicos no grão basicamente pelo teor de proteína e amido (Martinez 2006).

É importante salientar que a classificação da textura do milho pelo escore de identificação da semente, prática comum na indústria de sementes de milho e pelo MAPA como foi exposto, não descreve de forma correta a dureza do endosperma, pois, a avaliação visual nem sempre reflete a dureza do grão. Grãos farináceos são dentados, mas também com topo da semente arredondado e existem milho dentado cujo endosperma é vítreo, sendo assim, a classificação da textura de acordo com a identificação considerada errônea. Por isso, utilizar o termo milho dentado (ou “Dent”), considerado como sinônimo de milho macio ou farináceo, deve ser evitado quando se avalia a textura (dureza) de grãos de milho.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção do material experimental

No ano agrícola 2013, foram avaliadas 39 populações  $S_0$  de milho, oriundas do cruzamento entre 13 genótipos espanhóis com quatro híbridos comerciais (DKB 340, P30F53, GNZ 9626 e GNZ 9501), assim como seis genótipos espanhóis cruzados com a variedade Ligeirinho (LIG). Os genótipos foram cedidos para o programa de Melhoramento de Milho do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, pelo programa de melhoramento “Mejora Maíz de la Misión Biológica de Galicia (CSIC)-Espanha”. Dessas 39 populações foram selecionadas as quatro melhores, considerando três caracteres principais: produtividade de grãos, vitreosidade e matéria verde total (PEREIRA, 2015).

Na safra 2016/2017, foram avaliados 289 tratamentos, sendo 287 progênies  $S_{0:1}$  oriundas das quatro populações selecionadas e duas testemunhas, os híbridos triplos BM3061 e 20A78 que são cultivares comerciais comumente utilizadas para produção de forragem de milho na região.

Na colheita foi retirado uma amostra de três espigas aleatórias de cada parcela, essas amostras foram levadas para o barracão de avaliações, onde foi aferido a umidade de todas as amostras utilizando um medidor de umidade de grãos portátil modelo G650i. A partir do peso de espigas despalhadas corrigido pela umidade foram selecionadas 148 melhores progênies. Essas progênies foram submetidas à avaliação dos caracteres: vitreosidade dos grãos (VITLUZ), escore de identificação (ESC), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espigas (GRESF).

Depois foi realizado uma seleção utilizando o índice de soma dos postos dos caracteres VITLUZ e PED. A partir do índice foram identificadas 62 progênies para a continuidade do programa.

Na safra 2017/2018 foram avaliadas essas 62 progênies utilizando sementes remanescentes  $S_{0:1}$  e mais duas testemunhas: um híbrido triplo (BM3061) e um híbrido simples (BM3066).

#### 3.2 Local e Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras

na região sul do estado de Minas Gerais, a 918 m de altitude, 21°58' de latitude Sul e 42°22' de longitude Oeste.

Em ambos os experimentos foi adotado o sistema de plantio direto. Na semeadura foram utilizados 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 8(N): 28(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 16(K<sub>2</sub>O). Em cobertura, utilizou-se 450kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizante 30(N): 00(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 20(K<sub>2</sub>O) no estágio de cinco a seis folhas completamente expandidas. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura do milho na região sul de Minas Gerais.

### 3.3 Avaliação do experimento na safra 2016/2017

O delineamento utilizado foi látice triplo 17x17, sendo as parcelas experimentais constituídas por uma linha com três metros, espaçadas 0,6 m entre linhas e 0,25 m entre plantas, com estande de aproximadamente 66.666 plantas ha<sup>-1</sup>.

Na semeadura foram distribuídas seis sementes por metro linear de sulco. O desbaste para uniformização da parcela foi realizado quando as plantas apresentavam de quatro a cinco folhas completamente expandidas, permanecendo quatro plantas por metro linear de sulco, totalizando 12 plantas por parcela.

Os caracteres avaliados foram:

- Peso de espigas despalhadas (PED) em kg/parcela, os pesos foram corrigidos para umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = \frac{PC(100-U)}{87},$$

em que:

$P_{13\%}$  é o peso dos grãos corrigido para a umidade padrão de 13%;

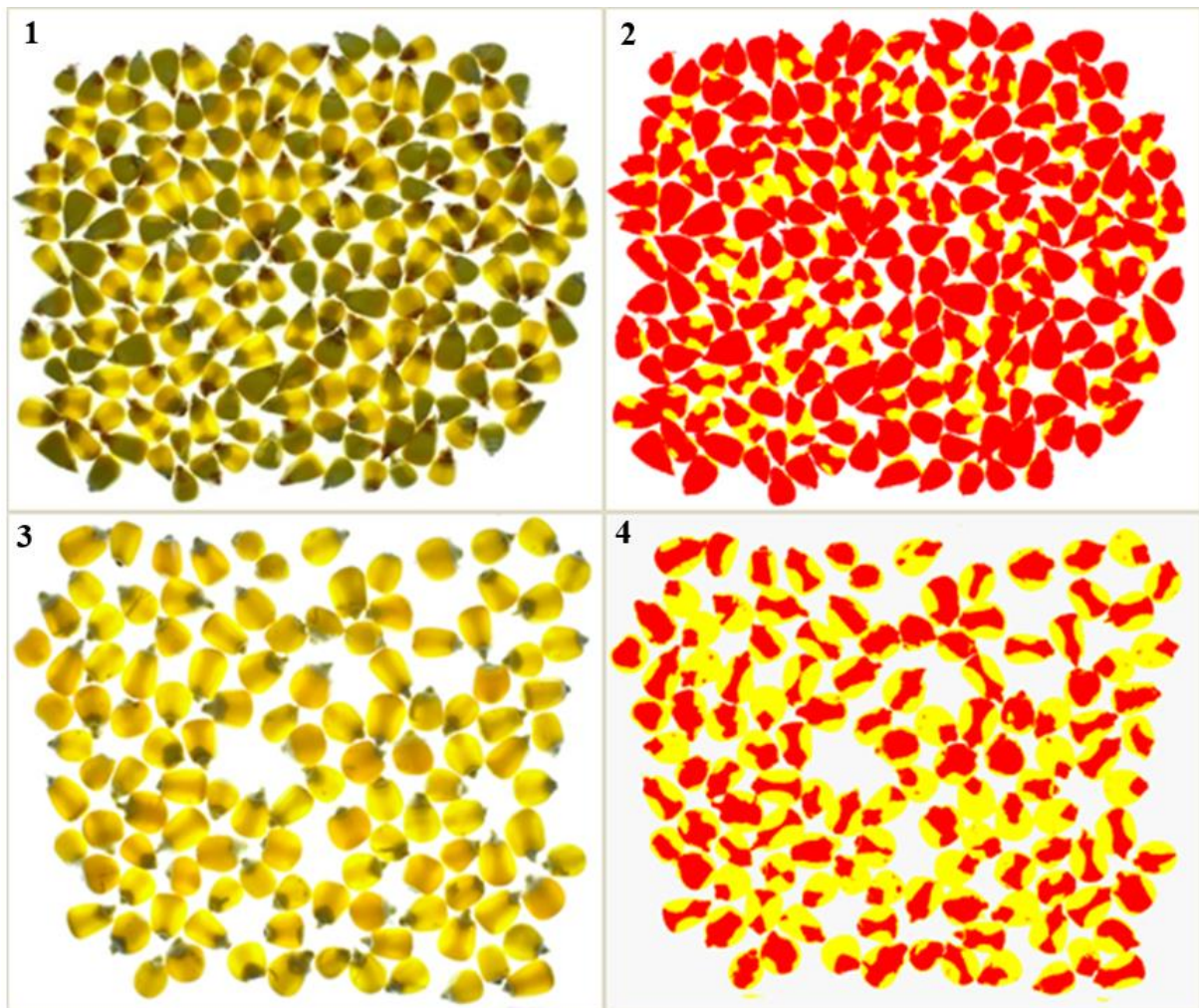
$PC$  é o peso de espigas sem correção;

$U$  é a umidade de uma amostra dos grãos de cada parcela, que foi aferida pelo medidor de umidade de grãos portátil modelo G650i.

