



**RITA DE KÁSSIA SIQUEIRA TEIXEIRA**

**CONTROLE GENÉTICO DA TAXA DE ACÚMULO DE  
MATÉRIA SECA EM GRÃOS DE MILHOS TROPICAIS**

**LAVRAS – MG  
2017**

**RITA DE KÁSSIA SIQUEIRA TEIXEIRA**

**CONTROLE GENÉTICO DA TAXA DE ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM  
GRÃOS DE MILHOS TROPICAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para a obtenção do título de Doutor.

Orientador  
Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

**LAVRAS – MG  
2017**

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

Teixeira, Rita de Kássia Siqueira.

Controle genético da taxa de acúmulo de matéria seca em grãos de milhos tropicais / Rita de Kássia Siqueira Teixeira. - 2017.

103 p.

Orientador(a): Magno Antonio Patto Ramalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.  
Bibliografia.

1. Melhoramento de Plantas. 2. Genética Quantitativa. 3. Fisiologia da produção. I. Ramalho, Magno Antonio Patto. . II. Título.

**RITA DE KÁSSIA SIQUEIRA TEIXEIRA**

**CONTROLE GENÉTICO DA TAXA DE ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM  
GRÃOS DE MILHOS TROPICAIS**

**GENETIC CONTROL OF DRY MATTER ACCUMULATION RATE IN TROPICAL  
MAIZE GRAINS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 22 de Dezembro de 2017.

Dr. Paulo Cesar Magalhães	EMBRAPA
Dr. João Candido de Souza	UFLA
Dr. José Airton Rodrigues Nunes	UFLA
Dr. Paulo Eduardo Marchori	UFLA

Magno Antonio Patto Ramalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2017**

## AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora pela proteção em todos os momentos, por iluminar meu caminho e conceder-me sempre sabedoria e força.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade de realização do Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos no Brasil e exterior.

Aos meus pais Leonardo e Soraia pelo amor incondicional, dedicação, paciência, incentivo e por todo ensinamento.

Ao meu irmão, Leozinho, pela amizade e companheirismo.

A toda minha família, em especial, minhas avós Terezinha e Doquinha, que sonharam comigo, sempre com bons conselhos e orações.

Ao Professor Dr. Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, confiança na realização do trabalho e perseverança. Exemplo de profissional dedicado que tenho grande admiração e gratidão. Obrigada pela amizade e por ser o “facilitador” sempre. Vou guardar todas as histórias e ensinamentos.

À Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pela amizade, ajuda, e exemplo de dedicação.

Aos demais Professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários, Técnicos do Departamento de Biologia (Léo, Lindolfo e Zé Carlinhos, D. Iron) pela amizade, convivência e toda a ajuda durante a condução dos experimentos.

As secretárias do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e do Departamento de Biologia, Lilian, Rafa e Zélia, pelos vários momentos de ajuda durante o Doutorado.

Aos amigos do Feijão, pela amizade, por toda ajuda na condução dos experimentos e por todos os momentos de risadas, conversas e diversão. Em especial, Reberth, Maiara, Ana, Thaíse, Alice por estarem presente em todos os momentos.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A produtividade de uma planta de milho depende do número e da massa dos grãos (MSG) produzidos. A MSG, por seu turno, é o produto do número de dias do florescimento até a maturação fisiológica e a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos por dia (TAXA). Embora a taxa seja primordial para o sucesso com a cultura, são escassas as informações sobre possibilidades de sucesso com a seleção. As raras informações existentes são restritas às condições temperadas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar se os híbridos em uso no Brasil diferem com relação à TAXA; se essa variação independe da época de cultivo; se ocorre associação da taxa, número de dias para o florescimento feminino (NDF) e para a maturidade fisiológica (NDMF) e a produtividade (PROD); e obter informações do controle genético desses caracteres. Para isso foram utilizadas duas estratégias, na primeira foram realizados cruzamentos dialélicos envolvendo 11 genitores, sendo dez híbridos simples e um híbrido intervarietal. As 55 combinações híbridas e os genitores foram avaliados em quatro experimentos conduzidos em Lavras, MG. Em dois deles a semeadura foi realizada em novembro 2014 e outubro de 2015 e os outros dois em janeiro de 2015 e 2016. Os seguintes dados foram coletados: data de início do florescimento feminino; matéria seca dos grãos obtidos a partir de dez dias após o início do florescimento. As coletas foram realizadas a intervalos de sete dias até a ocorrência de camada preta. Para isso foi amostrada uma planta/parcela. No laboratório, uma amostra de 100 grãos foi retirada da parte central da espiga, obtendo-se a matéria seca. Foi obtida também a produtividade de grãos na colheita. A partir desses dados, as seguintes estimativas foram obtidas: número de dias para o início do florescimento feminino e maturação fisiológica, taxa de acúmulo de matéria seca diária. Utilizando as médias desses caracteres e também da produtividade foram realizadas as análises dialélicas segundo o modelo de Gardner; Eberhart (1966). Constatou-se que: existe variabilidade entre os genitores e os híbridos para todos os caracteres; nenhuma combinação híbrida associou precocidade no florescimento com maior duração do período de enchimento de grãos e alta taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, o que é almejado. A segunda estratégia avaliou as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , de nove híbridos comerciais, em experimentos contíguos. Os dados obtidos foram também NDF, NDMF, TAXA e PROD. Foram obtidas estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) e em homozigose (m+a). Constatou-se que a maior parte da variação foi explicada pelos efeitos aditivos (m+a) para os caracteres NDF, NDMF e TAXA. A dominância (d) foi expressiva especialmente para a produtividade de grãos. Infere-se, contudo que o emprego da taxa como auxiliar do processo seletivo visando o aumento da produtividade de milhos tropicais pode ser de baixa eficiência.

Palavras-chave: Melhoramento de Plantas. Genética Quantitativa. Fisiologia da produção.

## ABSTRACT

The maize plant yield depends on the number and mass of the grains (MSG) produced. MSG in turn is the product of the number of days from silking to physiological maturation and dry matter accumulation rate in grains per day (TAXA). Although the rate is essential for the crop success, information about the possibilities of success with selection is scarce. Rare information is restricted to temperate areas. The aims of this study were to verify whether the hybrids in use in Brazil differ in relation to the TAXA; whether this variation is independent of the growing season; whether there is association of TAXA, number of days to silking (NDF), physiological maturity (NDMF) and yield (PROD), and to obtain information on the genetic control of these traits. To achieve this goal, two strategies were used: in the first, a diallel crossing was carried out involving 11 parents, with ten simple hybrids and one population. The 55 hybrid combinations and the parents were evaluated in four experiments conducted in Lavras, MG. In two of them the sowing dates were in November 2014 and October 2015 and the other two in January 2015 and 2016. The following data were collected: the date when the plot had visible silks; dry matter of the grains obtained from ten days after the onset of silking. The samples were taken each seven days until the black layer occurrence. A plant/plot was sampled. In the laboratory, a sample of 100 grains was removed from the central part of the corn cob, obtaining the dry matter. The yield was also obtained at harvest. From these data, the following estimates were obtained: number of days to silking and physiological maturation, daily dry matter accumulation rate. From the averages of these traits and also of the yield the diallel analyzes were realized according to the Gardner and Eberhart (1966) model. It was verified that: there is variability between the parents and hybrids for all traits; no hybrid combination associated early silking with longer grain-filling period and high dry matter accumulation rate in the grains, which is desired. The second strategy evaluated F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of nine commercial hybrids in contiguous experiments. The data obtained were also NDF, NDMF, TAXA and PROD. The contributions of homozygous ( $m + a$ ) and heterozygous ( $d$ ) loci were estimated for each plot. It was verified that most of the variation was explained by the additive effects ( $m + a$ ) for NDF, NDMF and TAXA traits. The dominance ( $d$ ) was expressive especially for yield. The hybrids identification with potential for extraction lines is possible if the focus is for any of the traits separately. It is inferred, however, that the use of grain filling rate as auxiliary selective process in order to increase the tropical maize yield should be of low efficiency.

**Keywords:** Plant breeding. Quantitative Genetics. Crop physiology.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
2.1 A cultura do milho no Brasil .....	10
2.2 Fases de desenvolvimento da planta de milho .....	13
2.3 Biologia floral do milho e a formação do grão de milho.....	21
2.4 Acúmulo de matéria seca e período de enchimento dos grãos .....	25
2.5 Estimativa do acúmulo de matéria seca nos grãos de milho .....	27
2.6 Controle genético de caracteres .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 2 DURAÇÃO E TAXA DE ACÚMULO DE MATÉRIA SECA NOS GRÃOS COMO CRITÉRIO SELETIVO AO AUMENTO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO</b> .....	<b>36</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
2.1 Local .....	40
2.2 Genitores – Híbridos comerciais de milho .....	41
2.3 Condução dos Experimentos .....	42
2.3.1 Avaliação dos genitores e suas combinações híbridas .....	41
2.3.2 Caracteres mensurado .....	41
2.3.3 Estimativas das variáveis a serem analisadas.....	43
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 3 ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE MÉDIAS DOS CARACTERES RELACIONADOS AO ENCHIMENTO DE GRÃOS DE MILHO</b> .....	<b>75</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>78</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>79</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>93</b>

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produtividade média de grãos no Brasil ( $5,38 \text{ t ha}^{-1}$ ) (CONAB, 2017) é baixa se comparada à obtida em alguns países de clima temperado. Contudo, no país há enorme variação no sistema de manejo. Em algumas regiões as produtividades médias obtidas são equivalentes às maiores encontradas no planeta. Por seu turno, em outras ela é muito baixa. Adicionalmente, o milho é cultivado quase que o ano todo no país, agrupado em duas safras. A primeira que se estende de agosto até novembro/dezembro e a segunda, normalmente em sucessão à soja, que ocorre de janeiro até março/abril. Sobretudo, nessa segunda safra, especialmente precipitação – chuva - não são regulares o que contribui para que a produtividade seja menor.

Deve ser enfatizado que foi expressivo o incremento na produtividade média no país nos últimos 40 anos (RAMALHO; DIAS; CARVALHO, 2012). Enorme esforço da pesquisa vem sendo realizado visando à continuação do incremento na produtividade. O melhoramento genético se destaca pelo enorme volume de linhagens obtidas e híbridos testados anualmente, principalmente pelas empresas privadas.

Inúmeros caracteres são considerados nos programas de melhoramento do milho em todo mundo (GLENN et al., 2017). Todavia, são escassos os trabalhos enfocando a duração do período de enchimento de grãos e da taxa diária de acúmulo de matéria seca, especialmente com milhos cultivados no Brasil. A necessidade da ênfase nesses caracteres se justificou porque eles afetam diretamente a produtividade de grãos das plantas de milho.

O período de enchimento de grãos é dividido em três fases. A primeira é a fase denominada de *lag*. Nessa fase ocorrem inúmeras divisões celulares visando ampliar o número de células, porém o acúmulo de matéria seca ainda é muito pequeno. A segunda, também denominado período efetivo de enchimento de grãos ou período linear. Nessa fase ocorre intenso acúmulo de matéria seca. Ela encerra com o aparecimento da camada negra. Fica fácil argumentar que o ideal é procurar linhagens/híbridos com maior duração possível dessa fase associada a uma grande taxa de acúmulo de matéria seca por dia. A terceira e última fase é denominada de período de secagem após a maturação – *maturation drying*. Como o próprio nome da fase indica o que ocorre é apenas de perda de água nos grãos (YADEGARI, DREWS, 2004; GASURA et al., 2014).

Conforme já salientado, algumas pesquisas já foram realizadas com a cultura do milho visando o estudo da taxa e período de enchimento de grãos (FOYER; GALTIER, 1996; MARCHÃO et al., 2006; GASURA et al. 2013; PRADO et al. 2013). Mesmo sendo realizadas inúmeras pesquisas, os resultados ainda não são conclusivos a respeito do controle genético da duração e taxa de enchimento de grãos. Em princípio, as informações disponíveis apontam que ocorre variabilidade para esses caracteres.

O germoplasma de milho utilizado no Brasil tem enorme diversidade, sobretudo, no que se refere ao ciclo e dureza dos grãos. Entretanto, não foram encontrados relatos da possível existência de variabilidade para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF) e taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA).

Anualmente, as empresas privadas de sementes disponibilizam no mercado centenas de híbridos, sobretudo híbridos simples. Seria importante conhecer o comportamento de alguns desses híbridos a respeito do NDMF e TAXA. Verificar se esse comportamento varia nas duas safras que são comuns no Brasil e se ocorre associação da TAXA, número de dias para o florescimento feminino (NDF), NDMF e a produtividade (PROD). Adicionalmente, obter informações a respeito do controle genético desses caracteres utilizando diferentes metodologias para auxiliar os melhoristas se porventura optarem por realizar a seleção de linhagens/híbridos para esses caracteres.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura do milho no Brasil**

O milho é considerado o cereal mais cultivado no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial do grão, depois dos EUA e China (USDA, 2016). A cultura do milho no Brasil ocupa o segundo lugar em área semeada e em produção, sendo excedida apenas pela soja (CONAB, 2017). A área cultivada com essa cultura foi de 17,2 milhão de ha, na safra 2016/2017, com produção de 92,8 milhões de toneladas e produtividade média de 5383 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). A produtividade média brasileira da cultura aumentou a uma taxa de 94,6 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> nos últimos 44 anos e pelo menos 50% deste aumento deve ser atribuído ao melhoramento genético. Porém, a produtividade ainda é considerada baixa quando comparada à produtividade potencial e a obtida em outros países. Existe ainda uma grande diferença em

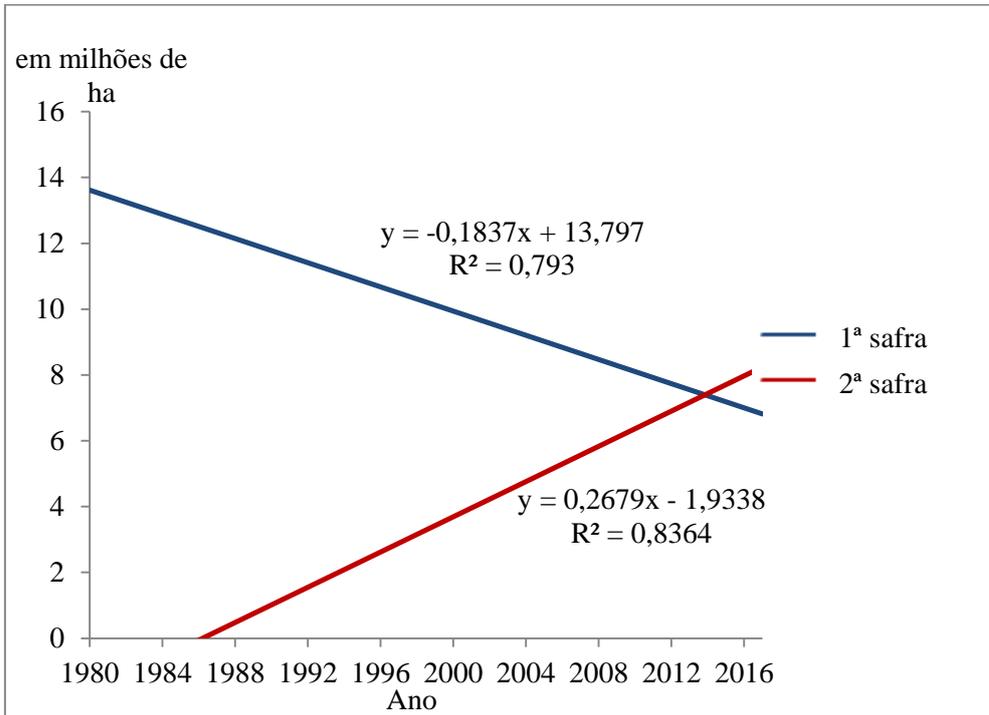
produtividade por região que é devido às diferenças edafo-climáticas, nível tecnológico adotado pelos agricultores e à incidência e suscetibilidade a patógenos e insetos/pragas.

Embora a área cultivada tenha incrementado muito pouco nas últimas décadas, a produção total cresceu a uma taxa de 1,57 milhão de toneladas/ano. Apesar do milho ser cultivado em todo território nacional, a produção é concentrada nas regiões Centro Oeste (48,03%), Sul (29,3%) e Sudeste (12,9%). O estado de Minas Gerais é responsável por 8,4 % da produção brasileira (CONAB, 2017).

Ao contrário dos grandes países produtores, a época de semeadura de milho é muito variável. O Brasil, inclusive, tem nas estatísticas consideradas duas safras (GURGEL, 2012). A primeira, com semeadura de verão, é realizada a partir do final de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro na região Sudeste. A segunda safra, antigamente denominada de "safrinha" é semeada em fevereiro/março, quase sempre em sucessão à soja precoce, com o cultivo predominante na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo.