Na colheita foi retirado uma amostra de três espigas aleatórias de cada parcela, porém apenas as parcelas correspondentes aos 150 tratamentos (148 melhores progênies mais as testemunhas BM3061 e 20 A 78), selecionados pelo caráter PED corrigido a umidade de 13%, foram utilizadas para avaliação dos seguintes caracteres:

- comprimento de espigas (COMP): medidas em centímetros a partir do ponto de inserção do pedúnculo ao ápice da espiga;
- peso de espigas (PE): foi medido a partir de três espigas colhidas aleatoriamente por parcela;
- peso dos grãos (PG): após a pesagem das espigas, as mesmas foram debulhadas para realização da pesagem dos grãos;
- quantidade de grãos por espiga (GRESPE): estimado a partir da multiplicação entre contagem do número de fileiras em cada espiga (NF) e do número de grãos em apenas uma fileira (NGF);
- escores de indentação (ESC): a avaliação foi realizada por dois avaliadores por meio de escala de notas proposta por Davide et al., 2011) variando de 1 a 5, em que 1 (duro) refere-se ao grão totalmente sem indentação com extremidade superior arredondada e lisa e, 5 (dentado) ao grão com presença marcante de indentação apresentando a extremidade superior reta e enrugada.
- vitreosidade dos grãos (VITLUZ): realizada com uma amostra homogênea dos grãos submetida a avaliação pelo método da imagem translúcida. Foi utilizado um transluminador de luz branca, modelo TFX-35-WL, um equipamento com superfície de vidro e interior com lâmpada fluorescente de 80 watts, comumente utilizado em laboratórios de genética molecular para análises de reações de DNA em gel de poliacrilamida. Foram obtidas as fotos dos grãos no transluminador com o auxílio de uma câmera digital de 16 pixels. Posteriormente as imagens foram avaliadas no software Quant 1.0.1®, que avalia os comprimentos de onda das diferentes tonalidades que compõem a imagem (Figura 1).

Figura 1 – Grãos da progênie 227 (1 e 2) com baixa proporção de endosperma vítreo, e grãos da progênie 24 (3 e 4) com maior proporção de endosperma vítreo, obtidas na safra 2017/2018. As imagens 1 e 3 foram obtidas após a incidência de luz no transluminador, e fotos 2 e 4 representam o resultado da análise das imagens no software Quant após a avaliação para quantificação dos tipos de endosperma.



Cor vermelho refere-se ao endosperma tipo farináceo e amarelo ao vítreo.  
Fonte: Do autor (2018).

### 3.4 Avaliação do experimento na safra 2017/2018

O delineamento utilizado foi látice triplo 8x8, sendo as parcelas experimentais constituídas por duas linhas com dois metros, espaçadas 0,6 m entre linhas e 0,25 m entre plantas, com estande de aproximadamente 66.666 plantas ha<sup>-1</sup>.

Na semeadura foram distribuídas seis sementes por metro linear de sulco. O desbaste para uniformização da parcela foi realizado quando as plantas apresentavam de quatro a cinco folhas completamente expandidas, permanecendo quatro plantas por metro linear de sulco, totalizando 16 plantas por parcela.

Os caracteres avaliados foram:

- Comprimento de espigas (COMP);
- peso de espigas (PE);
- peso dos grãos (PG);
- quantidade de grãos por espiga (GRES);
- vitreosidade dos grãos (VITLUZ);
- densidade dos grãos (DENS): foi determinada usando um picnômetro com tampa removível, o qual permite a inclusão de grãos inteiros. Devido ao tipo da tampa foi possível manter o volume interno. Foi realizado a pesagem do picnômetro com água, depois foi aferido o peso dos grãos, e posteriormente grãos foram então adicionados ao picnômetro, o volume interno foi completamente preenchido com água destilada e foi realizado a pesagem do picnômetro + água destilada + grãos (CORREA et. al., 2002). Admitiu-se o valor de 1 para densidade da água destilada. A densidade em g/cm<sup>3</sup> (D) foi calculada de acordo com o estimador:

$$D = \frac{P_G}{P_G - (P_{PAG} - P_{PA})},$$

em que:

$P_G$  é o peso de grãos;

$P_{PAG}$  é o peso do picnômetro + água destilada + grãos;

$P_{PA}$  é o peso do picnômetro + água destilada.

### 3.5 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada utilizando-se a abordagem de modelos mistos REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesado), com

auxílio do software R Development (R CORE TEAM, 2016). Para isso foi utilizado os pacotes lmer4 (BATES et al., 2015) e lmerTest (KUZNETSOVA, BROCKHOFF & CHRISTENSEN 2017).

Foi empregado o seguinte modelo estatístico para análise individual do caráter peso de espigas despalhadas (PED) na safra 2016/2017 e para análise individual de todos os caracteres avaliados na safra 2017/2018:

$$y = Z_1r + Z_2p + Z_3b + e,$$

em que:

$y$  é o vetor de dados;

$r$  é o vetor dos efeitos de repetição (aleatório);

$p$  é o vetor dos efeitos de progênie (aleatório);

$b$  é o vetor dos efeitos de bloco dentro de repetição (aleatório);

$Z_1, Z_2$  e  $Z_3$  são as matrizes de incidência para  $r$ ,  $p$  e  $b$ , respectivamente;

$e$  é o vetor de erros (aleatórios).

A análise estatística dos outros caracteres avaliados na safra 2016/2017 (VITLUZ, ESC, COMP, PE, PG e GRESP), foi realizada pelo seguinte modelo estatístico:

$$y = Z_1p + Z_2b + e,$$

em que:

$y$  é o vetor de dados;

$p$  é o vetor dos efeitos de progênie (aleatórios);

$b$  é o vetor dos efeitos de bloco (aleatórios);

$Z_1$  e  $Z_2$  são as matrizes de incidência para  $p$  e  $b$ , respectivamente;

$e$  é o vetor de erros (aleatórios).

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta envolvendo as duas safras de avaliações, considerando o modelo:

$$y = Xs + Z_1r + Z_2p + Z_3b + e,$$

em que:

$y$  é o vetor de dados;

$s$  é o vetor dos efeitos de safra (fixos);

$r$  é o vetor dos efeitos de repetição dentro de safra (aleatórios);

$p$  é o vetor dos efeitos de progênie (aleatórios);

$b$  é o vetor dos efeitos de bloco dentro de repetição (aleatórios);

$X, Z_1, Z_2$  e  $Z_3$  são as matrizes de incidência para  $s, r, p$  e  $b$ , respectivamente;

$e$  é o vetor de erros (aleatórios).

### 3.6 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

Os componentes da variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança residual (REML). Para a avaliação da precisão experimental, foram estimados o coeficiente de variação (CV) e a acurácia seletiva ( $\hat{r}\hat{g}g$ ) conforme proposto por Resende e Duarte (2007). A acurácia seletiva foi determinada pelo seguinte estimador (HENDERSON, 1984):

$$\hat{r}\hat{g}g = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_G^2}\right)},$$

em que:

$\hat{r}\hat{g}g$  é a acurácia seletiva;

$PEV$  é a estimativa variância do erro de predição dos BLUP;

$\sigma_G^2$  é a variância genotípica.

As estimativas de coeficiente de variação (CV) foram obtidas por:

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_E^2}}{\bar{x}} \times 100,$$

em que:

$\sigma_E^2$  é a variância ambiental;

$\bar{x}$  é a média.

As herdabilidades no sentido amplo ( $h_a^2$ ) para seleção na média das progênies foram obtidas de acordo com o estimador:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_{GA}^2}{n} + \frac{\sigma_E^2}{nr}},$$

em que:

$\sigma_G^2$  é a variância genotípica entre progênes S<sub>0:1</sub>;

$\sigma_{GA}^2$  é a variância da interação genótipos x anos;

$\sigma_E^2$  é a variância ambiental;

$n$  é o número de anos agrícolas;

$r$  é o número de repetições.

As correlações genéticas entre os caracteres foram estimadas a partir das predições BLUP de cada progênie (RESENDE, 2007). As análises de correlações foram realizadas com o aporte do software R (R CORE TEAM 2016).

O ganho genético esperado com a seleção (GS) foi estimado para todos os caracteres em quatro intensidades de seleção (10%, 20%, 30%, 40%). As estimativas do ganho esperado com a seleção em porcentagem da média (GS%) foram obtidas pelo seguinte estimador:

$$GS(\%) = \frac{\overline{BLUP's}}{\bar{Y}} \times 100,$$

em que:

$\overline{BLUP's}$  é a média dos BLUP's das progênes selecionadas;

$\bar{Y}$  é a média geral das progênes.

Foram obtidas as estimativas da resposta correlacionada (RC%) pelo seguinte estimador:

$$RC_{y/y'}(\%) = \frac{\overline{BLUP_{x/y}}}{\bar{Y}} \times 100,$$

em que:

$\overline{BLUP_{x/y}}$  são as médias dos BLUP dos genótipos para o caráter x, pela seleção efetuada para o caráter y;

$\bar{Y}$  é a média geral das progênes para o caráter x.

### 3.7 Seleção simultânea dos caracteres



Na safra 2016/2017 a seleção foi realizada com base no índice da soma de postos ( $I_{MM}$ ) (MULAMBE; MOCK, 1978). Inicialmente foi realizado o ranqueamento das médias BLUP de cada tratamento para os caracteres peso de espigas despalhadas (PED) e vitreosidade dos grãos (VITLUZ), depois foi realizado a soma dos postos atribuídos aos caracteres para cada tratamento e obtido o índice ( $I_{MM}$ ) (RAMALHO et. al., 2012).

Na safra 2017/2018 foi obtido o índice da soma das variáveis padronizadas (índice Z). Com a padronização foi possível visualizar o desempenho de cada tratamento para todos os caracteres (RAMALHO et al., 2012). Este índice tem como fundamento a padronização das variáveis ( $Z_{ij}$ ), com o objetivo de torná-las diretamente comparáveis. A padronização foi obtida pelo seguinte estimador:

$$Z_{ij} = \frac{\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{.j}}{S_j},$$

em que:

$Z_{ij}$  é o valor da variável j padronizada, correspondente a progênie i no caráter j;

$\bar{Y}_{ij}$  é a média da progênie i para o caráter j;

$\bar{Y}_{.j}$  é a média geral do caráter j;

$S_j$  é o desvio padrão fenotípico entre as progênies para o caráter j.

O índice Z foi obtido utilizando caracteres relacionados à produtividade de grãos (peso de grãos e peso de espigas) e caracteres relativos à textura dos grãos (vitreosidade e densidade). A padronização para todas as variáveis foi realizada com a média da conjunta, exceto para a variável densidade, cuja padronização foi realizada com a média dos dados referentes à safra 2017/2018. Devido à variável padronizada assumir valores negativos foi somado uma constante de valor três, o que permitiu tornar os valores padronizados todos positivos.

Após a padronização foram agrupados os caracteres referentes ao tipo de endosperma e produtividade de grãos (VITLUZ, DENS, PG, PE, COMP e GRESP) e plotados em um gráfico tipo radar, para visualização do comportamento com a seleção para múltiplos caracteres das seis melhores e seis piores progênies selecionadas pelo índice Z (Figuras 3 e 4). Alguns caracteres apresentaram como desejável menor valor de sua estimativa, como a vitreosidade (VITLUZ) e a densidade (DENS), assim foi necessário fazer um ajuste nesses caracteres para padronizar a plotagem dos gráficos. Portanto, quanto maior a área do gráfico e mais bem distribuídos apresentarem os caracteres, melhores são as progênies quanto ao tipo de endosperma e produtividade dos grãos.

#### 4 RESULTADOS

Os parâmetros utilizados para avaliação da precisão e qualidade experimental foram a acurácia seletiva e o coeficiente de variação. Com relação as estimativas da acurácia para o ano agrícola 2016/2017, a menor estimativa obtida foi de 85,94% para o caráter peso de espigas e a maior foi de 93,22% para o caráter quantidade de grãos por espiga (TABELA 1). Esses valores são considerados de magnitude muito alta. Ainda com relação ao ano agrícola 2016/2017, a menor estimativa do coeficiente de variação experimental foi de 8,77% para o comprimento de espigas e a maior foi de 29,26% para o peso de espigas despalhadas (TABELA 1).

A partir das estimativas dos componentes de variância associados as progênes, foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança, para todas as características avaliadas referentes as progênes  $S_{0:1}$  (TABELA 1). A herdabilidade no sentido amplo é uma medida relacionada à proporção da variância genética presente na variância fenotípica total. As estimativas obtidas variaram de 74,21% para peso de espigas a 87,27% para quantidade de grãos por espigas (TABELA 1). A média das testemunhas para todos os caracteres foi superior à média original das progênes, porém as progênes apresentaram menor desempenho para o caráter VITLUZ o que é desejável, pois mostra que elas apresentam menor proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total (TABELA 1).

Tabela 1 – Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres peso de espigas despalhadas (PED), vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG), quantidade de grãos por espiga (GRESP) e escore de idetação (ESC) avaliados no ano agrícola 2016/2017.

SAFRA 2016/2017							
Parâmetro	PED (kg/parcela)	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP	ESC
$\hat{\sigma}_g^2$	0,25*	32,39*	1,88*	534,48*	405,50*	7851,13*	0,47*
$\hat{\sigma}_e^2$	0,12	28,97	1,84	557,14	414,30	3435,75	0,26
$h_a^2$	85,79	77,03	75,40	74,21	74,60	87,27	84,58
$\hat{r}_{gg}\%$	92,52	87,48	86,72	85,94	86,13	93,22	91,83
CV%	29,26	14,21	8,77	17,14	17,97	13,18	24,64
$M_T$	4,41	41,81	17,5	219,68	188,04	611,25	3,53
$M_P$	1,47	37,82	15,42	136,64	112,29	442,56	2,03

\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança;  $\hat{\sigma}_g^2$  variância genética;  $\hat{\sigma}_e^2$  variância ambiental;  $h_a^2$ - herdabilidade no sentido amplo;  $\hat{r}_{gg}\%$  - acurácia em nível de progênes; CV% – coeficiente de variação experimental.  $M_T$ : média das testemunhas e  $M_P$ : média das progênes. Fonte: Do autor (2018).

A partir do ganho esperado com a seleção direta do caráter vitreosidade (VITLUZ) e respostas correlacionadas (ganhos indiretos) para os caracteres peso de espigas despalhadas (PED), comprimento de espigas (COMP), peso de espiga (PE), peso de grãos (PG), quantidade de grãos por espigas (GREPS) e escore de identificação (ESC), com diferentes intensidades de seleção verificou-se ganhos expressivos apenas para VITLUZ, sendo os ganhos desfavoráveis para os demais caracteres (TABELA 2).

Na tabela 3 verifica-se os ganhos esperados com a seleção direta no caráter peso de espigas despalhadas (PED) e respostas correlacionadas (ganhos indiretos) para os caracteres VITLUZ, COMP, PE, PG, GREPS e ESC utilizando diferentes intensidades de seleção. As maiores estimativas de ganho foram obtidas, para os caracteres relacionados a produtividade de grãos e ganhos desfavoráveis foram observados para a VITLUZ (TABELA 3).

Dessa forma, embora tenha proporcionado a maximização dos ganhos individuais, a seleção direta não proporcionou níveis satisfatórios de ganhos para todos os caracteres (TABELAS 2 e 3). Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas de ganho esperado com a seleção utilizando o índice da soma de postos (ou índice de Mulamba e Mock) em diferentes intensidades de seleção, no ano agrícola 2016/2017, observa-se que a utilização do índice proporciona ganhos com distribuição mais homogênea entre todos os caracteres.

Tabela 2 - Estimativas de ganhos esperados com a seleção direta praticada no caráter vitreosidade (VITLUZ) e respostas correlacionadas nos caracteres: peso de espigas despalhadas (PED), comprimento de espigas (COMP), peso de espiga (PE), peso de grãos (PG), quantidade de grãos por espigas (GREPS) e escore de identificação (ESC), considerando diferentes intensidades de seleção (IS%), no ano agrícola 2016/2017.

Vitreosidade (VITLUZ)							
	VITLUZ	PED	COMP	PE	PG	GRES	ESC
IS%	(%)	(kg/parcela)	(cm)	(g)	(g)		
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
10	-30,09	-5,18	-0,66	-1,90	-2,46	7,97	11,71
20	-21,43	-1,08	0,80	0,55	-0,27	4,49	5,00
30	-16,07	-1,92	0,11	0,89	0,88	4,25	11,27
40	-12,31	2,52	1,16	2,60	2,76	5,68	11,54
50	-9,37	2,31	0,28	1,08	1,35	2,70	8,23

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 3 - Estimativas de ganhos esperados com a seleção direta praticada no caráter peso de espigas despalhadas (PED) e respostas correlacionadas nos caracteres: vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espiga (PE), peso de grãos (PG), quantidade de grãos por espigas (GRES) e escore de identificação (ESC), considerando diferentes intensidades de seleção (IS%), no ano agrícola 2016/2017.

Peso de espigas despalhadas (PED)							
IS%	PED (kg/parcela)	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP	ESC
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
10	45,66	2,07	5,78	15,29	16,16	14,53	13,87
20	32,63	1,78	3,77	12,01	12,56	12,39	11,17
30	24,85	1,48	3,45	9,64	9,76	8,91	6,32
40	19,20	-1,72	2,48	7,62	7,83	9,44	5,97
50	15,00	-0,72	1,35	5,37	5,51	6,42	2,38

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 4 - Estimativas de ganho esperado com a seleção para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG), quantidade de grãos por espiga (GRES) e escore de identificação (ESC), selecionados pelo índice de Mulamba e Mock (ou índice da soma de postos) em diferentes intensidades de seleção (IS%), no ano agrícola 2016/2017.