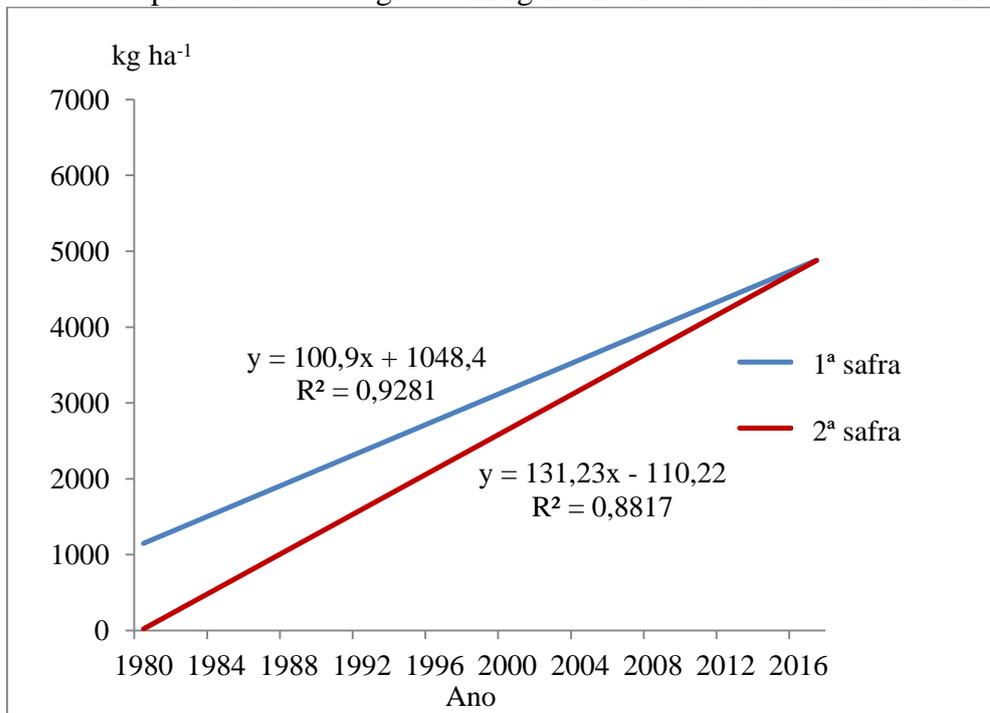
O cultivo em 2ª safra surgiu devido à necessidade de milho para uso na propriedade, especialmente por suinocultores e avicultores. Favoreceu também o seu cultivo, frustrações com outras culturas anteriormente utilizadas com semeadura no período de outono/inverno na ocasião. Adicionalmente, o incentivo a colheita fora da época, obtendo-se preços melhores. O sucesso dos pioneiros da safrinha foi responsável pela ampla adoção dessa segunda safra de milho (CRUZ; PEREIRA FILHO; DUARTE, 2010). O seu crescimento, contudo, acentuou-se após o início dos anos 90, com a expansão da cultura da soja na região Centro-Oeste (FIGURA 1). A produtividade obtida nessa safra é crescente e inclusive a partir de 2016 foi equivalente à obtida na 1ª safra. Isso ocorreu porque a taxa de incremento na produtividade na 2ª safra ( $131,32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) a partir de 1980 foi superior à obtida na 1ª ( $100,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (FIGURA 2). Em consequência do aumento da área e da produtividade por área, a produção na 2ª safra já é equivalente à obtida na primeira (FIGURA 3).

Figura 1 - Regressão linear entre a variável independente (X) ano agrícola e a dependente (Y) área em hectares na 1ª e 2ª safra de milho no Brasil.



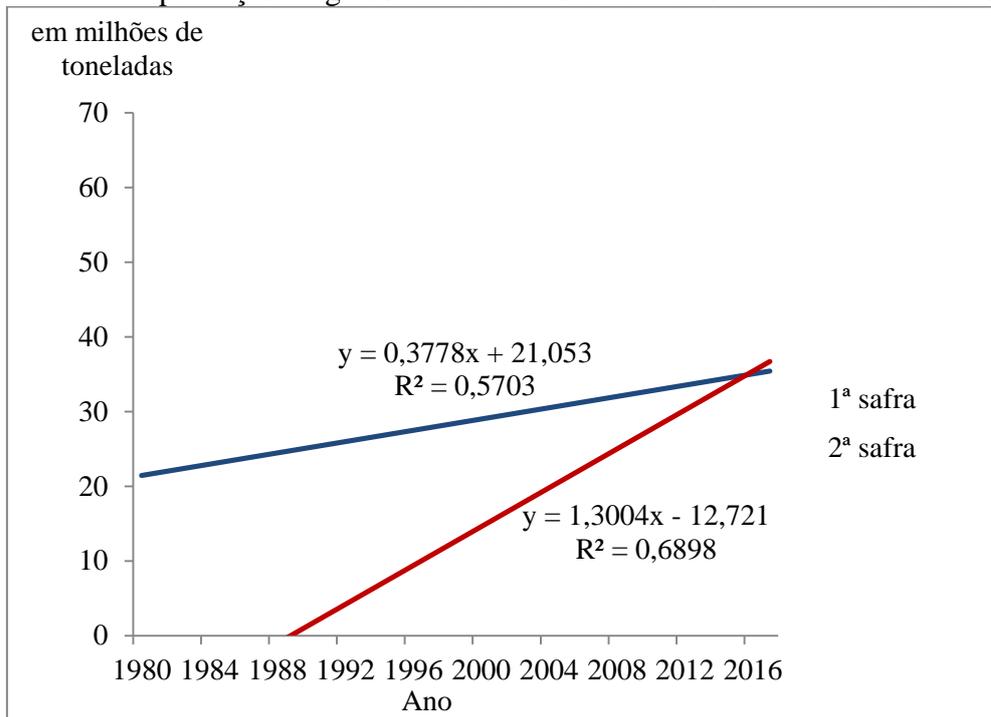
Fonte: Do autor, utilizando dados da Conab (2017).

Figura 2 - Regressão linear entre a variável independente (X) ano agrícola e a dependente (Y) produtividade de grãos em  $\text{kg ha}^{-1}$  na 1ª e 2ª safra de milho no Brasil.



Fonte: Do autor, utilizando dados da Conab (2017).

Figura 3 - Regressão linear entre a variável independente (X) ano agrícola e a dependente (Y) produção de grãos em toneladas na 1ª e 2ª safra de milho no Brasil.



Fonte: Do autor, utilizando dados da Conab (2017).

A produção obtida na 2ª safra tem aumentado e a área semeada na 1ª safra reduziu. Esse decréscimo em área plantada no período da 1ª safra é em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento das semeaduras na 2ª safra. Apesar da segunda safra ser realizada em uma condição desfavorável de clima, as semeaduras estão sendo conduzidas dentro de sistemas de produção que tem sido gradativamente adaptado a estas condições, o que contribuiu para elevar os rendimentos das lavouras.

## 2.2 Fases de desenvolvimento da planta de milho

O crescimento e desenvolvimento da planta de milho são divididos em estádios. Considerando que Magalhães e Durães (2006) fazem um relato detalhado desses estádios, foi publicado em um boletim técnico cuja tiragem não deve ser muito grande, e o que eles escreveram será colocado nessa revisão na íntegra para que outros leitores possam ter acesso.

Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n); em que (n) representa a última folha emitida antes do

pendoamento (Vt). O primeiro e o último estádios V são representados, respectivamente, por (VE, emergência) e (Vt, pendoamento) (TABELA 1).

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

<b>Vegetativo</b>	<b>Reprodutivo</b>
VE - emergência	R1 – Embonecamento
V1 - 1ª folha desenvolvida	R2 - Bolha d'água
V2 - 2ª folha desenvolvida	R3 – Leitoso
V3 - 3ª folha desenvolvida	R4 – Pastoso
V4 - 4ª folha desenvolvida	R5 - Formação de dente
Vn - nª folha desenvolvida	R6 - Maturidade Fisiológica
Vt – pendoamento	

Durante a fase vegetativa, cada estágio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal.

#### **Germinação e Emergência (Estádio VE)**

Em condições normais de campo, as sementes plantadas absorvem água, incham e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleótilo, com plúmula incluída. O estágio VE é atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleótilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequadas, a planta emerge dentro de 4 a 5 dias, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais. Assim que a emergência ocorre e a planta expõe a extremidade do coleótilo, o mesocótilo pára de crescer.

O sistema radicular seminal, que são as raízes oriundas diretamente da semente, tem o seu crescimento nessa fase e a profundidade onde elas se encontram depende da profundidade do plantio. O crescimento dessas raízes, também conhecido como sistema radicular temporário, diminui após o estágio VE e praticamente não existe no estágio V3.

O ponto de crescimento da planta de milho, nesse estágio, está localizado cerca de 2,5 a 4,0 cm abaixo da superfície do solo e se encontra logo acima do mesocótilo. Essa profundidade onde se acha o ponto de crescimento é também a profundidade onde vai-se originar o sistema radicular definitivo do milho, conhecido como raízes nodais ou fasciculada. A profundidade do sistema radicular definitivo independe da profundidade de plantio, uma vez que a emergência da planta vai depender do potencial máximo de alongamento de mesocótilo. O sistema radicular nodal se inicia, portanto, no estágio VE e o alongamento das primeiras raízes se inicia no estágio V1, indo até o R3, após o qual muito pouco crescimento ocorre.

No milho, não é constatada a presença de fatores inibitórios ao processo de germinação, visto que, sob condições ótimas de umidade, os grãos podem germinar imediatamente após a maturidade fisiológica mesmo ainda estando presos à espiga. Em síntese, na germinação, ocorre a embebição da semente, com a conseqüente digestão das substâncias de reserva, síntese de enzimas e divisão celular.

A lentidão na germinação predispõe a semente e a plântula a uma menor resistência a condições ambientais adversas, bom como ao ataque de

patógenos, principalmente fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* e *Macrophomina*. Para uma germinação e emergência mais rápidas, em plantio mais cedo, deve-se optar por uma profundidade de plantio mais rasa, onde a temperatura do solo é mais favorável. Em plantios tardios, as temperaturas do solo são geralmente adequadas em qualquer profundidade e a umidade do solo, nesse caso, é o fator limitante para rápido crescimento.

Se a irrigação está disponível ou uma chuva recente aconteceu, não há com que se preocupar. No entanto, na falta dessas situações, as camadas mais profundas do solo possuem maior teor de umidade, nos plantios tardios.

#### **Estádio V3 (três folhas desenvolvidas)**

O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre aproximadamente duas semanas após o plantio. Neste estágio, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta possui ainda pouco caule formado

Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos, ou a definição da produção potencial, estão sendo definidos nesse estágio. No estágio V5 (cinco folhas completamente desenvolvidas), tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo.

O ponto de crescimento, que se encontra abaixo da superfície do solo, é bastante afetado pela temperatura do solo nesses estágios iniciais do crescimento vegetativo. Assim, temperaturas baixas podem aumentar o tempo decorrente entre um estágio e outro, alongando, assim, o ciclo da cultura, podendo aumentar o número total de folhas, atrasar a formação do pendão e diminuir a disponibilidade de nutrientes para a planta. Uma chuva de granizo ou vento, nesse estágio vai ter muito pouco ou nenhum efeito na produção final de grãos, uma vez que o ponto de crescimento estará protegido no solo. Disponibilidade de água neste estágio é fundamental; por outro lado, o excesso de umidade ou encharcamento, quando o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo, pode matar a planta em poucos dias.

Controle de plantas daninhas nessa fase é fundamental para reduzir a competição por luz, água e nutrientes. Como o sistema radicular está em pleno desenvolvimento, mostrando considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas a planta) poderão afetar a densidade e a distribuição de raízes, com consequente redução na produtividade. Portanto, é recomendada cautela no cultivo.

#### **Estádio V6 (seis folhas desenvolvidas)**

Nesse estágio, o ponto de crescimento e o pendão estão acima do nível do solo, o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento. Nesse estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, os quais encontram-se diretamente ligados à base genética do cultivar, ao estado nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a sua influência negativa na produção.

No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto, encharcamento por períodos de tempo maior que cinco dias poderá acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis.

Estresse hídrico nessa fase pode afetar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da alongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desse modo, para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O déficit de água também vai resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar.

#### **Estádio V9**

Nesse estágio, muitas espigas são facilmente visíveis, se for feita uma dissecação da planta. Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Assim, uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) conseguem completar o crescimento.

Nesse estágio, ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais. O pendão inicia um rápido desenvolvimento e o caule continua alongando. A alongação do caule ocorre através dos entrenós. Após o estágio V10, o tempo de aparição entre um estágio foliar e outro vai encurtar, geralmente ocorrendo a cada dois ou três dias.

Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Há uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta.

#### **Estádio V12**

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, são definidos em V12, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que, nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização.

O número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido, no entanto, a determinação do número de grãos/fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio V17.

Em V12, a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar e observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias (“esporões”). Devido ao número de óvulos e tamanho da espiga serem definidos nessa fase, a deficiência de umidade ou nutrientes pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas. O potencial desses dois fatores de produção está também relacionado com o período de tempo disponível para o estabelecimento deles, o qual corresponde ao período de V10 a V17. Assim, genótipos precoces geralmente, nesses estádios, possuem um período mais curto de tempo e usualmente têm espigas menores que os genótipos tardios. Uma maneira de compensar essa desvantagem dos precoces seria aumentar a densidade de plantio.

#### **Estádio V15**

Esse estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta, em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, um novo estágio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Estilos-estigmas iniciam o crescimento nas espigas.

Em torno do estágio V17, as espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada. Estresse de água ocorrendo no período de duas semanas antes até duas semanas após o florescimento vai causar grande redução na produção de grãos. Porém, a maior redução na produção poderá ocorrer com déficit hídrico na emissão dos estilos-estigmas (início de R1). Isso é verdadeiro também para outros tipos de estresse como deficiência de

nutrientes, alta temperatura ou granizo. O período de quatro semanas em torno do florescimento é o mais importante para irrigação.

#### **Estádio V18**

É possível observar que os “cabelos” ou estilosestigmas dos óvulos basais alongam-se primeiro em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. Raízes aéreas, oriundas dos nós acima do solo, estão em crescimento nesse estágio. Essas raízes contribuem na absorção de água e nutrientes. Em V18, a planta do milho encontra-se a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado.

Estresse hídrico nesse período pode afetar mais o desenvolvimento do óvulo e da espiga que o desenvolvimento do pendão. Com esse atraso no desenvolvimento da espiga, pode haver problemas na sincronia entre emissão de pólen e recepção pela espiga. Caso o estresse seja severo, ele pode atrasar a emissão do “cabelo” até a liberação do pólen terminar, ou seja, os óvulos que porventura emitirem o “cabelo” após a emissão do pólen não serão fertilizados e, por conseguinte, não contribuirão para o rendimento.

Híbridos não prolíficos (produzem apenas uma espiga) produzirão cada vez menos grãos com o aumento da exposição ao estresse, porém, tendem a render mais que as prolíficas em condições não estressantes. As prolíficas, (produzem duas ou três espigas), por sua vez, tendem a apresentar rendimentos mais estáveis em condições variáveis de estresse, uma vez que o desenvolvimento da espiga é menos inibido pelo estresse.

#### **Pendoamento, VT**

Esse estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não tenham ainda emergido. A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilosestigmas; no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilosestígmias expostos, após o período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão. O tempo decorrente entre VT e R1 pode variar consideravelmente, dependendo do híbrido e das condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilo-estigmas da espiga concorre para o aumento da porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades. Em condições de campo, a liberação do pólen geralmente ocorre nos finais das manhãs e início das noites. Neste estágio, a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35° C) podem reduzir drasticamente a produção. Um pendão de tamanho médio chega a ter 2,5 milhões de grãos de pólen, o que equivale dizer que a espiga em condições normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, uma vez que o número de óvulos está em torno de 750 a 1000.

A planta apresenta alta sensibilidade ao encharcamento nessa fase, o excesso de água pode contribuir, inclusive, com a inviabilidade dos grãos de pólen. A falta de água nesse período, além de afetar o sincronismo pendão-espiga, pode reduzir a chance de aparecimento de uma segunda espiga, em materiais prolíficos.

Nos estádios de VT a R1, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expostas. Remoção de folha nesse estágio por certo resultará em perdas na colheita. O período de liberação do pólen se estende por uma a duas semanas. Durante esse tempo, cada “cabelo” individual deve emergir e ser polinizado para resultar num grão.

## **Estádios reprodutivos e desenvolvimento do grão**

### **Estádio R1, Embonecamento e Polinização**

Esse estágio é iniciado quando os estilos-estigmas estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas. O grão de pólen, uma vez em contato com o “cabelo”, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo; geralmente, o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga serem polinizados é de dois a três dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados. O número de óvulos que será fertilizado é determinado nesse estágio. Óvulos não fertilizados evidentemente não produzirão grãos.

Estresse ambiental nessa fase, especialmente o hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dissecação. Não se deve descuidar de insetos como a lagarta-da-espiga, que se alimentam dos “cabelos”. Deve-se combater essas pragas, caso haja necessidade. A absorção de potássio, nessa fase, está completa, enquanto nitrogênio e fósforo continuam sendo absorvidos.

A liberação do grão de pólen pode-se iniciar ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia; no entanto, esse processo raramente exige mais de quatro horas para sua complementação. Ainda sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas. Sua longevidade, entretanto, pode ser reduzida quando submetido a baixa umidade e altas temperaturas.

O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pêlos viscosos do estigma estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada de tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. A fertilização ocorre de 12 a 36 horas após a polinização, período esse variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo-estigma. Assim, o número de óvulos fertilizados apresenta estreita correlação com o estado nutricional da planta, com a temperatura, bem como com a condição de umidade contida no solo e no ar. Evidencia-se, portanto, a decisiva influência do ambiente nessa etapa de desenvolvimento, recomendando-se criterioso planejamento da cultura, com referência principal à época de semeadura e à escolha do cultivar, de forma a garantir as condições climáticas favoráveis exigidas pela planta nesse estágio.

A escolha do genótipo para uma determinada região, assim como a época de semeadura, deve ser fundamentada em fatores como finalidade da produção, disponibilidade de calor e água, ocorrência de veranicos durante o ciclo, bem como no nível tecnológico a ser adotado, entre outros.

### **Estádio R2, Grão Bolha D’água**

Os grãos, aqui, se apresentam brancos na aparência externa e com aspectos de uma bolha d’água. O endosperma, portanto, está com uma coloração clara, assim como o seu conteúdo, que é basicamente um fluido, cuja composição são açúcares. Embora o embrião esteja ainda se desenvolvendo, vagarosamente nesse estágio, a radícula, o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formadas. Assim, dentro do embrião em desenvolvimento, já se encontra uma planta de milho em miniatura. A espiga está próxima de atingir seu tamanho máximo.

Os estilos-estigmas tendo completado sua função no florescimento, estão agora escurecidos e começando a secar. A acumulação de amido está se

iniciando, passando pela fase anterior à sua formação, que é a de açúcares, fluido claro presente nos grãos. Esses grãos estão iniciando um período de rápida acumulação de matéria seca; esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R6. N e P continuam sendo absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para a espiga tem início nesse estágio. A umidade de 85% nos grãos, nessa fase, começa a diminuir gradualmente até a colheita.

### **Estádio R3, Grão Leitoso**

Esta fase é iniciada normalmente 12 a 15 dias após a polinização. O grão se apresenta com uma aparência amarela e, no seu interior, um fluido de cor leitosa, o qual representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo, assim, para o incremento de matéria seca. Tal incremento ocorre devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação. A eficiência dessa translocação, além de ser importante para a produção, é extremamente dependente de água. Embora, nesse estágio, o crescimento do embrião ainda seja considerado lento, ele já pode ser visto, caso haja uma dissecação. Esse estágio é conhecido como aquele em que ocorre a definição da densidade dos grãos.

Os grãos, nessa fase, apresentam rápida acumulação de matéria seca e com cerca de 80% de umidade, sendo que as divisões celulares dentro do endosperma apresentam-se essencialmente completas. O crescimento, a partir daí, é devido à expansão e enchimento das células do endosperma com amido.

O rendimento final depende do número de grãos em desenvolvimento e do tamanho final que eles alcançarão. Um estresse hídrico nessa fase, embora menos crítico que na fase anterior, pode afetar a produção. Com o processo de maturação dos grãos, o potencial de redução na produção final de grãos, devido ao estresse hídrico, vai diminuindo. Embora, nesse período, a planta deva apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se como importante caráter condicionador de produção a extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa após a emergência da espiga. Períodos nublados (ou de reduzida intensidade luminosa) acarretarão, nessa fase, a redução da fotossíntese, aumento do nível de estresse da planta, implicando a redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, e, conseqüentemente, redução também na produção final de grãos, além de favorecer a incidência de doenças do colmo.

Para lavouras destinadas à produção de sementes, esse período assume particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e das folhas rudimentares. Ainda nesse estágio, evidencia-se a translocação efetiva de N e P para os grãos em formação.

### **Estádio R4, Grão Pastoso**

Esse estágio é alcançado com cerca de 20 a 25 dias após a emissão dos estilos-estigmas, os grãos continuam se desenvolvendo rapidamente, acumulando amido. O fluido interno dos grãos passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa e as estruturas embriônicas de dentro dos grãos encontram-se já totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando, dessa feita, um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão. Em condições de campo, tal etapa do desenvolvimento é prontamente reconhecida, pois, quando os grãos

presentes são submetidos à pressão imposta pelos dedos, mostram-se relativamente consistentes, embora ainda possam apresentar pequena quantidade de sólidos solúveis, cuja presença em abundância caracteriza o estágio R3 (grão leitoso).

Os grãos se encontram com cerca de 70% de umidade em R4 e com cerca da metade do peso que eles atingirão na maturidade. A ocorrência de adversidades climáticas, sobretudo falta de água, resultará numa maior porcentagem de grãos leves e pequenos, o que comprometeria definitivamente a produção.

#### **Estádio R5, (Formação de dente)**

Esse período é caracterizado pelo aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão, comumente designada de “dente”, coincide normalmente com o 36° dia após o princípio da polinização.

Nessa etapa, os grãos encontram em fase de transição do estado pastoso para o farináceo. A divisão desses estádios é feita pela chamada linha divisória do amido ou linha do leite. Essa linha aparece logo após a formação do dente e, com a maturação, vem avançando em direção à base do grão. Devido à acumulação do amido, acima da linha é duro e abaixo é macio. Nesse estágio, o embrião continua se desenvolvendo, sendo que, além do acentuado acréscimo de volume experimentado pelo endosperma, mediante o aumento do tamanho das células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior dos grãos.

Alguns genótipos do tipo “duro” não formam dente, daí esse estágio, nos referidos materiais, ser mais difícil de se notar, podendo ser apenas relacionado ao aumento gradativo da dureza dos grãos.

Estresse ambiental nessa fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção, nesse caso, seria relacionada ao peso dos grãos e não ao número de grãos. Os grãos, nesse estágio, apresentam-se com cerca de 55% de umidade.

Materiais destinados à silagem devem ser colhidos nesse estágio, com 33 a 37% de matéria seca. O milho colhido nessa fase apresenta as seguintes vantagens: significativo aumento na produção de matéria seca por área; decréscimo nas perdas de armazenamento, pela diminuição do efluente e aumento significativo no consumo voluntário da silagem produzida.

#### **Estádio R6 (Maturidade Fisiológica)**

Esse é o estágio em que todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de peso seco e vigor, ocorre cerca de 50 a 60 dias após a polinização. A linha do amido já avançou até a espiga e a camada preta já foi formada. Essa camada preta ocorre progressivamente da ponta da espiga para a base. Nesse estágio, além da paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder a sua coloração verde característica.

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30 a 38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que deveria estar com 13 a 15% de umidade, para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18 a 25% de umidade, a colheita já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado.

A qualidade dos grãos produzidos pode ser avaliada pela porcentagem de grãos ardidos, que interfere notadamente na destinação do milho em qualquer segmento da cadeia de consumo. A ocorrência de grãos ardidos

está diretamente relacionada ao híbrido de milho e ao nível de empalhamento a que estão submetidas as suas espigas. De forma indireta, a presença de pragas, adubações desequilibradas e período chuvoso no final do ciclo, atraso na colheita e incidência de algumas doenças, podem influir também no incremento do número de grãos ardidos. A partir do momento da formação da camada preta, que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompe-se o elo entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

### 2.3 Biologia floral do milho e a formação do grão de milho

O milho (*Zea mays* L. spp *mays*) apresenta órgãos masculinos e femininos separados na mesma planta, ou seja, uma espécie monoica. É uma espécie alógama, isto é, de polinização cruzada com até 5% de autofecundação natural.

O pendão ou inflorescência masculina dá origem ao pólen – gameta masculino. O pólen é produzido em uma estrutura especializada denominada de antera. O pendão ocorre por diferenciação do meristema apical, que se inicia poucos dias após a emergência da planta e continua seu desenvolvimento no interior do colmo até seu surgimento na extremidade da planta quando essa cessa seu crescimento. A inflorescência é do tipo panícula, constituída por um eixo central, ou ráquis, do qual surgem várias ramificações secundárias ou laterais e podem surgir ainda as ramificações terciárias. Ao longo das ramificações estão as espiguetas que são dispostas aos pares, contendo uma séssil e outra pedunculada, e arranjadas alternadamente. Elas possuem duas glumas que são brácteas protetoras. As flores estão internamente e consistem da lema e pálea (brácteas florais), envolvendo três estames, duas lodículas e um pistilo abortado (MCSTEEN et al., 2000). Na antese, a lodícula entumece permitindo a emergência das anteras, estrutura onde estão situados os microsporócitos, célula mãe dos grãos de pólen. Os microsporócitos sofrem meiose e após a segunda divisão ocorrem duas endomitoses. Desse modo, os grãos de pólen contêm três núcleos, sendo um vegetativo e dois reprodutivos (RAMALHO et al., 2012).

No período de florescimento, as anteras sofrem uma ruptura de uma de suas extremidades, liberando os grãos de pólen. A saída do pólen inicia-se a partir do eixo principal do pendão, de cima para baixo. A liberação permanece por um período de dois a quatorze dias, sendo que a maioria dura de cinco a oito dias após a antese, com máximo no terceiro dia. Cada antera é capaz de produzir, em média, 400 grãos de pólen, como existem em um pendão milhares de anteras são produzidos milhões de grãos de pólen, quantidade essa

muitas vezes superior à necessária para fertilizar todos os óvulos de uma espiga (VIANA et al., 1999).

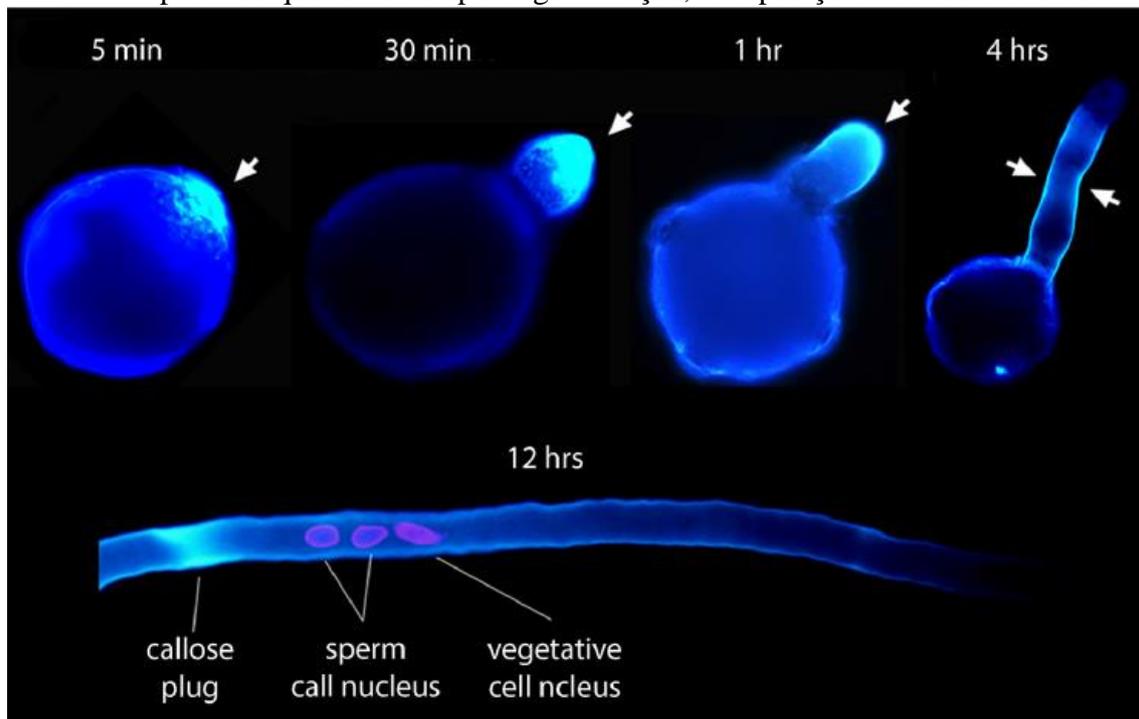
Já a inflorescência feminina, também chamada de espiga ou boneca, ocorre por diferenciação das gemas existentes nas axilas foliares do colmo. A espiga é composta pela palha, sabugo e flores femininas, ou espiguetas. A palha, também denominada de bainha foliar, envolve as inflorescências, sobrepondo uma palha em relação às outras (GOODMAN; SMITH, 1987). As espiguetas são envolvidas parcialmente pelas glumas e compreendem internamente uma flor coberta parcialmente pela lema e pálea. Cada espigueta possui duas flores, uma pedicelada e outra séssil, sendo que apenas a flor superior de cada espigueta é funcional, já que a inferior geralmente é atrofiada. A flor feminina é constituída de estigma, estilete e ovário. O ovário está situado na posição basal da flor, sendo constituído pela parede que dará origem ao tegumento da semente e pelo óvulo. Esse por sua vez é constituído pelo funículo, integumentos, micrópila, nucela e saco embrionário. O saco embrionário origina-se a partir da célula-mãe, denominada megasporócito. Este sofre uma divisão meiótica que originará duas células; uma delas irá degenerar e formará o corpúsculo polar, a outra formará o megasporócito primário. A segunda divisão dará origem a quatro células com metade do número de cromossomos, mas apenas uma será viável e as demais irão se degenerar. O estilete ou estilo faz a conexão entre o estigma e o ovário. Esse conjunto formado pelo estilete e estigma é denominado de cabelo ou barba da espiga (DUMAS; MONGENSEN, 1993). Os estiletos e estigmas tornam-se receptivos logo após sua emergência, permanecendo assim por cerca de 14 dias. A secreção liberada pelo estigma estimula a germinação do grão de pólen e este, por sua vez, por meio das informações existentes no núcleo vegetativo irá produzir todas as substâncias necessárias ao crescimento e desenvolvimento do tubo polínico no interior do estilete. Em uma espiga aparecem centenas de flores femininas, dispostas em fileiras duplas alinhadas longitudinalmente em torno do sabugo.

A única célula viável, o megásporo, refere-se ao saco embrionário que se desenvolve dentro do óvulo e sofre três endomitoses, isto é sem ocorrência de citocinese. Posteriormente, esses núcleos irão originar sete células de quatro tipos diferentes: três células antípodas, duas sinérgides, uma oosfera e uma célula central com os dois núcleos polares (YADEGARI; DREWS, 2004).

Para a formação do grão do milho ou qualquer vegetal é necessário ocorrer a formação do tubo polínico. Como já mencionado, nas anteras é produzido milhões de grãos de pólen. Esses levados pelo vento caem no estigma – cabelo do milho- ocorrendo o que se denomina polinização. O estigma é constituído de vários septos.

Após a polinização o grão de pólen penetra no estigma e inicia a formação do tubo polínico. Ele cresce inicialmente de modo lento e posteriormente mais rapidamente. O seu crescimento atinge o comprimento do estigma do milho, em certos casos até 50 cm. Hafidh; Fila e Honys (2016) apresentam a Figura 4, que ilustra bem como ocorre o processo de crescimento do tubo polínico ao longo do tempo.

Figura 4 - Distribuição de calose no grão de pólen e durante a germinação do tubo polínico. A partir de quatro horas após a germinação, a disposição de calose é visível.



Fonte: Adaptado de Hafidh; Fila e Honys, 2016.

O tubo polínico atinge a micrópila e penetra orientada pela sinérgides (YADEGARI; DREWS, 2004). A partir desse ponto ocorre o que denomina dupla fertilização e tem como resultado a produção da célula ovo ou zigoto que dará origem ao embrião pela união de uma célula reprodutiva com a célula da oosfera. A outra união será da outra célula reprodutiva existente no tubo polínico com a célula dos dois núcleos polares, originando uma célula triploide,  $2n = 3x = 30$  cromossomos.