IS%	PED (kg/parcela)	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP	ESC
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
10	29,94	-14,18	5,30	12,30	12,74	16,75	16,92
20	21,17	-14,17	3,05	7,53	7,68	11,66	18,84
30	16,80	-11,90	1,83	6,22	6,33	10,08	13,15
40	14,29	-9,16	0,85	4,32	4,52	6,64	6,72
50	11,93	-8,28	0,89	3,66	3,80	5,20	6,01

Fonte: Do autor (2018).

Com relação ao ano agrícola 2017/2018 a menor estimativa de acurácia foi de 70,46% para o caráter vitreosidade e a maior foi de 88,69% para o peso de espigas (TABELA 5). Essas estimativas são consideradas de alta magnitude e verifica-se uma variação nos diferentes caracteres avaliados. A menor estimativa do coeficiente de variação experimental foi de 2,09% para densidade de grãos e a maior foi de 25,20% para o peso de grãos (TABELA 5). As estimativas de herdabilidade variaram de 57,44% para vitreosidade a 88,69% para quantidade de grãos por espigas (TABELA 5).

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança, para todas as características avaliadas referentes às progênies  $S_{0:1}$  (TABELA 5).

Tabela 5 – Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres densidade de grãos (DENS), vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espiga (GRESP), avaliados no ano agrícola 2017/2018.

SAFRA 2017/2018						
Parâmetro	DENS (g/cm <sup>3</sup> )	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP
$\hat{\sigma}_g^2$	6,46E-04*	9,79*	1,37*	802,61*	562,60*	4748,32*
$\hat{\sigma}_e^2$	6,49E-04	21,75	2,07	572,47	417,43	4522,27
$h_a^2$	74,93	57,44	66,53	80,79	80,17	75,90
$\hat{r}_{gg}\%$	82,21	70,46	79,53	88,69	88,30	85,18
CV%	2,09	13,29	10,64	23,69	25,20	18,00
$M_T$	1,2234	34,91	15,35	208,11	168,57	481,62
$M_P$	1,2166	35,09	13,47	97,56	78,25	370,15

\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança;  $\hat{\sigma}_G^2$  variância genética;  $\hat{\sigma}_E^2$  variância ambiental;  $h_a^2$  - herdabilidade no sentido amplo;  $\hat{r}_{gg}\%$  - acurácia em nível de progênies; CV% – coeficiente de variação experimental.  $M_T$ : média das testemunhas e  $M_P$ : média das progênies.

Fonte: Do autor (2018).

A partir das correlações genotípicas obtidas para todos os caracteres avaliados no ano agrícola 2017/2018, verificou-se correlação significativa e negativa do caráter VITLUZ em relação a quantidade de grãos por espigas, contudo apresentou correlação significativa e positiva para a densidade dos grãos (DENS). Vale ressaltar que ambas características, VITLUZ e DENS, são referentes à textura do grão e valores menores para esses caracteres são considerados melhores. Os caracteres referentes aos componentes de produção, apresentaram correlações significativas e positivas entre si (TABELA 6).

Tabela 6 - Estimativas de correlação genotípica entre progênieis para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), densidade dos grãos (DENS), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espiga (GRESP), no ano agrícola 2017/2018.

Variáveis	VITLUZ (%)	DENS (g/cm <sup>3</sup> )	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP
VITLUZ	1	0,5845*	-0,0301	-0,0814	-0,0778	-0,3212*
DENS		1	-0,0976	-0,0003	0,0058	-0,2579
COMP			1	0,6754*	0,6568*	0,5732*
PE				1	0,9931*	0,6098*
PG					1	0,6417*
GRESP						1

\*Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

Considerando as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos obtidos pela análise conjunta envolvendo progênieis S<sub>0:1</sub> nos anos agrícola 2016/2017 e 2017/2018, pode-se observar que a acurácia foi de alta magnitude, acima de 80%, para todos os caracteres avaliados, exceto para vitreosidade de grãos (TABELA 7).

Para todos os caracteres as estimativas de variância genética foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança. A interação progênieis por anos foi significativa apenas para o caráter vitreosidade, o que evidencia a não coincidência no comportamento das progênieis para esse caráter nos dois anos agrícolas. As estimativas de herdabilidade foram de boa magnitude para todos os caracteres e variaram de 58,50% para o caráter vitreosidade a 89,03% para a quantidade de grãos por espiga (TABELA 7).

As estimativas da média das testemunhas e das progênieis estão apresentadas na Tabela 7. A média das testemunhas foi superior à média das progênieis para todos os caracteres, evidenciando o desempenho superior das progênieis em relação ao caráter vitreosidade, já que a menor proporção de endosperma vítreo é considerada melhor para os aspectos relacionados a textura do endosperma (TABELA 7).

As distribuições de frequências das médias BLUP apresentadas na figura 2, e as estimativas dos componentes de variância presentes na Tabela 7, indicam a existência de variabilidade entre as progênieis.

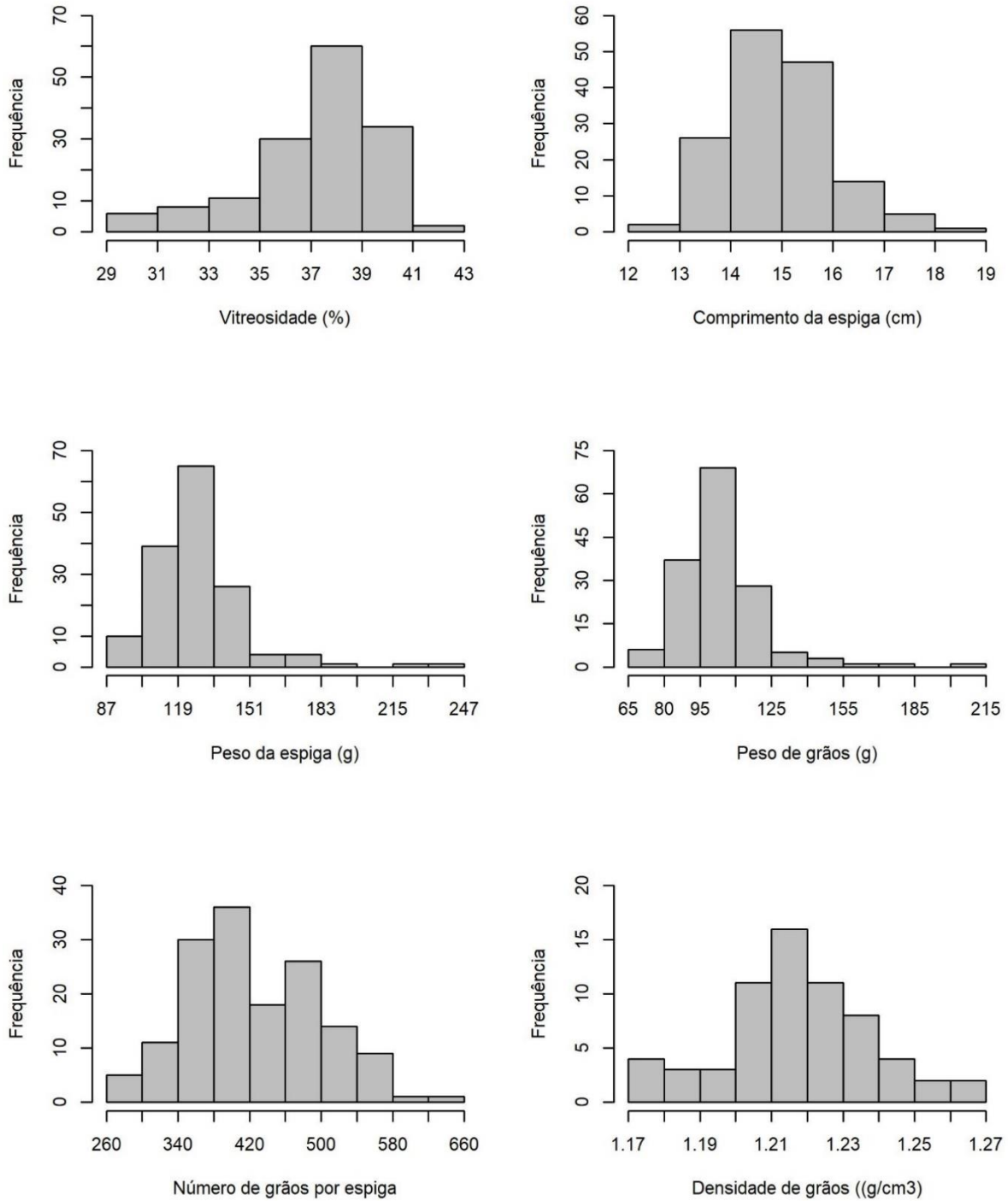
Tabela 7 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG), e quantidade de grãos por espiga (GRESP). Dados referentes às progênes S<sub>0:1</sub> avaliadas nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

Parâmetro	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP
$\hat{\sigma}_G^2$	14,56*	1,53*	555,60*	401,75*	6821,95*
$\hat{\sigma}_{GxA}^2$	12,79*	0,22 <sup>ns</sup>	48,11 <sup>ns</sup>	38,45 <sup>ns</sup>	473,25 <sup>ns</sup>
$\hat{\sigma}_E^2$	23,57	1,85	523,17	382,24	3621,58
$h_a^2$	58,50	78,50	83,32	82,89	89,03
$\hat{r}_{\hat{g}g}\%$	68,42	83,33	86,65	86,27	91,13
$M_T$	38,11	16,64	213,15	177,57	580,96
$M_P$	37,17	14,86	125,53	102,62	421,32

\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de razão de máxima verossimilhança;  $\hat{\sigma}_G^2$  variância genética;  $\hat{\sigma}_{GxA}^2$ : variância da interação progênes x anos,  $\hat{\sigma}_E^2$  variância ambiental;  $h_a^2$ - herdabilidade no sentido amplo;  $\hat{r}_{\hat{g}g}\%$  - acurácia em nível de progênes; CV% – coeficiente de variação experimental.  $M_T$ : média das testemunhas e  $M_P$ : média das progênes.