Após a ocorrência da fertilização, os endospermas podem apresentar diferentes níveis de ploidia, desde diploides até octaploides, gerados com apenas um conjunto cromossômico paterno. No entanto, somente os endospermas triploides, ou seja, com relação de um genoma parental para dois maternos, desenvolvem completamente (LIN, 1984).

O desenvolvimento do endosperma do grão de milho é denominado nuclear e é o tipo mais comum. Durante esse processo, o núcleo do endosperma sofre várias divisões sem citocinese para produzir um grande número de núcleos poliploides que se situarão ao longo de sua parede, aumentando o tamanho e na quantidade de DNA (KOWLES; PHILLIPS, 1988). A mudança mais significativa ocorre entre 10 e 20 dias após a polinização, na qual as células aumentam de 3C para 690C. A citocinese inicia-se, progredindo em direção ao grande vacúolo central até o endosperma se tornar totalmente celular, de forma que o vacúolo ocupa quase a totalidade inferior do saco embrionário (LOPES; LARKINS, 1993).

Diversas características especializadas da organização e expressão do genoma são investigadas no tecido do endosperma. Embora não tenha sido amplamente estudado, um aumento intenso no conteúdo do DNA nuclear é bastante comum durante o desenvolvimento do endosperma.

A reserva de carboidratos é extremamente importante para o embrião como fonte de energia e carbono para aguardar o momento em que a planta inicie a fotossíntese. Dessa forma, o endosperma é o primeiro local de armazenamento deste tipo de carboidrato. No entanto, em muitas espécies o principal carboidrato armazenado é o amido, sintetizado a partir da sacarose e transportado para o endosperma em desenvolvimento (LOPES; LARKINS, 1993). O aumento da produtividade de grãos de milho é evidentemente dependente da eficiência na deposição de grandes reservas no endosperma, como o amido.

O endosperma também contém várias proteínas, sendo as proteínas de armazenamento consideradas mais abundantes. Essas proteínas acumulam com a finalidade de armazenar nitrogênio e enxofre para o momento que a plântula está crescendo, mas o papel principal é proteger as sementes de patógenos e predadores, e fornecer funções biosintéticas. As proteínas de armazenamento costumam ter alto teor de amido e em alguns casos são ricas em aminoácidos contendo enxofre (LOPES; LARKINS, 1993).

A etapa seguinte e essencial ao desenvolvimento das sementes é a maturação, que termina quando ocorre o aparecimento da camada negra. Esse é o estágio em que se observa o máximo de acúmulo de matéria seca. A formação da camada preta indica que rompeu o elo

entre a planta mãe e o fruto, ou seja, houve obstrução dos vasos e a paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos (RITCHIE; HANWAY, 1989; MAGALHÃES et al., 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O ponto de máxima produção ou ponto de maturidade fisiológica da semente (PMF) determina também o momento ideal para a colheita.

Conhecido botanicamente por uma cariopse, o grão de milho é formado por três principais estruturas: endosperma, embrião e tegumento. O endosperma constitui 82% da matéria seca do grão, enquanto o embrião representa aproximadamente 12% e o pericarpo 6% do grão (TOSELO, 1987).

#### **2.4 Acúmulo de matéria seca e período de enchimento dos grãos**

O acúmulo de matéria seca desempenha um papel decisivo em relação ao peso e produção de grãos. O acúmulo de matéria seca depende das condições ambientais e principalmente, do genótipo. Beleze et al. (2003) verificaram que existe correlação positiva entre o teor de matéria seca nos grãos e a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

O período de enchimento de grãos em milho pode ser dividido em três fases, sendo a primeira, a fase *lag*, na qual ocorre intensa divisão celular e diferenciação; a fase seguinte é a linear, caracterizada pelo rápido acúmulo de matéria seca; e a última é a fase final em que a semente atinge a maturidade fisiológica (LEE; TOLLENAAR, 2007). Esses autores destacam a fase linear, já que mais de 90% da matéria seca total do grão é acumulada durante o denominado período efetivo de enchimento de grãos.

A taxa de enchimento dos grãos depende do tamanho e do número de células do endosperma formadas durante as duas primeiras semanas após a antese. Além disso, muitos fatores fisiológicos e ambientais influenciam a taxa de enchimento de grãos, como umidade do solo (BORRÁS et al., 2003), peso e número de grãos (BORRÁS; OTEGUI, 2001), teor de nitrogênio no solo (TA; WEILAND, 1992), porém os fatores genéticos são os principais determinantes da taxa de enchimento de grãos, enquanto os fatores ambientais determinam principalmente a duração do período de enchimento (GASURA et al. 2013).

Borrás et al. (2003) relata que a seca durante o período de enchimento de grãos faz com que o processo de dessecação natural inicie prematuramente em milho, e conseqüentemente diminui a duração efetiva do período de enchimento de grão.

A partir de experimentos de avaliação de épocas de semeadura conduzidos na China, Zhou et al. (2017) avaliaram matéria seca dos grãos, acúmulo da matéria seca, duração do período de enchimento, número de dias para o florescimento e produtividade de grãos. Os autores observaram que a semeadura tardia reduziu acentuadamente o peso de grãos, devido principalmente aos principais fatores climáticos que são a temperatura e radiação. Diante disso, concluiu-se que as variações climáticas durante o período de enchimento de grãos tem grande influência na taxa e duração do período de enchimento, bem como no peso final dos grãos.

A duração e a taxa de enchimento de grãos em milho determinam a produtividade de grão (TAKAI et al, 2005). Assim, a duração e a taxa de enchimento são consideradas caracteres secundários que podem ser utilizados na seleção visando o aumento na produtividade de grãos, tanto em milho precoce quanto em tardio. Diversos autores reportaram a existência de variabilidade para a duração e a taxa de enchimento de grãos em diferentes genótipos de milho (WANG et al., 1999; GAMBIN et al., 2007; BORRÁS et al., 2009; MAGOROKOSHO et al., 2009), confirmando a possibilidade do uso desses caracteres para a seleção visando maior produtividade.

Um trabalho foi realizado utilizando marcas moleculares para identificar genes candidatos durante o período de enchimento de grãos. Para isso, Zhang et al. (2016) utilizaram 290 linhagens, sendo 220 linhagens chinesas e 70 linhagens elite dos Estados Unidos, e 201 marcadores microssatélites. As linhagens foram semeadas em dois anos consecutivos na China. Após a obtenção da matéria verde e seca, as taxas de enchimento de grão foram estimadas. Observou-se significância para o efeito de linhagens, período de tempo, interação períodos de tempo x anos, períodos de tempo x linhagens e períodos de tempo x anos x linhagens. As taxas de enchimento de grãos das linhagens apresentaram uma ampla variação fenotípica e as herdabilidades variaram de 54 a 81,20%. Somente 20 linhagens foram selecionadas e 33 associações detectadas foram significativas para esse caráter. Além disso, dois genes candidatos *sus1* e *pdk1* identificados são possivelmente ligados aos dois marcadores umc1771 e mmc0241. O produto do gene *sus1* foi a síntese da sacarose que pode influenciar no enchimento de grão por meio da regulação da síntese de sacarose (ECHT; CHOUREY, 1985). O gene *pdk1* tem um papel importante na fotossíntese de plantas C4 como o milho (BURNELL; HATCH, 1986). Os genes candidatos identificados atuam na via de síntese de amido e possivelmente no controle da taxa de enchimento de grãos.

Um dos trabalhos pioneiros a respeito do controle genético da taxa e duração do enchimento de grãos de milho foi o de Kimani (1983). O autor estudou efeito recíproco e influências ambientais em algumas características agrônômicas, dentre elas, produtividade, período total e efetivo de acúmulo de matéria seca, número de dias para o florescimento, altura de planta e da espiga, número de linhas e de grãos por espiga, comprimento e circunferência de espiga. Foram utilizadas oito linhagens e realizado um cruzamento dialélico. Os  $F_1$ 's e recíprocos foram avaliados em dois locais em dois anos no delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Foi observado que a capacidade geral de combinação (CGC) foi significativa para a taxa e período de enchimento de grãos, e também para a produtividade. A CGC foi mais importante que a capacidade específica de combinação (CEC) para o período efetivo de enchimento de grãos. A maioria dos caracteres não apresentou efeito recíproco. Além disso, a produtividade de grãos foi positivamente correlacionada com a taxa e a duração do enchimento de grãos.

Assim, a partir da proposta de aumentar a produtividade de grãos, uma alternativa é compreender melhor a taxa de enchimento de grãos por meio do estudo genético desse caráter em programas de melhoramento.

## **2.5 Estimativa do acúmulo de matéria seca nos grãos de milho**

A estimativa do acúmulo de matéria seca nos grãos de milho é bastante frequente na literatura, mas essa revisão será focada no trabalho de Gasura et al. (2013) que é um dos mais recentes. Os autores pesquisaram sobre a possibilidade de utilizar características secundárias, como a taxa e a duração do enchimento de grãos como características a serem utilizadas na seleção visando o aumento na produtividade de grãos em milho tropical de ciclo precoce.

Os autores utilizaram 15 linhagens de milho para realização dos cruzamentos e obtenção de 44 híbridos  $F_1$ . Os parâmetros avaliados para o enchimento de grãos iniciaram com a amostragem, semanalmente, das espigas de milho. Foram retirados 10 g de grãos de cada espiga a partir de duas semanas após a polinização, e submetidos à secagem à 80°C por 96h. O procedimento foi repetido até alcançarem a maturidade fisiológica. Foi utilizada uma equação log-linear,  $y = \ln(x) + b$ , em que  $y$  é a porcentagem de matéria seca da amostra no dia  $x$ ,  $b$  é a inclinação da curva (taxa de aumento da porcentagem de matéria seca em escala logarítmica) e  $x$  é o dia da amostragem. Foi obtido o período de cada fase de enchimento de

grãos, número de dias até o florescimento e a maturidade fisiológica, a taxa e a duração de enchimento de grãos, número de grãos por fileira e produtividade de grãos.

Os dados de todas as características foram submetidos à análise de variância. As variâncias genéticas, fenotípicas e covariâncias foram obtidas. Foram estimadas as correlações entre as características. O ganho na seleção indireta para produtividade de grãos com base nas características secundárias também foi estimado.

A produtividade de grãos entre os híbridos foram diferentes. A taxa de enchimento de grãos apresentou correlações positivas com a produtividade de grãos e número de grãos por espiga. Os ganhos estimados pela seleção indireta para produtividade de grãos com base na duração e na taxa de enchimento de grãos foram inferiores a 1%. Os resultados evidenciam que é possível desenvolver híbridos de milho com alta produtividade combinando maior taxa de enchimento e maior duração do período de enchimento de grãos. Foram identificados híbridos que apresentaram os fenótipos desejáveis para essas características. Dessa forma, pode-se incrementar a produtividade de grãos do milho.

Gasura et al. (2014) estudaram a variabilidade genética dessas características também utilizando linhagens precoces de milho tropical. Para isso foram avaliadas 18 linhagens elites do programa de melhoramento tropical do CIMMYT – Zimbabwe. O delineamento utilizado foi o alfa látice com duas repetições. Dois experimentos foram conduzidos, um sob irrigação controlada e sob ocorrência natural de chuvas. Foram obtidas matéria verde e seca dos grãos e a produtividade. Os resultados mostraram diferença significativa para os caracteres produtividade de grãos, taxa, período total e efetivo do enchimento de grãos. Algumas linhagens apresentaram altas taxas combinada com longa duração do período efetivo de enchimento de grãos. A produtividade de grãos foi correlacionada positivamente com a taxa e o período de enchimento de grãos, porém a taxa foi negativamente correlacionada com o período efetivo de enchimento de grãos. Essas correlações positivas mostram a influência desses caracteres secundários na produtividade de milho. Já que uma alta taxa de enchimento juntamente com um longo período de enchimento de grãos implica no maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos, e conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca. Esses resultados estimulam a continuidade dos trabalhos visando o emprego desses caracteres no melhoramento da cultura do milho.

## 2.6 Controle genético de caracteres

Existem vários procedimentos que podem ser utilizados no estudo do controle genético dos caracteres (BERNARDO, 2010; HALLAUER, CARENA, MIRANDA FILHO, 2010; RAMALHO et al. 2012). Entre esses procedimentos, os cruzamentos dialélicos estão entre os mais utilizados e receberão maior ênfase nessa revisão.

Os cruzamentos dialélicos correspondem ao intercruzamento dos genitores dois a dois. Existem alguns tipos de cruzamentos dialélicos que foram relatados por Cruz et al. (2004), sendo eles dialelos completos ou balanceados, parciais, circulantes, incompletos ou desbalanceados. Os dialelos completos são aqueles em que incluem os híbridos na geração F<sub>1</sub> ou F<sub>2</sub>, ou qualquer outra geração entre todos os pares de combinações dos genitores. Os genitores também podem ser considerados. As análises dos cruzamentos dialélicos podem ser realizadas por diferentes procedimentos (HAYMAN, 1954; GRIFFING, 1956; GARDNER; EBERHART, 1966). Nessa revisão o foco será a metodologia proposta por Gardner e Eberhart (1966).

O procedimento de análise dos dialelos de Gardner e Eberhart (1966) é empregado em estudos da heterose. O modelo faz a decomposição da heterose (h) em heterose média (h<sub>m</sub>) atribuída a todos os cruzamentos; heterose referente a cada um dos genitores (h<sub>i</sub> e h<sub>j</sub>) e a heterose específica ou capacidade específica que é pertencente a cada cruzamento (s<sub>ij</sub>). Desta forma, a heterose é decomposta em:

$$h = h_m + h_i + h_j + s_{ij}$$

A capacidade geral de combinação (g<sub>i</sub>) é obtida por meio da expressão apresentada por Vencovsky e Barriga (1992):

$$g_i = (1/2) v_i + h_i$$

em que:

v<sub>i</sub>: é o efeito do genitor de ordem i

h<sub>i</sub>: é a heterose do genitor i

Singh e Singh (1984) ao comparar alguns modelos existentes, afirmaram que por decompor a heterose em diferentes componentes, o proposto por Gardner e Eberhart (1966) forneceu informações mais detalhadas sobre a capacidade de combinação.

Vencovsky (1970) salienta que a heterose média é função linear da dominância e das variâncias das frequências gênicas entre os genitores, podendo ser aumentada se houver aumento da variância das frequências gênicas, no mínimo em parte dos locos dominantes. Se o genitor revela valores positivos para heterose, indica que há dispersão das frequências gênicas em relação à frequência gênica média. Entretanto, genitores que apresentam valores negativos para heterose, indicam que estes apresentam menor diversidade em relação aos demais genitores.

Outra maneira de se estudar os caracteres quantitativos em diversas culturas e também no milho é por meio da contribuição dos locos em homozigose e heterozigose. Considera-se que o desempenho da geração  $F_1$  de um híbrido é decorrente da  $m+a+d$  e a geração  $F_2$  é  $m+a+1/2d$ . Assim, a contribuição dos locos em homozigose é representada por  $m+a$  e também se refere à média da linhagem na geração  $S_\infty$ . Enquanto o  $d$  é a contribuição dos locos em heterozigose, isto é, o desvio dos heterozigotos em relação à média (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012).

A contribuição dos locos em homozigose é dependente do desempenho das linhagens “per se” e a dos locos em heterozigose depende da divergência entre as linhagens e da existência de dominância no controle do caráter. Dessa forma, para obtenção de bons híbridos, é necessário um desempenho superior das linhagens “per se” e que elas sejam divergentes. As linhagens, por sua vez, são obtidas por meio de autofecundação e tem como consequência a depressão por endogamia, que deve ser considerada na escolha da população como fonte de linhagens.

A estimativa de  $m+a$  também fornece o potencial de uma população para a extração de linhagens (VENCOVSKY, 1987). Trata-se de uma alternativa para a identificação dos híbridos mais promissores. Visto que a utilização de híbridos para extração de linhagens é comum em programas de melhoramento, principalmente porque há uma melhor adaptação (TROYER, 1999).

Informações a respeito da estimativa de  $m+a$  e  $d$  para caracteres relacionados ao florescimento, período e taxa de enchimento de grãos são escassas na literatura. Contudo, para produtividade de grãos alguns trabalhos já foram realizados (LIMA et al. 1999; SOUZA SOBRINHO, 2001; VIANA et al, 2009; RIBEIRO et al., 2014). Os autores relatam, sobretudo, efeito expressivo da dominância na expressão desse caráter.

## REFERÊNCIAS

- BELEZE, J. R. F. et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes estádio de maturação. Concentrações dos componentes estruturais e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 538-545, 2003.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 Ed. Woodbury: Stemma Press. 400 p. 2010.
- BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to postflowering source–sink ratio. **Crop Science**, v. 41, p. 1816–1822, 2001.
- BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. **Annals of Botany**, v. 91, p. 857-867, 2003.
- BORRÁS, L.; ZINSELMEIER, C.; SENIOR, M. L. Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm. **Crop Science**, v. 49, p. 999-1009, 2009.
- BURNELL, J.; HATCH, M. D. Activation and inactivation of an enzyme catalyzed by a single, bifunctional protein: a new example and why. **Arch Biochem Biophys**, v. 245, p. 297–304, 1986.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. Ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 424 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos: Safra 2016/17**. v. 12, Brasília, p. 1-1822016. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 16 nov. 2017
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. ; DUARTE, A. P. **Árvore do conhecimento: Milho safrinha**. 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html#>> Acesso em: 07 jun. 2017.
- DUMAS, C.; MOGENSEN, H. L. Gametes and fertilization: maize as a model system for experimental embryogenesis in flowering plants. **Plant Cell**, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1337-1348, Oct. 1993.
- ECHT C. S.; CHOUREY, P. S. A comparison of two sucrose synthetase isozymes from normal and shrunken-7 maize. **Plant Physiol.**, v.79, p. 530–536, 1985.
- FOYER, C. H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E. e SCHAFFER, A.A. (Eds.) **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. New York, Marcel Dekker, 1996. p.311-340.

GAMBIN, B.L., BORRAS, L.; OTEGUI, M. E. Kernel water relations and duration of grain filling in maize temperate hybrids. **Field Crops Research**, v. 101, p. 1–9, 2007.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 1, p. 439-452, Jan. 1966.

GASURA, E. et al. Exploiting grain-filling rate and effective grain-filling duration to improve grain yield of early-maturing maize. **Crop Science**, v. 53, p. 2295-2303, 2013.

GASURA, E.; SETIMELA, P. S.; TAREKEGNE, A.; ICISHAHAYO, D.; EDEMA, R.; GIBSON, P. T.; OKORI, P. Variability of grain-filling traits in early maturing CIMMYT tropical maize inbred lines. **Crop Science**, v. 54, p. 530-536, 2014.

GLENN, K. C.; ALSOP, B.; BELL, E.; GOLEY, M.; JENKINSON, J.; LIU, B.; MARTIN, C.; PARROT, W.; SOUDER, C.; SPARKS, O.; URQUHART, W.; WARD, J. M.; VICINI, J. L. Bringing new plant varieties to market: plant breeding and selection practices advance beneficial characteristics while minimizing unintended changes. **Crop Science**, v. 57, p. 1-16, 2017.

GOODMAN, M. M.; SMITH, J. S. C. Botânica. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 39-78.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.

GURGEL, F. L. **A cultura do milho**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/31650688/A-Cultura-Do-Milho>> Acesso em: 03 de ago. 2014.

HAFIDH, S.; FILA, J.; HONY, D. Male gametophyte development and function in angiosperms: a general concept. **Plant Reprod**, v. 29, p. 31-51, 2016.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, 2010.

HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, v.39, p.789-809, 1954.

KIMANI, P. M. Diallel analysis of rate and duration of grain fill and other agronomic traits in eight inbred lines of maize (*Zea mays* L.). **Dissertation Abstracts International, B. Sciences and Engineering**, 44: 3262B (Plant Breed. Abst., 55–1706, 1985) 1984.

KOWLES, R. V.; PHILLIPS, R. L. Endosperm development in maize. **International Review of Cytology**, v. 112, p. 97-136, 1988.

LEE, E. A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, v. 47, p. 202–215, 2007.

LIMA, M. W. de P. **Alternativa de escolha de populações de milho para extração de linhagens**. 1999. 49 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIN, B. Y. Ploidy barrier to endosperm development in maize. **Genetics**, v. 107, p. 103-115, 1984.

LOPES, M. A.; LARKINS, B. A. Endosperm origin, development, and function. **The Plant Cell**, v. 5, p. 1383-1399, Oct. 1993.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção de Milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 10 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76).

MAGALHÃES, P. C. et al. Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, 1994, Goiânia. **Resumos**. Goiânia: ABMS, 1994. p. 190.

MAGOROKOSHO, C.; VIVEK, B.; MACROBERT, J. **Characterization of maize germplasm grown in eastern and southern Africa: Results of the 2008 regional trials coordinated by CIMMYT**. CIMMYT, Harare, Zimbabwe. 2009.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos de milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.

MCSTEEN, P.; LAUDENCIA-CHINGCUANCO, D.; COLASANTI, J. A floret by any other name: control of meristem identity in maize. **Trends in Plant Science**, London, v. 5, n. 2, p. 61-66, Feb. 2000.

PRADO, S. A. et al. Lines and derived hybrid performance for grain filling traits in maize. **Crop Science**, v. 53, p. 1636-1645, 2013.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na agropecuária**. 3.ed. Lavras: UFLA, 2012, v. 1, p. 472.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; DIAS, L. A. dos S.; CARVALHO, B. L. Contributions of plant breeding in Brazil: progress and perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, n. SPE, p. 111-120, 2012.

RIBEIRO, C. B.; RAMALHO, M. A. P.; PRADO, P. E. R. Contribuição dos caracteres vegetativos e reprodutivos da planta de milho para a heterose na produção de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 59-68, 2014.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology / Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report 48).

SINGH, M.; SINGH, R. K. A comparison of different methods of half-diallel analysis. **Theor Appl Genet**, v. 67, n. 4, p. 323-326, 1984.

SOUZA SOBRINHO, F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. de. Genetic diversity and inbreeding potential of maize commercial hybrids. **Maydica** (Bergamo), v. 46, p. 171-175, 2001.

TA, C. T.; WEILAND, R. T. Nitrogen partitioning in maize during ear development. **Crop Science**, v. 32, p. 443-451, 1992.

TAKAI, T.; FUKUTA, Y.; SHIRAIWA, T. et al. Time-related mapping of quantitative trait loci controlling grain-filling in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.56, p. 2107-2118, 2005.

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.R. (eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, p. 373-408.

TROYER, A. F. Background of U.S. hybrid corn. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 3, p. 601-626, May/June 1999.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **FAS Grain: World Markets and Trade**. 2016. Disponível em: < <http://www.worldofcorn.com/#world-corn-production>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-209.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. Tese (livre-docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970. 58 p.

VIANA, F. M. S. et al. Hibridação em milho. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 401-426.

VIANA, L. F.; SOUZA, J. C.; MACHADO, J. C. LIMA, J. L. Predição de médias de linhagens obtidas de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1999-2004, 2009

WANG, G.; KANG, M.S.; MORENO, O. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, v. 61, p. 211-222, 1999.

YADEGARI, R.; DREWS, G. N. Female Gametophyte Development. **The Plant Cell**, v. 16, p. 133-141, 2004.

ZHANG, J.; GUO, J.; LIU, Y.; ZHANG, D.; ZHAO, Y.; ZHU, L.; HUANG, Y.; ZHANG, Z.; CHEN, J. Genome-wide association study identifies genetic factors for grain filling rate and grain drying rate in maize. **Euphytica**, v. 212, p.201-212, 2016.

ZHOU, B.; YUE, Y.; SUN, X.; DIN, Z.; MA, W.; ZHAO, M. Maize kernel weight responses to sowing date associated variation in weather conditions. **The Crop Journals**, v. 5, p. 43-51, 2017.

**CAPÍTULO 2 DURAÇÃO E TAXA DE ACÚMULO DE MATÉRIA SECA NOS  
GRÃOS COMO CRITÉRIO SELETIVO AO AUMENTO NA PRODUTIVIDADE DE  
MILHO**

## RESUMO

Entre os caracteres que mais afetam a produtividade de grãos de milho estão duração e a taxa de enchimento de grãos. Informações sobre a variabilidade e controle genético e associação desses caracteres com a produtividade são escassas na literatura. Os objetivos desse trabalho foram verificar: se os híbridos em uso no Brasil diferem com relação à duração e a taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA); se essa variação independe da época de cultivo; se ocorre associação da TAXA com o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e a maturidade fisiológica (NDMF) e a produtividade (PROD); obter informações do controle genético e avaliar o emprego desses caracteres como critério seletivo nos programas de melhoramento do milho visando a maior produtividade de grãos. Foram realizados cruzamentos dialélicos envolvendo 11 genitores, sendo dez híbridos simples e um híbrido intervarietal. As 55 combinações híbridas e os genitores foram avaliados em quatro experimentos conduzidos em Lavras, MG. Em dois deles a semeadura foi realizada em novembro 2014 e outubro de 2015 e os outros dois em janeiro de 2015 e 2016. Os seguintes dados foram coletados: data de início do florescimento feminino; matéria seca dos grãos obtidos a partir de dez dias após o início do florescimento e repetida a intervalos de sete dias até a ocorrência da camada preta. Para isso foi amostrada uma planta/parcela. No laboratório, uma amostra de 100 grãos foi retirada da parte central da espiga, obtendo-se a matéria seca. Foi obtida também a produtividade de grãos na colheita. A partir desses dados, as seguintes estimativas foram obtidas: número de dias para o início do florescimento feminino e maturação fisiológica, taxa de acúmulo de matéria seca diária. Utilizando as médias desses caracteres e também da produtividade foram realizadas as análises dialélicas segundo o modelo de Gardner; Eberhart (1966). Constatou-se que existe variabilidade entre os genitores e os híbridos para todos os caracteres; nenhuma combinação híbrida associou precocidade no florescimento com maior duração do período de enchimento de grãos e alta taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, o que é almejado; contudo, para cada caráter isoladamente foi possível identificar combinações híbridas promissoras, sobretudo para a obtenção de novas linhagens; o emprego da taxa como auxiliar do processo seletivo visando aumentar a produtividade de milhos tropicais deve ser de baixa eficiência.

**Palavras-chave:** Melhoramento de plantas. Genética quantitativa. Dialélico. Enchimento de grãos. Produtividade.

## ABSTRACT

Among traits that most affect maize yield are grain filling period and rate. Information about the variability, genetic control and association of these traits with yield are scarce in the literature. The aims of this work were to verify: if the hybrids in use in Brazil differ in relation to the duration and rate of dry matter accumulation (TAXA); if this variation is independent of the growing season; if there is association of TAXA with the number of days to silking (NDF) and physiological maturity (NDMF) and yield; to obtain genetic control information and to evaluate the use of these traits as a selective criterion in maize breeding programs in order to increase the grain yield. A diallel cross was carried out involving eleven parents, ten simple hybrids and one population. The 55 hybrid combinations and the parents were evaluated in four experiments conducted in Lavras, MG. In two of them the sowing dates was in November 2014 and October 2015 and the other two in January 2015 and 2016. The following data were collected: the date when the plot had visible silks; dry matter of the grains obtained from ten days after the onset of flowering. The samples were taken each seven days until the black layer occurrence. A plant/plot was sampled. In the laboratory, a sample of 100 grains was removed from the central part of the corn cob, obtaining the dry matter. The yield was also obtained at harvest. From these data, the following estimates were obtained: number of days to silking and physiological maturation, daily dry matter accumulation rate. The diallel analyzes were realized according to the Gardner and Eberhart (1966) model using the averages of these traits and also of the yield. It was verified that: there is variability between the parents and hybrids for all traits; no hybrid combination associated early silking with longer grain-filling period and high dry matter accumulation rate in the grains, which is desired; however, for each trait was possible to identify promising hybrid combinations, especially for obtaining new lines; the use of the rate as an auxiliary of the selective process to increase the tropical maize yield should be of low efficiency.

**Keywords:** Plant breeding. Quantitative genetics. Diallel. Grain-filling. Yield.

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade do milho no Brasil cresceu expressivamente nos últimos 40 anos. O resultado é mais contundente, sobretudo, porque nos últimos 30 anos, o milho passou a ser cultivado em duas safras.

A segunda safra é realizada em condições não favoráveis, principalmente em termos de quantidade e distribuição da precipitação. Adicionalmente, a existência de plantas de milho no campo durante praticamente todo o ano tem acarretado grandes problemas de pragas e patógenos que anteriormente não eram tão expressivos. O sucesso nessa segunda safra foi enorme e atualmente, contribuiu com mais de 50% da produção de milho no país (CONAB, 2017).

Apesar do sucesso obtido na produtividade brasileira de milho, ela ainda é baixa em comparação com a média de outros países, sobretudo de clima temperado. Para continuar incrementando a produtividade existem várias estratégias tanto de manejo como de melhoramento genético. Nesse último caso, uma das opções é procurar melhorar a eficiência da planta no que se refere ao acúmulo de matéria seca nos grãos.

Nesse contexto, algumas pesquisas já foram realizadas com a cultura do milho (FOYER; GALTIER, 1996; MARCHÃO et al., 2006; GASURA et al., 2013; PRADO et al., 2013; ZHOU et al., 2017). Gasura et al. (2013) realçaram que o acúmulo de matéria seca nos grãos tem boa herdabilidade e que poderia inclusive ser utilizado na seleção visando o incremento na produtividade de grãos. Os autores comentaram que o importante é a duração e a taxa de acúmulo da matéria seca. Isto é, o acúmulo de matéria seca nos grãos segue uma curva sigmóide em que há um período inicial de pouco acúmulo, fase *lag*, na qual ocorre intensa divisão celular e diferenciação. O período seguinte é também conhecido como período efetivo de acúmulo de matéria seca, em que 90% da matéria seca total do grão é acumulada durante essa fase (LEE; TOLLENAAR, 2007). A fase final, também denominada *maturation drying* inicia logo após a formação da camada negra, que indica a maturação fisiológica, e ocorre a perda de água. Esse último período embora seja pouco pesquisado, dependendo das condições ambientais, pode afetar a qualidade dos grãos produzidos (ZHANG et al., 2016)

Em condições tropicais, não foram encontrados muitos relatos a esse respeito. Inclusive, novos híbridos constantemente chegam ao mercado e não se conhece qual a estratégia fisiológica que essas cultivares utilizam para terem boa produtividade e serem

recomendadas aos agricultores. O estudo dessas cultivares, híbridos simples e também dos híbridos duplos entre eles podem fornecer subsídios a respeito do controle genético da duração e taxa do acúmulo de matéria seca dos grãos de milho.

Um dos desafios dos melhoristas é escolher a(s) população(ões) para obter suas linhagens. As evidências mostram que o sucesso é sempre maior quando se tem populações bem adaptadas. No caso do milho, uma estratégia muito utilizada é o emprego de híbridos comerciais. Isto porque se são recomendados e cultivados, é porque já passaram por intensa avaliação e, portanto, deve ser o melhor germoplasma para uma dada condição.

Assim, seria importante verificar se há variabilidade em híbridos que estão no mercado brasileiro para os caracteres, sobretudo associado à taxa e duração do período de enchimento de grãos. Na existência, verificar a possibilidade de obter populações - compostos – que sejam promissores para a condução de um programa de melhoramento cujo foco fosse relacionado ao acúmulo de matéria seca nos grãos e conseqüentemente, a produtividade de grãos.

Diante do exposto, o objetivo foi verificar se existe variação no número de dias para o florescimento e para a maturidade fisiológica; na taxa de enchimento de grãos entre híbridos de diferentes empresas; obter informações do controle genético da taxa de acúmulo de matéria seca dos grãos por meio de cruzamentos dialélicos; avaliar o emprego do caráter taxa de enchimento de grãos como característica auxiliar nos programas de melhoramento do milho visando o aumento na produtividade dos grãos; identificar combinações promissoras para originar compostos que possam ser utilizados no programa de melhoramento para esses caracteres.