Fonte: Do autor (2018).

Figura 2 – Gráfico de distribuição de frequência para médias BLUP conjuntas das progênes  $S_{0:1}$ , avaliados nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 e do caráter Densidade de grãos que foi avaliado no ano agrícola 2017/2018.



Fonte: Do autor (2018).



As estimativas de correlação genotípica, para todos os caracteres avaliados, estão apresentadas na Tabela 8. A partir da análise da correlação genotípica é possível observar estimativas significativas do caráter vitreosidade apenas com a quantidade de grãos por espigas e também foram observadas correlações significativas entre todos os caracteres referentes aos componentes de produção (COMP, PE, PG e GRESP). Os valores significativos variaram de -0,2567, para a associação entre vitreosidade e quantidade de grãos por espiga, a 0,9804, para o peso de grãos e peso de espigas.

Tabela 8 - Estimativas de correlação genotípica entre progênies para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espiga (GRESP). Dados referentes às progênies  $S_{0:1}$ , nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

	VITLUZ (%)	COMP (cm)	PE (g)	PG (g)	GRESP
VITLUZ	1	-0,031	-0,0461	-0,0416	-0,2567*
COMP		1	0,6303*	0,6071*	0,4717*
PE			1	0,9804*	0,6827*
PG				1	0,7056*
GRESP					1

\*Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2018).

O ganho com a seleção consiste em um importante parâmetro a ser analisado nos programas de melhoramento. Foram obtidos nesse trabalho as estimativas de ganho esperado com a seleção para as progênies  $S_{0:1}$  nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018. Com as estimativas de ganhos direto com a seleção para o caráter PG e das respostas correlacionadas para os caracteres VITLUZ, COMP, PE e GRESP pode-se verificar ganhos elevados para PG e para os caracteres que apresentaram correlações significativas com essa característica, porém ganhos desfavoráveis foram obtidos para o caráter VITLUZ (TABELA 9).

Ao ser utilizado o caráter VITLUZ como principal, verificou-se ganhos diretos expressivos para essa característica, porém ganhos variáveis e de baixa magnitude para os caracteres referentes aos componentes de produção (COMP, PE e PG) (TABELA 10). Com o intuito de obter materiais que reúnam simultaneamente caracteres favoráveis foi utilizado para a seleção o índice da soma das variáveis padronizadas (índice Z).

O índice consistiu em um caráter adicional, que foi estabelecido pela combinação entre os caracteres (PG, PE, VITLUZ e DENS). A seleção foi realizada com base no índice Z e foram obtidas as estimativas de ganho considerando diferentes intensidades de seleção, na qual pode-

se verificar ganhos simultâneos para todas as características utilizadas no índice e também para as características comprimento de espigas e quantidade de grãos por espigas (TABELA 11).

Por ocasião da seleção, verificou-se que ao se utilizar maiores intensidades de seleção, ou seja, selecionando menor número de indivíduos, os ganhos para todas características foram maiores, no entanto pode ocasionar redução da variabilidade. Vale salientar que os ganhos esperados com a seleção para a vitreosidade e a densidade dos grãos, apresentaram valores negativos, uma vez que a seleção atua no sentido de reduzi-los. Foi possível obter com essa seleção estimativas de ganhos proporcionais para todas os caracteres (TABELA 11).

Tabela 9 - Estimativas de ganhos esperados com a seleção direta praticada no caráter peso de grãos (PG) e respostas correlacionadas nos caracteres: vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espiga (PE) e quantidade de grãos por espigas (GRES) considerando diferentes intensidades de seleção (IS%), nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS%	Peso de grãos (PG)				
	PG	VITLUZ	COMP	PE	GRESP
	(g)	(%)	(cm)	(g)	
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
10	25,83	0,65	9,43	24,46	21,46
20	18,762	0,74	5,47	17,52	15,68
30	15,01	0,43	4,11	14,10	11,47
40	12,24	-0,84	3,07	11,42	11,52
50	9,96	-0,77	2,79	9,13	9,68

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 10 - Estimativas de ganhos esperados com a seleção direta praticada no caráter vitreosidade (VITLUZ) e respostas correlacionadas nos caracteres: comprimento de espigas (COMP), peso de espiga (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espigas (GRES) considerando diferentes intensidades de seleção (IS%), nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS%	Vitreosidade (VITLUZ)				
	VITLUZ	COMP	PE	PG	GRESP
	(%)	(cm)	(g)	(g)	
	GS%	GS%	GS%	GS%	GS%
10	-15,76	0,64	0,61	-0,07	9,52
20	-11,41	1,08	2,86	2,35	8,45
30	-8,64	-0,10	1,27	1,33	5,38
40	-6,66	0,312	2,03	1,98	5,07
50	-5,19	0,06	1,23	1,34	4,26

Fonte: Do autor (2018).

Tabela 11 - Estimativas de ganho esperado com a seleção para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG) e quantidade de grãos por espiga (GRESP), selecionados pelo índice Z em diferentes intensidades de seleção (IS%), nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018.

IS%	GS%					
	VITLUZ	COMP	PE	PG	GRESP	DENS
10	-8,11	9,29	17,14	17,34	15,64	-2,04
20	-7,96	3,18	9,73	10,35	13,44	-1,72
30	-5,23	3,16	8,92	9,72	13,06	-1,32
40	-5,46	2,27	5,63	5,97	10,79	-1,28
50	-4,52	1,68	4,88	4,93	7,86	-1,11

Fonte: Do autor (2018).

O método gráfico, permite uma rápida e fácil visualização e identificação das progênes com melhor performance. A partir da representação gráfica do desempenho das seis melhores (FIGURA 3) e seis piores progênes (FIGURA 4), considerando o índice Z, pode-se observar que as seis melhores progênes são consideradas “bola cheia”, ou seja, apresentaram para todos os caracteres desempenho acima da média, exceto o caráter vitreosidade (VITLUZ) para a progênie 61 e comprimento de espiga (COMP) para as progênes 200 e 230 (FIGURA 3). Já as piores progênes, são consideradas “bola murcha”, pois apresentaram comportamento abaixo da média para todos os caracteres analisados, exceto a progênie 141 para VITLUZ e a progênie 118 para COMP (FIGURA 4).

Depreende-se que foi possível identificar progênes que associem respostas favoráveis para todos os caracteres avaliados.

Figura 3 – Representação gráfica do desempenho das seis melhores progêneses selecionadas pelo índice Z, para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG), e quantidade de grãos por espiga (GRESP) e densidade dos grãos (DENS). A linha vermelha corresponde à média padronizada das progêneses e a azul ao comportamento das progêneses. Essas seis progêneses, são consideradas “bola cheia”, pois, apresentaram para todos os caracteres desempenho acima da média, exceto o caráter vitreosidade (VITLUZ) para a progênie 61 e comprimento de espiga (COMP) para as progêneses 200 e 230.