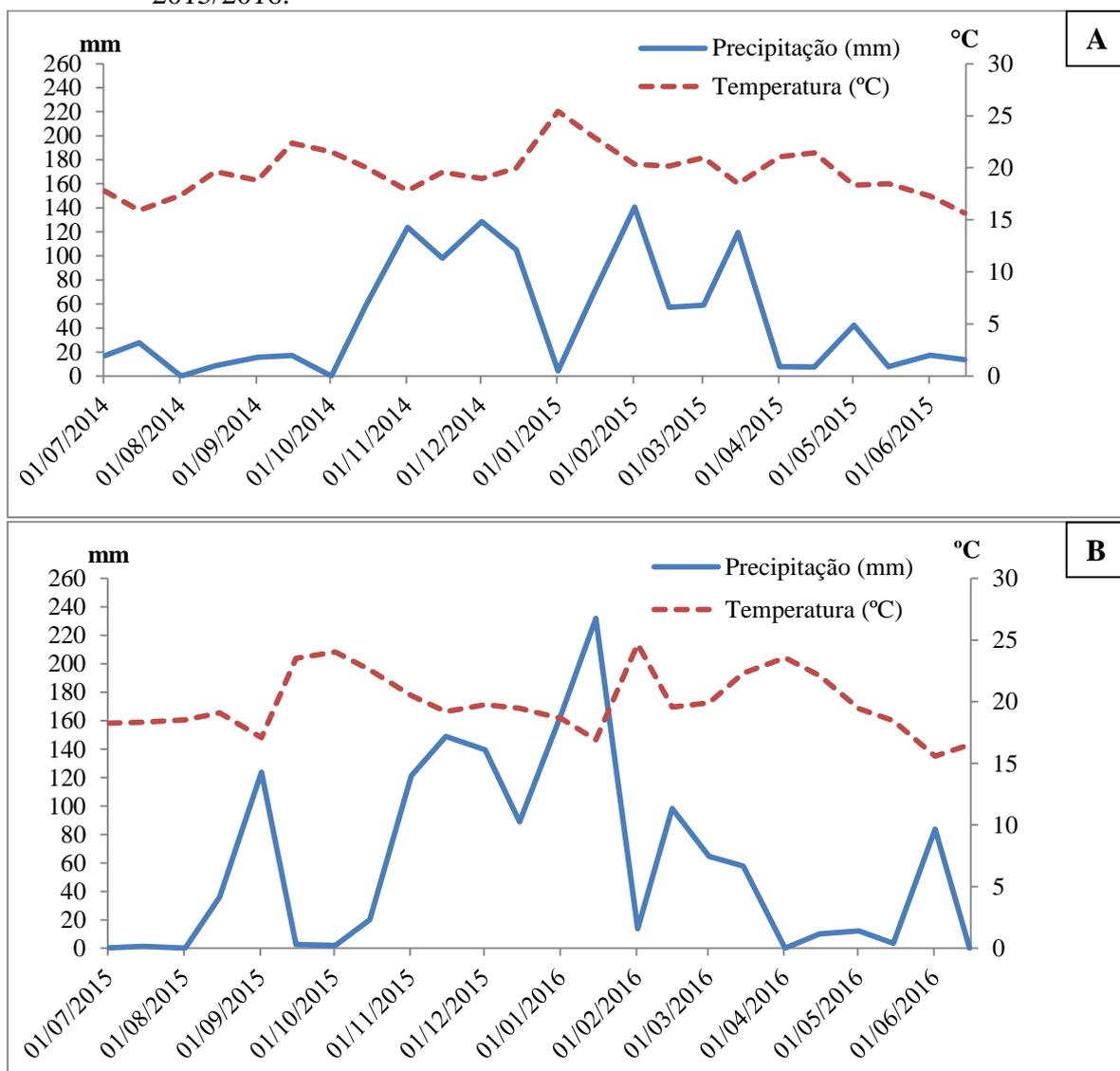
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local**

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado na região Sul do estado de Minas Gerais, cidade de Lavras, a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste. Foram obtidas informações sobre

temperatura média e precipitação durante o período das quatro safras na Estação Climatológica de Lavras (FIGURA 1).

Figura 1 – Precipitação e temperatura média obtida durante a realização dos experimentos. **A** – Experimentos realizados em 2014/2015. **B** – Experimentos realizados 2015/2016.



Fonte: Do autor, adaptado de Inmet (2017).

## 2.2 Genitores – Híbridos comerciais de milho

Para a execução do trabalho, foram utilizados onze cultivares, dez híbridos simples comerciais e um híbrido experimental, diferindo no ciclo e em outros caracteres (TABELA 1).

Tabela 1 - Identificação e principais características dos híbridos utilizados.

Número	Híbrido	Empresa	Ciclo <sup>1</sup>	Tipo de grão <sup>1</sup>
1	Formula TL	Syngenta	Super precoce	Semiduro, amarelo alaranjado
2	AS 1551 PRO2	Agroeste	Super precoce	Semiduro Amarelo
3	AS 1656 PRO2	Agroeste	Precoce	Semidentado, Amarelo Alaranjado
4	AS 1660 PRO2	Agroeste	Super precoce	Semiduro, amarelo alaranjado
5	AGN 30 A 91 PW	Morgan	Precoce	Semiduro, amarelo alaranjado
6	AG 7088 PRO	Agrocerec	Precoce	Semiduro, Alaranjado
7	DAS 2B587 HX	Dow AgroSciences	Precoce	Semidentado, Amarelo Alaranjado
8	DAS 2B810 PW	Dow AgroSciences	Normal	Semiduro, alaranjado
9	DKB 390 PRO	Monsanto	Precoce	Duro amarelo, alaranjado
10	P 30F53H	Pioneer	Precoce	Semiduro alaranjado
11	Híbrido intervarietal	UFLA	Tardio	Semiduro, branco

<sup>1</sup> Dados fornecidos pela empresa.

Fonte: Do Autor (2017).

## 2.3 Condução dos Experimentos

### 2.3.1 Avaliação dos genitores e suas combinações híbridas

Foi realizado o cruzamento dialélico envolvendo os onze híbridos, na safra 2013/2014. Foram obtidos os 55 híbridos  $F_1$ 's e seus recíprocos, perfazendo 110 combinações. Os 110 híbridos juntamente com os genitores foram avaliados em duas safras e dois anos. A primeira safra foi avaliada na semeadura em novembro de 2014 e outubro de 2015; e a segunda safra com semeadura em janeiro de 2015 e 2016. O delineamento experimental utilizado foi látice simples 11 x 11, sendo as 110 combinações híbridas e os 11 genitores. As parcelas foram constituídas por três linhas de 4 m de comprimento com 8 sementes/m linear, sendo deixadas 4 plantas/ m linear após o desbaste. O espaçamento entre linhas foi de 60 cm. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente adotados na região.

### 2.3.2 Caracteres mensurados

- a) Número de dias para o início do florescimento feminino foi anotado o dia em que ocorreu 50% ou mais das plantas da parcela que apresentaram cabelo na boneca.
- b) Matéria seca dos grãos (MSG) como a parcela foi constituída de três linhas de 4m, foi tomada uma espiga por planta na linha central da parcela. Para isso, quando as plantas atingiram o florescimento feminino, ou seja, as espigas apresentaram cabelo na boneca, as plantas foram marcadas com tinta. Em cada parcela foram identificadas as datas de florescimento de todas as plantas. Dez dias após o florescimento, com intervalos regulares de sete dias, foi coletada uma espiga para determinação da matéria seca dos grãos. As espigas coletadas foram retiradas as palhas, extraídos 100 grãos na parte central da espiga, os quais foram colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar com aproximadamente 80° C, por um período de 96 horas.
- c) Produtividade de grãos (PROD) na colheita foi utilizada uma das linhas da parcela. As espigas foram trilhadas obtendo-se o peso de grãos por parcela.

### 2.3.3 Estimativas das variáveis a serem analisadas

- a) Número de dias para o florescimento feminino (NDF) foi considerado o número de dias das sementeira até a ocorrência de 50% ou mais das plantas da parcela que apresentaram florescimento feminino.
- b) Número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF) foi considerado o número de dias para o florescimento até a ocorrência da camada preta em 50% dos grãos de milho. O NDMF foi avaliado por ocasião da amostragem para obtenção da matéria seca.
- c) Taxa diária de acúmulo de matéria seca por grão (TAXA) obtida a partir do florescimento até a maturidade fisiológica foi estimada por parcela por meio da equação apresentada por Darroch; Baker (1990):

$$Y = \frac{a}{1 + \exp(b - cx)}$$

Em que:

$Y$  é a massa de um grão (g);

$x$  número de dias após o florescimento;

$a$ ,  $b$ ,  $c$  são parâmetros estimados, sendo  $a$  peso final do grão (assintótico);  $b$  é o coeficiente no estágio inicial e  $c$  é a inclinação da curva logística e relacionado à taxa de enchimento de grãos.

Os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  foram estimados utilizando o software R (R CORE TEAM, 2014) por meio da equação apresentada anteriormente. Em seguida foram estimadas as matérias secas na maturidade fisiológica a partir dos parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . A taxa diária foi obtida por parcela pela relação entre a matéria seca na maturidade fisiológica e o número de dias para a maturidade fisiológica.

- d) Produtividade de grãos - no momento da colheita foi determinada a umidade. O peso de grãos foi corrigido para umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13} = [PC(100 - U)] / 87$$

Em que:

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

$PC$  é o peso de grãos sem correção;

$U$  é a umidade dos grãos na ocasião da pesagem das espigas, em porcentagem, amostrados em todas as parcelas.

O peso de grão, após correção da umidade, foi transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados da produtividade de grãos, número dias para o florescimento feminino, número de dias para maturidade fisiológica, taxa diária de acúmulo de matéria seca no grão foram submetidos à análise de variância inicialmente por época de semeadura. Como o látice não foi eficiente, as análises foram consideradas em blocos casualizados. Posteriormente, foram efetuadas as análises conjuntas das quatro épocas utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{qkl} = \mu + G_q + b_{k(l)} + E_l + GE_{(ql)} + e_{qk(l)}$$

Em que:

$Y_{qkl}$ : é o valor observado relativo à parcela que recebeu o genótipo  $q$  no bloco  $k$  na época  $l$ ;

$\mu$ : é a média geral;

$G_q$ : é o efeito do tratamento  $q$ , ( $q = 1, 2, \dots, 121$ ), sendo que os tratamentos foram decompostos em genitores, híbridos e recíprocos;

$b_{k(l)}$ : é o efeito do bloco  $k$  dentro da época  $l$  ( $k = 1, 2$ );

$E_l$ : é o efeito da época  $l$  ( $l = 1, 2$ );

$GE_{(ql)}$ : é o efeito da interação do tratamento  $q$  e época  $l$ ;

$e_{qk(l)}$ : é o erro experimental ( $e_{ikl} \sim N(0 \text{ e } \sigma^2)$ );

O teste de Scott Knott (1974) foi aplicado para comparação das médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013).

Utilizando as médias das análises de variância individuais e posteriormente, conjunta, desconsiderando os efeitos recíprocos, foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos por meio de uma análise dialélica, adotando-se o procedimento de Gardner e Eberhart (1966), pelo modelo:

$$Y_{ij} = m + 1/2 (v_i + v_j) + \theta (h_m + h_i + h_j + s_{ij}) + e_{ij}$$

Em que:

$m$  é a média dos genitores;

$v_i$  e  $v_j$  são os efeitos dos genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$\theta$  é um coeficiente que depende da média  $Y_{ij}$  considerada, se  $i=j$ ,  $\theta=0$ ;

$h_m$  é o efeito da heterose média;

$h_i$  e  $h_j$  são as heteroses dos genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$s_{ij}$  é o efeito da heterose específica ou capacidade específica de combinação manifestada no cruzamento de ordem  $i$  e  $j$ ;

$e_{ij}$  é o erro experimental

A estimativa da capacidade geral de combinação ( $g_i$ ) foi obtida por meio da expressão apresentada por Vencovsky e Barriga (1992):

$$g_i = (1/2) v_i + h_i$$

Em que:

$v_i$  é o efeito do genitor de ordem  $i$

$h_i$  é a heterose do genitor  $i$

Foram estimados também os coeficientes de correlação fenotípica dos caracteres pela seguinte expressão (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012):

$$r_{XY} = \text{COV}_{XY} / \sqrt{(\sigma^2_X \sigma^2_Y)}$$

Em que:

$\text{COV}_{XY}$  é a covariância fenotípica entre os caracteres X e Y;

$\sigma^2_X$  e  $\sigma^2_Y$  correspondem à variância fenotípica dos caracteres X e Y.

### 3 RESULTADOS

A taxa de acúmulo de matéria seca em função do tempo para os diferentes genitores e híbridos e os parâmetros utilizados para estimar a taxa, a partir das médias de cada safra são apresentadas na Tabela 13A. Veja que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram todos de grande magnitude,  $R^2$  acima de 0,99, indicando um bom ajustamento do acúmulo de matéria seca na equação proposta. A partir da equação foi obtida a taxa diária do acúmulo de matéria seca, veja que a estimativa variou de 0,0037 g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> até 0,0050 g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

O acúmulo de matéria seca diária de alguns pares de genitores e a sua combinação híbrida é mostrada na Figura 1A. Nota-se em princípio que não existe grande diferença na entre os genitores e o respectivo híbrido. As taxas de acúmulo de matéria seca (TAXA) foram obtidas por parcela, como já mencionado, e o ponto de partida para a maioria das análises realizadas.

Os resultados das análises de variância individual e as médias dos diferentes tratamentos para todos os caracteres avaliados nas diferentes safras encontram-se no Apêndice (TABELA 1A a 12A). É preciso salientar inicialmente que em todos os experimentos, para os diferentes caracteres, o látice não foi eficiente. Por essa razão, as análises foram efetuadas no delineamento de blocos casualizados. Todos os experimentos apresentaram elevada acurácia, exceto na 2ª safra de 2016 com acurácia de 56%, mas nas demais safras variou de 71% para a produtividade de grãos (PROD) na 1ª safra de 2014/2015 e 99% para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF) e a TAXA, o que indica uma boa precisão experimental.

A boa precisão experimental contribuiu para que fosse constatada diferença significativa ( $P \leq 0,05$  e  $P \leq 0,01$ ) para todas as fontes de variação tanto para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) quanto para o NDMF, TAXA e PROD. Essas condições foram essenciais para as inferências a serem realizadas com os dados obtidos.

Nas análises de variância por ambiente (TABELAS 2A A 4A, APÊNDICE), constatou-se que em todos os casos ocorreu diferença significativa entre pais, entre os híbridos, exceto para o contraste pais vs híbridos com relação à PROD na 2ª safra de 2016 e NDF na 2ª safra de 2015. As médias obtidas entre os genitores e das combinações híbridas (CH) por safra estão apresentados na Tabela 3. Veja que a heterose para o NDF variou entre as safras, ela só foi positiva na 2ª safra de 2015 e 1ª safra de 2015/2016. Deve ser salientado que a estimativa de heterose (h) embora significativa, foi de pequena magnitude e não coincidente entre as safras. O mesmo ocorreu para o NDMF e a TAXA. No caso da PROD, a heterose foi negativa, nos casos que ela foi significativa. Deve ser enfatizado que, exceto para a TAXA na 2ª safra de 2015, e NDMF na 1ª safra de 2014/2015 e 2ª safra de 2015 não foram detectadas diferença significativa entre os efeitos recíprocos (fonte de variação A vs B). Mesmo nesses casos que foram significativas, as diferenças nas médias do efeito recíproco foram inferiores a 1,6%. Nessa condição, o efeito recíproco foi desconsiderado e todas as análises conjuntas foram realizadas utilizando a média de cada combinação híbrida, independente da origem da mãe.

Nas análises conjuntas foram detectadas diferenças significativas entre os ambientes para todos os caracteres (TABELA 2). Embora ocorresse diferença significativa para essa fonte de variação, o NDF variou apenas em três dias entre as quatro safras, isto é, 65 dias na 1ª safra de 2015/2016 a 68 dias na 1ª safra de 2014/2015 (TABELA 3). Os resultados médios do NDMF foram muito semelhantes aos dos NDF no se refere à média dos ambientes. Ele variou de 61 dias na 2ª safra de 2016 a 68 dias na 2ª safra de 2015. No que se refere à TAXA, ela sempre foi menor na 2ª safra. Na média das duas safras com semeadura em janeiro, o acúmulo médio diário de matéria seca por grão foi de 0.003848 gramas, estimativa essa 13 % inferior à obtida na média das 1ª safra, semeadura em novembro e outubro nos dois anos. A maior variação entre os ambientes ocorreu na produtividade média de grãos.

Tabela 2 - Resultado da análise de variância conjunta para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e para a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) ( $\text{g grão}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) e a produtividade grãos (PROD) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Dados obtidos nas quatro safras em que foram conduzidos os experimentos, Lavras, MG.

FV	GL	QM							
		NDF		NDMF		TAXA ( $10^{-6}$ )		PROD	
Tratamentos (Trat)	65	15,82	**	44,11	**	439087,38	**	6072117,20	**
Genitores (G)	10	79,50	**	64,79	**	2378565,06	**	19360678,51	**
Heterose (H)	55	4,24	**	40,35	**	86455,07	**	3656015,15	**
H.Média ( $H_m$ )	1	8,52	*	37,82	**	71635,42	**	22607892,16	**
H. do genitor ( $H_G$ )	10	14,14	**	46,56	**	109801,75	**	5375035,29	**
H.Específica ( $H_s$ )	44	1,89	ns	38,99	**	81485,82	**	2834604,27	*
Ambientes (Amb)	3	290,11	**	1706,91	**	15162338,43	**	535993718,12	**
Trat X Amb	195	4,76	**	33,32	**	112529,97	**	2707515,99	**
G X Amb	30	14,08	**	41,86	**	180213,45	**	7227454,71	**
H X Amb	165	3,06	**	31,77	**	100223,88	**	1885708,95	ns
$H_m$ X Amb	3	29,31	**	14,70	**	53909,79	**	2833330,39	ns
$H_G$ X Amb	30	4,24	**	25,57	**	117055,15	**	1860940,36	ns
$H_s$ X Amb	132	2,20	**	33,56	**	97451,18	**	1869801,32	ns
Erro	480	1,52		1,94		1322,13		1931253,04	
Média		66,3		64,2		4141,54		7253,86	

\*\* : Teste F significativo a 1% e \* 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Fonte: Do Autor (2017)

Tabela 3 - Média geral, dos pais, híbridos, amplitude de variação, heterose e acurácia ( $r_{gg}$ ), por safra. Dados dos caracteres número de dias para o florescimento feminino (NDF) e para a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e a produtividade grãos (PROD - kg ha<sup>-1</sup>), Lavras, MG.

		1ª safra 2014/2015	2ª safra 2015	1ª safra 2015/2016	2ª safra 2016	Médi a
<b>NDF</b> (dias)	<b>Média</b>	68	66	65	66	66
	<b>Média pais</b>	69	66	64	67	67
	<b>Média híbridos</b>	68	66	65	66	66
	<b>Amplitude</b>	66-73	62-77	61-72	64-72	64-73
	<b>Heterose</b>	-1,24	0,53	0,94	-1,6	-0,34
	<b><math>r_{gg}</math></b>	0,84	0,91	0,93	0,83	
<b>NDMF</b> (dias)	<b>Média</b>	67	68	62	61	64
	<b>Média pais</b>	67	69	62	62	65
	<b>Média híbridos</b>	67	67	62	60	64
	<b>Amplitude</b>	59-73	60-73	52-73	48-73	60-72
	<b>Heterose</b>	0	-1,42	0,11	-1,56	-0,72
	<b><math>r_{gg}</math></b>	0,99	0,95	0,97	0,99	
<b>TAXA</b> (10 <sup>-6</sup> ) (g grão <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	<b>Média</b>	4387	3877	4474	3819	4139
	<b>Média pais</b>	4423	3817	4415	3797	4113
	<b>Média híbridos</b>	4379	3890	4486	3823	4144
	<b>Amplitude</b>	3877-5084	3131-4564	3652-5249	3113-4543	3625-4594
	<b>Heterose</b>	-43,38	72,45	70,27	25,67	31,25
	<b><math>r_{gg}</math></b>	0,99	0,99	0,99	0,99	
<b>PROD</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>Média</b>	9145	8400	7082	4558	7296
	<b>Média pais</b>	9770	8985	7748	4531	7759
	<b>Média híbridos</b>	9020	8283	6948	4563	7203
	<b>Amplitude</b>	5257-12599	5214-11120	3148-10837	3470-5839	5341-9329
	<b>Heterose</b>	-750,71	-701,90	-799,73	31,39	-555,24
	<b><math>r_{gg}</math></b>	0,71	0,77	0,79	0,56	

Fonte: Do Autor (2017).

Considerando um mesmo ano agrícola, na semeadura de novembro a produtividade sempre foi superior, especialmente em 2016. Na média dos dois anos, a produtividade da 1ª safra foi 25,2% superior à da 2ª safra. Também a fonte de variação tratamentos foi significativa ( $P \leq 0,01$ ) para todos os caracteres. A interação tratamentos x ambientes foram todas significativas (TABELA 2), indicando que o comportamento dos tratamentos não foi coincidente nas diferentes safras.

Mesmo tendo ocorrido interação, a ênfase nos resultados será focada na média das quatro safras, já que o objetivo primordial é a generalização dos resultados para as futuras safras. Nas tabelas 4 e 5 são mostradas as médias dos 66 tratamentos avaliados. O NDF variou apenas de 65 a 68 dias, sendo o mais tardio o genitor 11. Para o NDMF, o genitor 6 teve maior tempo de acúmulo de matéria seca nos grãos (72 dias) e o menor, os genitores 3 e 7 com 61 dias. Para as CH, a variação foi semelhante a dos genitores. De modo geral, todos os híbridos com o genitor 11 tiveram a tendência de florescimento mais tardio. Já com relação ao NDMF, a CH de maior duração do acúmulo de matéria seca foi a 6x10 (71 dias) e a menor CH 10x11 (60 dias).

Tabela 4 – Número médio de dias para o florescimento feminino (acima da diagonal) e a maturidade fisiológica (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Genitor
1		65 f <sup>1</sup>	65 f	66 e	67 d	67 d	65 f	65 f	66 e	65 f	67 d	<b>65 f<sup>1</sup></b>
2	63 i		65 f	64 f	65 f	65 f	65 f	66 e	65 f	66 f	67 e	<b>65 f</b>
3	66 f	64 h		65 f	65 f	66 e	65 f	66 e	66 e	66 e	67 d	<b>65 f</b>
4	64 h	62 j	65 g		65 f	66 e	66 e	65 f	66 e	65 f	67 d	<b>65 f</b>
5	62 j	66 f	62 j	63 i		67 d	66 e	67 d	67 d	66 e	68 c	<b>65 f</b>
6	61 k	66 f	64 h	63 i	63 i		67 d	68 c	67 d	67 d	68 c	<b>66 e</b>
7	62 j	63 i	66 f	64 h	65 g	63 i		66 e	66 e	66 e	68 c	<b>67 d</b>
8	62 j	65 g	66 f	62 j	66 f	64 h	65 g		67 d	67 d	70 b	<b>65 f</b>
9	61 k	62 j	64 h	67 e	61 k	67 e	69 c	62 j		67 d	68 c	<b>68 c</b>
10	64 h	68 d	63 i	66 f	65 g	71 b	61 k	67 e	63 i		69 c	<b>68 c</b>
11	64 h	66 f	66 f	65 g	63 i	67 e	65 g	67 e	63 i	60 k		<b>73 a</b>
Genitor	<b>62 j</b>	<b>65 g</b>	<b>61 k</b>	<b>65 g</b>	<b>64 h</b>	<b>72 a</b>	<b>61 k</b>	<b>68 d</b>	<b>65 g</b>	<b>67 e</b>	<b>64 h</b>	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra para cada caráter não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 5 - Taxa média de acúmulo de matéria seca ( $10^{-6}$ ) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Genitor</b>
<b>1</b>		3864 s <sup>1</sup>	3947 r	3830 t	4056 n	3625 z	3938 r	3736 v	3845 t	4028 o	3985 q	<b>3694 x <sup>1</sup></b>
<b>2</b>	6919 c		4151 k	4412 d	4064 n	3921 r	4241 i	4004 p	4202 j	4176 j	4187 j	<b>4034 o</b>
<b>3</b>	6370 c	7076 c		4172 j	4341 f	4102 l	4386 e	3972 q	4312 g	4381 e	4325 f	<b>4008 p</b>
<b>4</b>	6440 c	6535 c	6989 c		4086 m	4001 p	4410 d	4117 l	4401 d	4372 e	4299 g	<b>4189 j</b>
<b>5</b>	7088 c	7308 c	6709 c	6674 c		3821 t	4146 k	3769 u	4284 h	4259 i	4366 e	<b>4139 k</b>
<b>6</b>	7673 b	7751 b	8011 b	6867 c	7413 b		3826 t	3871 s	4139 k	4021 p	4082 m	<b>3864 s</b>
<b>7</b>	6618 c	6832 c	7536 b	6246 d	7553 b	7626 b		4197 j	4538 b	4594 a	4432 c	<b>4305 g</b>
<b>8</b>	7847 b	7634 b	8583 a	6077 d	6641 c	8062 b	7601 b		4079 m	4129 k	4153 k	<b>3705 x</b>
<b>9</b>	6776 c	5341 d	5796 d	6914 c	7982 b	8159 b	7759 b	7271 c		4553 b	4363 e	<b>4585 a</b>
<b>10</b>	6422 c	7788 b	7630 b	7377 b	8125 b	8092 b	7624 b	9040 a	7839 b		4434 c	<b>4398 d</b>
<b>11</b>	6497 c	6825 c	8118 b	5458 d	6949 c	7940 b	6581 c	6806 c	7208 c	7195 c		<b>4323 f</b>
<b>Genitor</b>	<b>7963 b</b>	<b>7119 c</b>	<b>7212 c</b>	<b>6344 c</b>	<b>8648 a</b>	<b>9246 a</b>	<b>9329 a</b>	<b>9122 a</b>	<b>7204 c</b>	<b>7766 b</b>	<b>5392 d</b>	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra para cada caráter não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Do Autor (2017).

Uma informação importante é a taxa média de acúmulo de matéria seca nos grãos. Observa-se na Tabela 5 que os genitores de menor TAXA foi o número 1 e o maior 9. A diferença entre eles foi de 0,000891 g por grão por dia. Em termos percentuais, esse valor corresponde a 24% da média do genitor 1, o que é uma diferença expressiva. Já entre os híbridos, a variação foi de 0,003625 g dia<sup>-1</sup>, par 1x6, e a maior o par 7x10 (0,004594 g dia<sup>-1</sup>). Ou seja, a amplitude de variação de 0,000969 g dia<sup>-1</sup>, isto é, 26,73% acima da menor combinação híbrida.

A produtividade média de grãos das quatro safras mostrou que o genitor 11 foi o de menor média (5392 kg ha<sup>-1</sup>) e o genitor 7 com a melhor performance “per se” (9329 kg ha<sup>-1</sup>), embora pertença ao mesmo grupo de outros genitores. A amplitude de variação foi de 3937 kg ha<sup>-1</sup>, isto é, 73% da produtividade do genitor de pior desempenho. No caso das CH, a variação também foi expressiva de 5341 kg ha<sup>-1</sup> (CH 2x9) a 9040 kg ha<sup>-1</sup>(CH 8x10).

A decomposição da fonte de variação de tratamentos de acordo com a análise dialélica segundo o método de Gardner e Eberhart (1966) mostrou que apenas a heterose específica para o NDF não foi significativa. Todas as interações com o ambiente foram significativas ( $P \leq 0,01$ ), exceto as envolvendo heterose no caso de PROD (TABELA 2). Novamente, como já comentado anteriormente, a ênfase será direcionada no que ocorreu na média dos ambientes.

As estimativas do efeito do genitor ( $v_i$ ) estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7. Na média dos genitores, a estimativa do efeito do genitor 11 foi positiva para o caráter NDF, para NDMF foi o 6. Como já comentado anteriormente com relação aos dados médios. No que se refere à TAXA, o destaque positivo foi o genitor 9. No caso da PROD o maior efeito do genitor positivo foi o de número 7.

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos do genitor ( $v_i$ ), heterose do genitor ( $h_i$ ) e a capacidade geral de combinação (CGC -  $g_i$ ) para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados obtidos com a média das quatro safras. Lavras, MG.

Genitor	NDF			NDMF		
	$v_i$	$h_i$	$g_i$	$v_i$	$h_i$	$g_i$
1	-1,68	0,38	-0,46	-2,77	-0,09	-1,475
2	-1,43	-0,27	-0,985	-0,27	0,49	0,355
3	-1,18	-0,07	-0,66	-3,77	2,19	0,305
4	-1,43	-0,22	-0,935	0,73	-0,54	-0,175
5	-1,43	0,81	0,095	-0,77	-0,29	-0,675
6	-0,68	0,8	0,46	6,73	-2,79	0,575
7	0,32	-0,48	-0,32	-4,27	2,3	0,165
8	-1,43	1,39	0,675	3,23	-1,26	0,355
9	1,32	-0,43	0,23	-0,27	-0,15	-0,285
10	1,07	-0,39	0,145	2,48	-0,63	0,61
11	6,57	-1,52	1,765	-1,02	0,76	0,25
$s(v_i)^1$	0,83	0,5		0,94	0,57	
$s(v_i-v_j)^2$	1,23	0,74		1,39	0,84	

<sup>1</sup> Desvio padrão do efeito do genitor ( $v_i$ )

<sup>2</sup> Desvio padrão da diferença entre genitores i e j

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos do genitor ( $v_i$ ), heterose do genitor ( $h_i$ ) e a capacidade geral de combinação (CGC -  $g_i$ ) para a taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) e produtividade de grãos (PROD). Dados obtidos com a média das quatro safras. Lavras, MG.

Genitor	TAXA			PROD		
	$v_i$	$h_i$	$g_i$	$v_i$	$h_i$	$g_i$
1	-418,86	-78,42	-287,85	204,64	-478,42	-376,1
2	-78,86	14,86	-24,57	-640,08	94,92	-225,12
3	-105,36	124,38	71,7	-546,71	360,41	87,055
4	75,64	35,05	72,87	-1414,96	-10,06	-717,54
5	25,64	-40,95	-28,13	889,74	-399,72	45,15
6	-248,86	-101,87	-226,3	1487,32	-125,81	617,85
7	191,39	44,56	140,255	1569,94	-791,45	-6,48
8	-407,61	46,45	-157,355	1362,92	-289,52	391,94
9	472,39	-94,88	141,315	-554,26	167,07	-110,06
10	284,89	24,34	166,785	7,62	562,55	566,36
11	209,64	26,47	131,29	-2366,18	910,02	-273,07
$s(v_i)^1$	24,51	14,73		936,93	563,03	
$s(v_i-v_j)^2$	36,36	21,85		1389,7	835,1	

<sup>1</sup> Desvio padrão do efeito do genitor ( $v_i$ )

<sup>2</sup> Desvio padrão da diferença entre genitores i e j

Fonte: Do Autor (2017).

A heterose do genitor ( $h_i$ ) apresentou comportamento diferente do efeito do genitor (TABELAS 6 e 7). Isso ocorreu devido ao fato que o efeito genitor ter sido negativo, como os híbridos que ele participou apresentou média superior a ele, o seu  $h_i$  foi positivo e alto. Nesse caso, destaque positivo, ou seja, que melhora a expressão do caráter foi o genitor 8 para NDF, o genitor 3 apresentou maior  $h_i$  para NDMF e TAXA. Com relação à PROD, a maior estimativa de  $h_i$  foi do genitor 11.

As capacidades gerais de combinação ( $g_i$ ) estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7. Com relação ao NDF, o genitor 11 apresentou maior estimativa da CGC. Enquanto o genitor 10 se destacou tanto para NDMF como para a TAXA. Para a PROD a maior estimativa de  $g_i$  foi a do genitor 6.

As heteroses específicas encontram-se nas Tabelas 8 e 9. A combinação híbrida que se destacou quanto à heterose específica ( $s_{ij}$ ) para NDMF foi a 7x9. Já para TAXA a CH que mais se destacou quanto à heterose específica foi a 1x5. No que se refere à PROD, pode-se destacar CH 3x11 com maior  $s_{ij}$ .