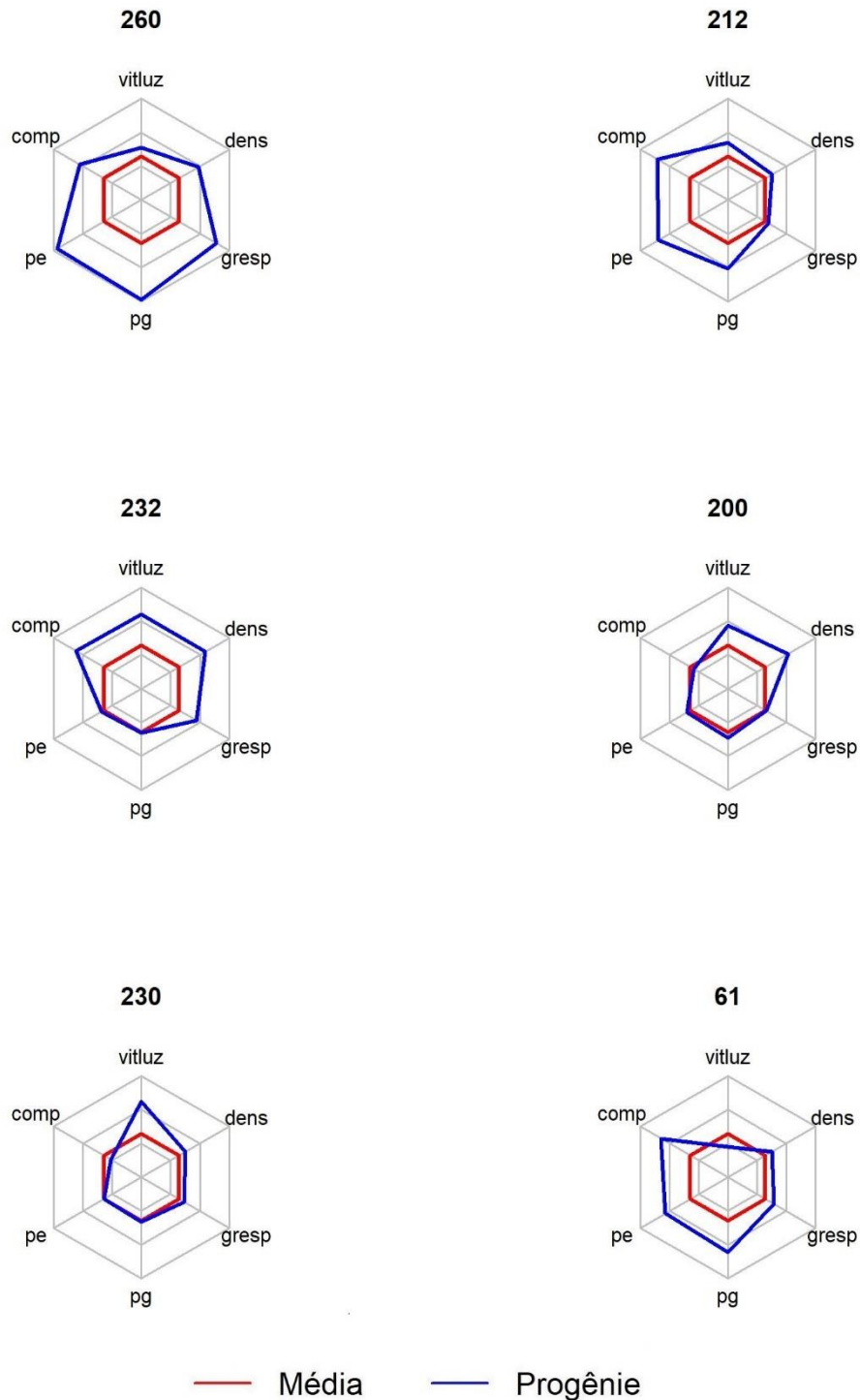
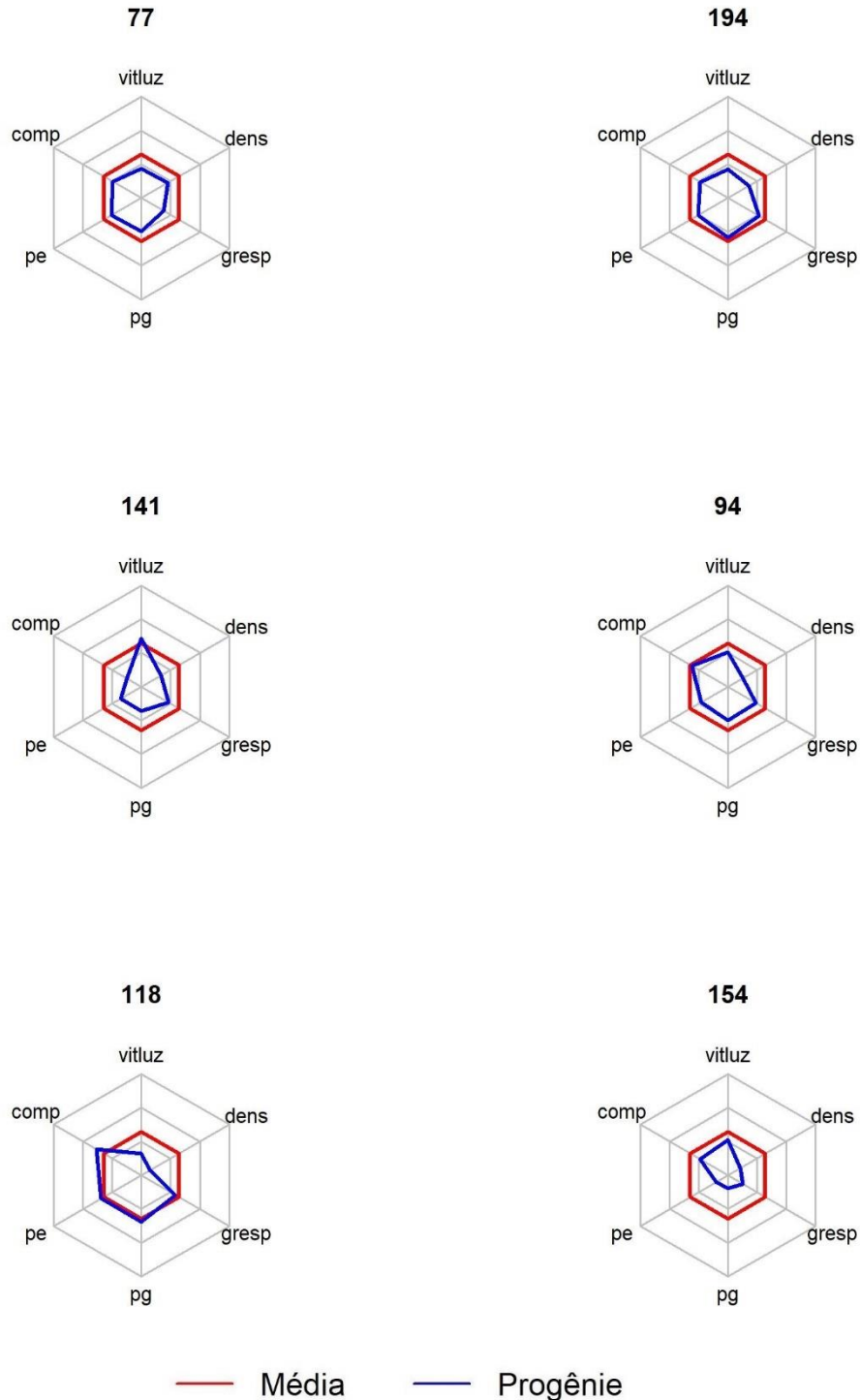


Figura 4 – Representação gráfica do desempenho das seis progênes com menor desempenho selecionadas pelo índice Z, para os caracteres vitreosidade (VITLUZ), comprimento de espigas (COMP), peso de espigas (PE), peso de grãos (PG), e quantidade de grãos por espiga (GRESP) e densidade dos grãos (DENS) referentes ao tipo de endosperma e a produtividade. A linha vermelha corresponde à média padronizada das progênes e a azul ao comportamento das progênes, essas seis progênes são consideradas “bola murcha”, pois apresentaram comportamento abaixo da média para todos os caracteres analisados



Fonte: Do autor (2018).

## 5 DISCUSSÃO

Para o sucesso do programa de melhoramento é essencial que os experimentos realizados sejam de alta precisão e qualidade experimental, de forma a assegurar a confiabilidade dos resultados obtidos e proporcionar uma seleção mais eficiente (RESENDE; DUARTE, 2007; RAMALHO et al., 2012; CARGNELUTTI FILHO et al., 2012). Nesse trabalho, a precisão foi aferida pelas estimativas da acurácia seletiva e do coeficiente de variação experimental (CV).

Segundo a classificação proposta por Pimentel Gomes (2000), as estimativas de CV podem ser consideradas de boa magnitude para a maioria dos caracteres avaliados, variando de 2,09 a 29,26% nas análises individuais (TABELAS 1 e 5). Para os caracteres relacionados à produtividade de grãos (PED, PE e PG) e escore de idetação (ESC), essas estimativas obtidas foram relativamente maiores, pois apresentaram valores de CV acima de 20%. Com relação aos caracteres associados à produtividade, altas estimativas de CV podem ocorrer devido à maior complexidade dessas características, ou seja, elas são controladas por muitos genes e altamente influenciadas pelo ambiente (PIMENTEL-GOMES, 1991; RESENDE; DUARTE, 2007).

A acurácia seletiva é um parâmetro mais adequado para avaliar a qualidade dos experimentos, pois contempla simultaneamente o coeficiente de variação experimental, o número de repetições e o coeficiente de variação genotípica (RESENDE; DUARTE, 2007). No presente trabalho as estimativas de acurácia indicaram boa precisão experimental para todos os caracteres, com o menor valor de 68,42% para VITLUZ e o maior de 91,13% para GRESP, na análise conjunta dos dados. Assim, conforme proposto por Resende e Duarte (2007) pode-se inferir que houve boa confiabilidade para a estimação dos valores genotípicos a partir das informações experimentais (TABELA 7).

A existência de variabilidade genética, é fundamental para se realizar a seleção e obter ganhos (HOFFMANN, 2010). Todos os caracteres avaliados nas análises individuais apresentaram diferenças significativas a 1% de probabilidade para as estimativas dos componentes da variância genética, o que indica a existência de variabilidade e, conseqüentemente, viabiliza a seleção (TABELAS 1 e 5). A partir dos componentes de variância associados aos genótipos e ao erro experimental, pode-se estimar a herdabilidade ( $h^2$ ), que é um dos melhores parâmetros para se fazer inferência sobre o sucesso do melhoramento genético (GOMES et al., 2004).

As estimativas de  $h^2$  obtidas variaram entre os caracteres e os anos agrícolas avaliados. Para os caracteres de maior interesse deste trabalho, que são referentes à textura (vitreosidade)

e à produtividade de grãos, as  $h^2$  variaram entre as diferentes safras. Observou-se que para o peso de grãos (PG) houve uma variação de 74,6 a 80,17% (TABELAS 1 e 5). Indica que boa parte da variação fenotípica observada, foi devido a atributos genéticos. Já para VITLUZ a amplitude da variação foi bastante pronunciada, apresentando valores de 77,03 a 57,44% nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente (TABELAS 1 e 5). As diferenças dessas estimativas foram decorrentes de uma maior influência da variância ambiental para esse caráter no ano agrícola 2017/2018.

No ano agrícola 2016/2017 a avaliação da vitreosidade foi realizada por meio dos métodos da imagem translúcida (VITLUZ) e pela escala de notas de identificação (ESC). Apesar de ser comumente utilizado na indústria de sementes e pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a classificação da textura do milho, a escala de notas identificação nem sempre reflete a dureza dos grãos, como salientado por Davide et al (2011). No presente trabalho a correlação observada entre o ESC e o VITLUZ foi de -0,22, ou seja, negativa e de baixa magnitude, indicando assim que os caracteres são inversamente relacionados e apresentam baixa associação. Resultados semelhante de correlação também foi observado por Pereira (2013), que verificou uma associação de baixa magnitude e em sentido negativo (-0,04) para esses dois métodos. Devido essa baixa correlação optou-se no ano 2017/2018 realizar as análises de textura utilizando os métodos VITLUZ e a densidade dos grãos (DENS), cuja a DENS também é considerado um bom indicador da dureza dos grãos (CORREA et al., 2002; PEREIRA et al., 2006). A correlação entre VITLUZ e DENS observada foi de 0,58 o que evidencia melhor associação entre esses dois métodos (TABELA 6).

Na análise conjunta envolvendo a avaliação das progênes nos anos agrícola 2016/2017 e 2017/2018, observou-se que a acurácia foi de alta magnitude, variando de 68,42 a 91,13%, indicando que a precisão do experimento foi alta para a maioria dos caracteres (TABELA 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira (2015) que obteve acurácias acima de 80% para os componentes da produção de grãos e de 75,67% para VITLUZ.

O VITLUZ foi o único caráter que apresentou o efeito da interação progênes x anos ( $\hat{\sigma}_{GxA}^2$ ) significativo, indicando que o comportamento das progênes/testemunhas não foi coincidente nos anos de avaliação (TABELA 7). Esse fato reflete a maior sensibilidade dos genótipos às mudanças do ambiente, o que pode ser um complicador do trabalho dos melhoristas. Uma forma de mitigar o efeito da interação é a partir da avaliação das progênes em um maior número de ambientes e anos agrícolas possíveis, possibilitando assim maior segurança na seleção (RAMALHO et al., 2012).

As distribuições de frequências das médias BLUP apresentadas na figura 2, assim como as diferenças significativas observadas entre as progênies, para todos os caracteres na análise conjunta, comprovam a existência de variabilidade genética (TABELA 7). Esse fato, permite inferir que é possível realizar a seleção das melhores progênies e obter ganhos genéticos para os caracteres.

Com relação a herdabilidade ( $h^2$ ) verifica-se que as estimativas foram de alta magnitude, acima de 80% para a maioria dos caracteres, exceto VITLUZ (58,50%) (TABELA 7). Pode-se inferir que mesmo para a menor estimativa de  $h^2$ , a maior proporção da variação fenotípica foi devido a atributos genéticos e juntamente com a existência de variabilidade genética para esse caráter verifica-se que é possível realizar a seleção de progênies com menor vitreosidade de grãos e obter ganhos. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira (2015) que avaliou a vitreosidade pelo método de análise da imagem da translucidez do endosperma de grãos de milho, mesmo procedimento utilizado nesse trabalho (VITLUZ), e obteve uma estimativa de herdabilidade de 57,26%.

Conhecer a correlação entre os caracteres é muito importante em um programa de melhoramento, pois atua como uma ferramenta para o melhorista decidir como realizar a seleção. Verificou-se uma baixa correlação entre os caracteres referentes à produtividade de grãos (COMP, PE, PG e GRESP) com a vitreosidade (VITLUZ) (TABELA 8). Dessa forma, a baixa associação entre esses caracteres é um indicativo de que é possível selecionar progênies que associem simultaneamente alta produtividade e menor vitreosidade dos grãos.

As correlações entre os componentes de produção de grãos (COMP, PE, PG e GRESP) foram relativamente altas, como era esperado (TABELA 8). No entanto o mesmo não foi observado na correlação entre VITLUZ e os componentes de produção, sendo significativa apenas com a GRESP. Adicionalmente é observado que esta correlação é negativa, indicando que é possível obter maiores estimativas de GRESP com a seleção de progênies com menor vitreosidade.

Segundo Falconer e Mackay (1996), a seleção indireta exige a condição de alta correlação favorável entre a variável que está sob seleção e as demais variáveis, além de uma elevada herdabilidade do caráter a ser selecionado. Assim, quando foi realizada a seleção para PG verificou-se que o ganho pela seleção direta foi sempre superior ao ganho indireto, ficando próximo nas situações em que as características são altamente correlacionadas (TABELA 9). Resultado análogo foi observado, quando a seleção foi feita com base na VITLUZ, ou seja, a seleção proporcionou ganhos maiores para o próprio caráter e menores para os demais (TABELA 10).



Dessa forma, para que se obtenha ganhos simultâneos para produtividade e vitreosidade dos grãos, a progênie ideal deve ser selecionada não apenas para um caráter, mas sim para vários caracteres de interesse para o programa. Diante do exposto vale salientar a importância da utilização de índices de seleção para a obtenção de ganhos simultâneos para os caracteres (RAMALHO et al., 2012; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Observa-se que ao realizar a seleção utilizando o índice da soma de posto ( $I_{MM}$ ), obteve-se um percentual de ganhos mais homogêneos para todos os caracteres avaliados e principalmente para VITLUZ e PED que foram as variáveis adotadas no índice para a realização da seleção das melhores progênies do ano 2016/2017 (TABELA 4). O mesmo pode ser observado com a utilização do índice Z para realizar a seleção na safra 2017/2018, os ganhos foram melhores distribuídos entre todos os caracteres e verificou-se ganho de -8,11% para VITLUZ e 17,34% para PG com intensidade de seleção de 10% (Tabela 11). França et al. (2016) observaram que a utilização do índice Z apresentou melhores estimativas de ganhos esperados com a seleção de progênies de sorgo sacarino do que o índice da soma de postos ( $I_{MM}$ ) Em trabalho realizado por Reis et al. (2011) o índice Z também apresentou desempenho satisfatório na identificação das melhores progênies de eucalipto.

Com os dados do segundo ano de avaliação, utilizando diferentes intensidades de seleção verificou-se ganhos consideráveis para o caráter PG a partir da seleção realizada com base no índice Z (TABELA 11). Ao ser aplicado uma intensidade de seleção 10% observou-se que a média desta característica aumentaria de 102,62g para 120,41g. Este valor ainda é bem inferior à média das testemunhas (177,57g), no entanto é importante lembrar que as testemunhas são cultivares híbridas já adaptadas às condições brasileiras, e as progênies sob seleção além de serem endogâmicas, foram originadas de populações obtidas a partir da introgressão de germoplasma de clima temperado o que justifica o menor desempenho e perda de vigor na planta (PEREIRA 2015).

Com relação à VITLUZ a média das progênies já eram inferiores às das testemunhas, e com a seleção reduziria de 37,17% para 34,16% o que é desejável para esse caráter, pois melhora a degradabilidade ruminal (CORREA et al., 2002). Cantarelli et al. (2006) avaliando diferentes tipos de milho para utilização na alimentação de animais monogástricos, encontram valores de vitreosidade superior aos obtidos nesse trabalho, sendo o menor valor atribuído ao milho dentado (57,20%). Correa et al. (2002) avaliando híbridos brasileiros e americanos pelo método de dessecação manual encontrou estimativas média de vitreosidade de 73,1% (variação de 64,2% a 80,0%), para os híbridos brasileiros, enquanto os híbridos americanos tiveram uma média de 48,2% (variação de 34,9% a 62,3%). Dessa forma, a média das progênies foi menor

do que a observada pelos híbridos americanos, o que mostra a eficiência da introgressão de germoplasma temperado para obtenção de progênies com menor vitreosidade.

A partir das análises gráficas foi possível visualizar o desempenho das seis melhores progênies (260, 212, 232, 200, 230 e 61) selecionadas pelo índice Z (Figura 3). Verificou-se que as progênies selecionadas apresentaram desempenho acima da média para todas as características desejáveis e que a seleção para essas características pode ser bastante eficiente. Essas progênies são consideradas promissoras para a continuidade do programa, entretanto para melhorar a adaptação delas em ambientes tropicais é indicado a realização do retrocruzamento com cultivares brasileiras para tornar os materiais mais adaptados, visando melhorar o desempenho agrônomico dessas progênies.

## 6 CONCLUSÃO

As estimativas dos componentes de variância comprovam a existência de variabilidade entre as progênies possibilitando a seleção de genótipos superiores.

A utilização do índice seleção com base nos caracteres VITLUZ, DENS, PE e PG, forneceu ganhos expressivos e com distribuição proporcional para todos os caracteres de interesse.

As progênies 260, 212, 232, 200, 230 e 61 foram as que apresentaram melhores estimativas de ganhos para todos os caracteres referentes a vitreosidade e produtividade de grãos e são promissoras para a continuidade do programa de melhoramento.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, R. et al. Degradabilidade ruminal in situ de grãos de milho maduros do tipo flint ou dentados, secos ou reconstituídos e ensilados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Salvador, **Anais...** 2010.
- BATES, D. et al. Fitting Linear Mixed-effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015.
- BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. 2012. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2012.
- BUCKLER E. S.; STEVENS, N. M. **Maize origins, domestication and selection**, cap.4, p. 67-90, 2005.
- CANTARELLI, V. de S. et al. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3 p. 860-864, 2007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; JUNIOR, R. L. do C. B.; LÚCIO, A. D. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1413-1421, 2012.
- CHAVES, L. G. **Seleção de genitores comerciais e controle genético de características agrônômicas e nutricionais de plantas de milho para silagem**. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2009.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório agrícola - Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 5, safra 2017/18, p. 1-140, 2018.
- CORREA, C. E. S et al. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant in Situ Starch degradability. **Journal of Dairy Science**. v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.
- CORRÊA, C. E. S. **Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas**. 2001. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2001.
- COSTA, F.M.J. et al. Silagem de grãos úmidos de milho de textura dura ou macia em dietas com polpa cítrica para vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, p. 203-210, 2014.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, 4ª Ed, Viçosa, 2012.
- CRUZ, J. C. et al. Produção de Milho na Agricultura Familiar. **Circular Técnica 159 – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas, set. 2011.
- DAVIDE, L. M. C. et al. Assessment of genetic parameters of degradability in maize grains due to indentation scores. **Scientia Agrícola**, v. 68, n.3, p. 347-352, jun. 2011.

DOMBRINK-KURTZMAN, M. A.; BIETZ, J. A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal chemistry**, Saint Paul, v. 70, p. 105-108, 1993.

ERASMUS, C; TAYLOR, J. R. Optimising the determination of maize endosperm vitreousness by a rapid non-destructive image analysis technique. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 84, n. 9, p. 920-930, 2004.

FELKER, F. C.; PAULIS, J. W. Quantitative estimation of corn endosperm vitreosity by image analysis. **Cereal Chemistry**, v. 70, n. 6, p. 685-689, 1993.

FERRARETO, L. F. et al. Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 5, p. 3221-3227, 2014.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Informativo DEAGRO**, jan, 2017.

FIGUEIREDO, U. J. de et al. Correlações entre o escore de identificação, a vitreosidade, a densidade e a degradabilidade de grãos de milho. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, n. 1, p. 87-89, 2010.

FRANÇA, A. E. D. de et al. Seleção simultânea em progênies de sorgo-sacarino por meio de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, v. 51, n. 10, p. 1737-1743, out. 2016.

GAYTÁN-MARTÍNEZ, M. et al. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 29, n. 2, p.135-139, 2006.

GIUBERTI, G. et al. Evaluation of the impact of maize endosperm vitreousness on in vitro starch digestion, dry matter digestibility and fermentation characteristics for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 186, n. 1/2, p. 71-80, 2013.

GOMES, M. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para a produção de matéria seca e degradabilidade ruminal de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 83-90, 2002.

GOMES, M. de S. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 879-885, set. 2004.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B.; CARENA, M. J. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2ª ed., Ames: Iowa State University Press, p. 468, 2012.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. University of Guelph, 462p. 1984

HOFFMAN, P. C. et al. A query for effective mean particle size in dry and high-moisture corns. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3467-3477, jun. 2012.

- HOFFMAN, P. C.; NGONYAMO-MAJEE, D.; SHAVER, R. D. Determination of corn hardness in diverse corn germplasm using near-infrared reflectance baseline shift as a measure of grinding resistance. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 4, p. 1685-1689, 2010.
- KUZNETSOVA, A; BROCKHOFF, P. B.; CHRISTENSEN, R. H. B. “lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models”. **Journal of Statistical Software**, v. 82, n. 13, p. 1-26, 2017.
- KUNG, L.; WINDLE, M. C.; WALKER, N. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 3, p. 1707-1712, Mar. 2014.
- LEMPP, B.; MORAIS, M. G.; SOUZA, L. C. F. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 243-249, jun. 2000.
- MARCONDES, M. M. et al. Aspectos do melhoramento genético de milho para produção de silagem. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 5, n. 2, p. 173-182, 2012.
- MELLO, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 7, n. 1, p. 48-58, 2004.
- MENDIBURU, F de. **Una herramienta de analisis estadístico para la investigación agrícola**. Tese (Doutorado), Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.
- NGONYAMO-MAJEE, D. et al. Relationship between kernel vitreousness and dry matter degradability of near-infrared reflectance spectroscopy calibrations. **Elsevier – Animal Feed Science and Technology**, v. 142, n. 3-4, p. 247-258, 2008.
- NEUMANN, M. et al. Comportamento ingestivo e de atividade de novilhos confinados em silagens de milho de diferentes tamanhos de partículas e altura de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 462-473, 2009.
- OLIVEIRA, F. C. L. de et al. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 4, p. 720-727, 2011.
- OLIVEIRA, L. B. de et al. Produtividade, composição química e características agrônomicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.
- OLIVEIRA, P. C. S. et al. Qualidade na produção de silagem de milho. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 4, p. 0340-0443, 2014.
- PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

PAULO, R.E.C. e RIGO, E.J. Dietas com milho grão inteiro como alternativa em confinamento sem volumoso. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v.3, 2012.

PEREIRA, C. H. **Introgressão de germoplasma temperado para produção de forragem de milho**. 2015. 61p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2015.

PEREIRA, C. H. **Avaliação de populações de milho quanto a densidade, vitreosidade e escore de identificação dos grãos**. 2013. 40p. Monografia, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2013.

PEREIRA, M. N. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14<sup>a</sup> ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 2000.

PIOVESAN, V.; OLIVEIRA, V. de; GEWEHR, C. E. Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 2014-2019, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. 1<sup>a</sup> Ed, Lavras –MG, 2012.

REIS, C. A. F. et al. Seleção de progênies de eucalipto pelo índice Z por MQM e Blup. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 517-523, 2011.

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

RIBAS, M. N. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 1, p. 104-115, 2007.

SANTOS, S. D. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. 2015. 106p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SCHREKS, S. L. K. **The domestication and migration of *Zea mays* L. in association with Holocene climatic variance**. Tese (Doutorado), College of Wooster, 2015.

WATSON, S. A. Corn marketing, processing and utilization. **Corn and corn improvement**. (3<sup>a</sup> Ed.), Madison: ASA, 1988.

WATSON, S. A. Structure and composition. **Corn: chemistry and technology**, Saint Paul, p. 53-82, 1987.

ZILIC, S. et al. Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p. 230-241, 2011.