Tabela 8 - Estimativas da heterose específica ( $s_{ij}$ ) para o número de dias para o florescimento feminino (acima da diagonal) e para a maturidade fisiológica (abaixo da diagonal) obtidas no cruzamento dialélico, avaliados na média das quatro safras. Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		0,61	0,03	0,81	0,53	0,42	-0,56	-1,06	0,14	-0,28	-0,64
2	0,32		0,31	-0,17	-0,19	-0,31	-0,03	0,22	-0,33	,	-0,11
3	2,62	-0,46		0,50	-0,53	-0,14	-0,36	0,39	-0,17	0,42	-0,44
4	1,59	-1,99	0,57		-0,75	0,14	0,42	-0,58	0,11	-0,06	-0,42
5	-0,16	2,01	-1,68	-0,21		0,11	0,14	0,14	0,58	0,17	-0,19
6	-2,41	0,76	-1,43	-1,96	-1,21		0,28	0,53	-0,28	-0,19	-0,56
7	-0,49	-1,57	0,73	-0,54	1,96	-1,79		0,06	0,25	-0,42	0,22
8	-0,93	-0,52	0,79	-2,49	2,01	-0,99	0,18		-0,50	-0,42	1,22
9	-2,04	-2,38	-0,07	3,40	-2,10	2,65	5,07	-1,88		0,03	0,17
10	0,82	2,48	-2,21	1,26	0,76	5,01	-3,82	1,48	-1,13		0,75
11	0,68	1,34	1,15	0,37	-1,38	1,37	0,29	2,34	-1,52	-4,66	
		NDF	NDMF								
	$s(hs_{ij})^1$	0,78	0,88								
	$s(hs_{ij} - hs_{ik})^2$	1,16	1,31								
	$s(hs_{ij} - hs_{kl})^3$	1,09	1,23								

<sup>1</sup> Desvio padrão da estimativa da heterose específica ( $hs_{ij}$ )

<sup>2</sup> Desvio padrão da diferença entre as combinações  $ij$  e  $ik$

<sup>3</sup> Desvio padrão da diferença entre as combinações  $ij$  e  $kl$

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 9 - Estimativas da heterose específica ( $s_{ij}$ ) para os caracteres taxa de acúmulo de matéria seca ( $10^{-6}$ ) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (abaixo da diagonal) obtidas no cruzamento dialélico, avaliados na média das quatro safras. Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		32,81	18,53	-99,13	227,87	-5,47	-59,27	36,84	-153,3	4,20	-3,05
2	316,42		-40,49	219,59	-27,91	27,01	-19,05	41,56	-59,36	-110,8	-63,33
3	-544,4	10,76		-116,7	153,06	111,73	29,67	-86,47	-45,63	-1,61	-22,11
4	330,32	274,14	416,08		-103,1	9,56	52,01	57,12	42,95	-12,52	-49,77
5	215,38	284,50	-626,88	143,04		-69,44	-110,5	-190,1	26,45	-24,52	118,2
6	227,76	155,05	103,10	-236,70	-453,84		-232,6	110,5	79,62	-64,11	33,14
7	-202,7	-140,1	251,90	-233,23	310,76	-188,69		69,73	112,3	142,34	15,34
8	627,50	263,56	901,01	-800,54	-999,83	-150,82	12,05		-49,08	-24,80	34,70
9	58,36	-1527,0	-1384,7	537,82	843,63	447,59	672,04	-214,4		100,53	-54,5
10	-971,6	243,01	-227,24	324,31	310,19	-295,10	-138,96	877,86	179,2		-8,69
11	-56,90	120,02	1100,62	-755,2	-26,95	391,66	-343,0	-516,4	387,9	-301,7	
	TAXA	PROD									
$s(hs_{ij})$	23,0	878,9									
$s(hs_{ij} - hs_{ik})$	34,3	1310,2									
$s(hs_{ij} - hs_{kl})$	32,07	1225,6									

<sup>1</sup> Desvio padrão da estimativa da heterose específica ( $hs_{ij}$ )

<sup>2</sup> Desvio padrão da diferença entre as combinações ij e ik

<sup>3</sup> Desvio padrão da diferença entre as combinações ij e kl

Fonte: Do Autor (2017).

Embora a heterose fosse negativa, foi possível identificar combinação híbrida (híbrido duplo) com desempenho estatisticamente semelhante ao dos melhores genitores - híbridos simples que já são recomendados. As combinações 3x8 e 8x10 pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott (1974) aos melhores genitores (híbridos) avaliados.

As estimativas das correlações dos quatro caracteres dois a dois, na média das safras, foram quase todas não significativas e de pequena magnitude (TABELA 10). Apenas a estimativa entre o NDMF e PROD foi significativa e positiva, embora a magnitude não fosse alta ( $r = 0,31$ ).

Tabela 10 - Estimativas da correlação entre o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) e produtividade de grãos (PROD) na média dos híbridos e genitores nas quatro safras. Lavras, MG.

	<b>NDF</b>	<b>NDMF</b>	<b>TAXA</b>	<b>PROD</b>
<b>NDF</b>	1	0,048 ns	0,212 ns	-0,082 ns
<b>NDMF</b>		1	0,005 ns	0,311*
<b>TAXA</b>			1	-0,161 ns
<b>PROD</b>				1

\*: Teste F significativo a 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Fonte: Do Autor (2017).

#### 4 DISCUSSÃO

Uma dificuldade quando se avalia o acúmulo de matéria seca nos grãos de milho ou de qualquer espécie é utilizar uma equação que represente do melhor modo possível o fenômeno biológico que está ocorrendo. Na literatura são encontradas algumas alternativas (DARROCH; BAKER, 1990; BORRAS et al., 2003; PRADO et al., 2013; GASURA et al. 2013; GASURA et al. 2014), a adotada nesse trabalho foi a equação logística também utilizada por Darroch e Baker (1990). Pelas estimativas do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), todas próximas de um, mostra que o ajustamento foi bom.

Observa-se que ocorre um período inicial relativamente curto em que o acúmulo de matéria seca ainda é incipiente, pois nessa etapa o que ocorre são inúmeras divisões celulares visando ampliar o número de células (YADEGARI, DREWS, 2004). Esse período é denominado na literatura como *lag* (GASURA et al., 2014). Ele inicia com a fertilização e o seu término é mais difícil determinar. A literatura recomenda que ele ocorre quando a matéria seca nos grãos atinge 13% da matéria total (GASURA et al., 2013). Mesmo tendo essa referência, é complicado porque isso ocorre dependendo da época, local e da cultivar, com 10

a 15 dias após a fertilização. Nessa etapa é muito difícil obter com precisão a matéria seca dos grãos porque é complicado separar o que é o grão em desenvolvimento de outros tecidos do sabugo. Inclusive na literatura, a primeira amostragem é realizada aos 14 dias. Nesse trabalho ela foi obtida com 10 dias e na média de todos os genitores, híbridos e dos ambientes, nessa primeira amostragem o teor de matéria seca foi em média de 12%. Assim o período *lag* deve variar de 7 a 15 dias dependendo do germoplasma. Também em milho, Gasura et al. (2014) enfatizam que esse período para milhos tropicais e temperado é de 10 a 15 dias.

O período subsequente, conhecido como período efetivo de acúmulo de matéria seca, é denominado de período linear. Em última análise, a duração e a taxa de acúmulo de matéria seca nesse período é que determina a massa seca final e a produtividade dos grãos da planta. Esse período inicia-se, portanto, com 7 a 15 dias após a fertilização e termina quando ocorre a camada negra nos grãos. Essa camada negra indica que não há mais acúmulo de matéria seca nos grãos e corresponde ao final do período de enchimento de grãos (GASURA et al., 2013). Gasura et al (2014) consideram um outro período, denominado de *maturation drying* e que corresponde à perda de água pelos grãos até o momento da colheita. Sob o ponto de vista mais prático, esse período tem pouco significado, e não será considerado nesse trabalho. Já que não tem nenhum reflexo na produtividade final da planta.

O critério utilizado para obter o número de dias do florescimento à maturidade fisiológica é normalmente a ocorrência da camada negra. Contudo, a sua ocorrência deve ser desuniforme em uma mesma espiga. O florescimento/polinização não ocorre ao mesmo tempo em todos os grãos da espiga, isto porque o aparecimento do estilo-estigma não é simultâneo para todos os grãos nas diferentes posições da espiga. Depreende-se que a fertilização que irá originar os diferentes frutos/grãos da espiga não ocorre ao mesmo tempo. Não foram encontrados relatos na literatura dessa diferença no momento de ocorrência da camada negra dos diferentes grãos na espiga. Deve ser enfatizado que, por meio da equação logística, pode-se estimar também o tempo máximo de acúmulo de matéria seca. Contudo, essa estimativa e o número de dias até a ocorrência da camada negra não tem coincidência perfeita. Provavelmente porque a equação é obtida a partir de um grão na média de vários grãos e o momento de ocorrência da camada negra, como já mencionado não considera todos os grãos. Nesse trabalho, o momento da maturidade fisiológica foi estabelecido com pelo menos 50% dos grãos da amostra com a camada negra. Adicionalmente, a estimativa obtida pela equação tem erro amostral.

Apesar do caráter NDMF ter sido significativo, a variação foi relativamente pequena. Deve ser enfatizado, contudo, que a porcentagem média de acúmulo de matéria seca por dia quando se considera o período linear é grande. Por exemplo, em média o período efetivo de enchimento de grãos deve ser de aproximadamente 45 dias, ou seja, a taxa de acúmulo diário de matéria seca é de aproximadamente de 2,2%. Cada dia adicional de acúmulo de MS é expressivo.

A cultura do milho nas regiões Sul e Oeste de Minas Gerais eram até recentemente concentrada na semeadura realizada em outubro/novembro (1ª safra). Nos últimos anos tem crescido a semeadura em janeiro/fevereiro às vezes até março (2ª safra). Em outras regiões do Brasil essa 2ª safra iniciou há mais de três décadas e atualmente, já é responsável por mais de 50% da produção de milho (CONAB, 2017). Essa ênfase na 2ª safra ocorreu primordialmente para o cultivo de milho em sucessão à cultura da soja. Nesse trabalho, a PROD na 2ª safra foi sempre menor que na primeira (TABELA 3). A redução na média dos dois anos foi de 20%. Resultados obtidos anteriormente na região apontam que o atraso na semeadura do milho após outubro acarretava uma redução de  $27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  considerando a semeadura até dezembro (RAMALHO et al. 2001). De modo similar Ribeiro et al., 1998 encontraram uma redução de  $28,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Como a média da 1ª safra foi de  $8,1 \text{ t ha}^{-1}$  (TABELA 3), 20% desse valor corresponde a  $1,6 \text{ t ha}^{-1}$ . Ou seja, considerando que a semeadura da 1ª época ocorre em outubro e da segunda em janeiro, isto é, aproximadamente 90 dias de diferença, usando a estimativa anterior, a redução esperada seria ainda maior ( $90 \times 28 = 2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ). Deve ser enfatizado que a estimativa obtida anteriormente tinha como referência uma média de produtividade menor, assim a redução esperada seria ainda maior. Contudo, é preciso enfatizar que o manejo da cultura foi ajustado para a semeadura de 2ª época. Além do mais, os programas de melhoramento procuraram selecionar híbridos com boa performance também na 2ª época. Deve ser destacado que em termos de produtividade média no Brasil, atualmente, a 2ª época tem média semelhante à 1ª época. Isso ocorre porque na 1ª safra envolve todo o país com regiões em que a produtividade é muito baixa. Já na 2ª safra, embora ocorram os riscos climáticos, o tipo de agricultor normalmente é mais tecnificado e a cultura aproveita a sucessão com a soja, restrita a alguns estados.

Esse pior desempenho da 2ª safra deve ser atribuído, sobretudo à precipitação. Dados da precipitação durante o cultivo do milho em todas as safras foram coletados (FIGURA 1). A precipitação total durante a 2ª safra de 2015 foi 42% inferior à ocorrida na 1ª safra de

2014/2015. No ano de 2016, essa redução na precipitação durante as duas safras foi ligeiramente menor em 35% (INMET, 2017). Assim, a deficiência hídrica, sobretudo durante o florescimento e formação dos grãos deve ter sido um fator limitante para a obtenção do máximo da produtividade como já foi mostrado por Durães et al. (2004). O estresse hídrico pode ainda retardar o crescimento vegetativo e atrasar o desenvolvimento reprodutivo das plantas (FANCELLI, 2002).

Depreende-se também que a temperatura afeta o crescimento e desenvolvimento do milho, inclusive as fases fenológicas em várias situações são obtidas em graus dias ao invés do número de dias (LIMA, 2008; PRADO et al., 2013). Nesse trabalho a temperatura média não variou muito entre as safras (FIGURA 1), por essa razão optou-se por considerar o número de dias ao invés de graus dias, o mesmo procedimento foi adotado por Wang et al. (1999) e Gasura et al. (2013, 2014).

A época de semeadura afetou também os demais caracteres avaliados (TABELA 2). No caso do NDF, a variação foi muito pequena e não coincidente. A mesma observação é válida para o NDMF. Já a TAXA foi sempre menor na segunda época e o resultado foi bem coerente com a PROD. Muito embora a interação tratamentos x ambientes fosse significativa, a ênfase será mais direcionada para o que ocorre em média, sobretudo para que os resultados possam ser extrapolados para os anos futuros.

Todos os genitores são híbridos comerciais (híbridos simples), exceto o 11 que é híbrido intervarietal. A razão da escolha é que são híbridos simples de empresas diferentes e devem representar bem o que é cultivado no Brasil. Como foram utilizados híbridos comerciais, um dos objetivos é identificar combinações promissoras para originar compostos que possam ser utilizados no programa de melhoramento para esses caracteres. Ao mesmo tempo, obter informações do controle genético que possam orientar os melhoristas.

Para todos os caracteres foram detectadas diferenças na decomposição dos tratamentos segundo o método de Gardner e Eberhart (1966) (TABELA 2). Deve ser enfatizado que como a acurácia dos experimentos foi muito alta, esse fato deve ter contribuído para detectar heterose significativa, mesmo que a magnitude da estimativa fosse pequena. Para o NDF, apenas a heterose específica não foi significativa, a heterose do genitor foi significativa. É preciso enfatizar que a capacidade geral de combinação está relacionada aos efeitos aditivos (VENCOVSKY, BARRIGA, 1992). Já que o  $h_i$  faz parte da capacidade de combinação e está relacionado aos efeitos aditivos. Veja que as estimativas da capacidade geral de combinação

mostram que o genitor 11, o híbrido intervarietal, foi o que mais contribuiu para aumentar o NDF nos cruzamentos que participou. Observe que isso ocorreu, sobretudo porque ele é mais tardio que os demais genitores. A estimativa da heterose do genitor foi de pequena magnitude e até negativa. Pode-se assim, inferir que no controle do NDF predomina a interação alélica aditiva. Resultados que confirmam essa observação são frequentes na literatura (GIESBRECHT, 1960; HALLAUER, 1965), embora ocorram também relatos de ocorrência de dominância (MOHAMED, 1959; LIMA, 2008).

Para o NDMF, a média dos genitores foi muito semelhante a dos híbridos. Contudo, na análise de variância todas as fontes de variação envolvendo a heterose foram significativas, mostrando que deve ocorrer dominância na manifestação do caráter. A maior estimativa da capacidade geral de combinação para o NDMF foi obtida pelo genitor 10. Isso ocorre mais em função do seu desempenho “per se” que devido à sua contribuição para a heterose. Não existem muitos relatos do controle genético do NDMF. Em um trabalho a esse respeito, Gasura et al. (2013) utilizando linhagens e empregando o delineamento II, detectaram a ocorrência de dominância. Embora o efeito aditivo também fosse predominante. Saleem et al. (2002) e Sher et al. (2012) relataram efeito aditivo no controle desse caráter. Ainda com relação ao NDMF, a amplitude de variação entre as médias dos tratamentos foi de 12 dias, que é um resultado expressivo a indicar a possibilidade de seleção para esse caráter.

Com relação à estimativa da TAXA, ela é apresentada em gramas por grão, para refletir o que ocorre em cada grão. Na média de todos os tratamentos e das safras, o acúmulo de matéria seca por grão foi de 0,28g. Como a taxa média de acúmulo foi de 0,004139 g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, pode-se inferir que o acúmulo médio percentual de matéria seca no grão por dia foi de 1,48%. Valor esse que considera todo o período de enchimento de grãos.

A TAXA poderia ser estimada de outros modos, por exemplo, em porcentagem da produção total. Como o número médio de dias para a maturidade fisiológica foi de 64 dias, tem-se o acúmulo de 1,56% de matéria seca por dia. Se considerar a duração apenas do período efetivo de acúmulo de matéria seca e o período *lag* foi de 10 dias, o período linear seria em 54 dias e a taxa seria 1,85%. Poder-se-ia também tomar a produtividade média, 7296 kg ha<sup>-1</sup> e dividir pelo número de dias do período linear, isto é, 135,1 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a TAXA, todas as fontes de variação associadas à heterose foram significativas. Depreende-se que a dominância é importante na manifestação desse caráter. Contudo, considerando a média geral dos genitores e dos híbridos, verifica-se que a heterose foi de

apenas 0,7% da média dos pais. Considerando a estimativa da capacidade geral de combinação, verificou-se que o genitor 10 apresentou melhor performance em cruzamento. No entanto, a maior parte desse seu comportamento em combinações híbridas deve ser atribuída ao efeito (“per se”) do genitor e não à heterose do genitor.

A análise de variância do caráter PROD também mostrou que todas as fontes de variação foram significativas, exceto as interações das heteroses com ambientes. Chama a atenção que na média geral, os genitores apresentaram desempenho superior ao dos híbridos. Em princípio, esse resultado pode parecer estranho, pois na literatura existem inúmeros relatos de heterose positiva para a PROD (HALLAUER, CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; RIBEIRO et al., 2014;). Contudo, nesse trabalho a maioria dos genitores foram híbridos simples e, portanto o híbrido entre eles é duplo. Normalmente, o híbrido duplo tem média menor que os híbridos simples (WRICK; WEBER, 1986). Veja por exemplo que os três genitores com maior média, os de número 6, 7 e 8 apresentaram efeito do genitor “per se” positivo. No entanto, a heterose do genitor foi sempre negativa, indicando provavelmente que eles possuíam a maioria dos locos em heterozigose e que quando cruzado, essas combinações foram desfeitas. Já o contrário ocorreu com o genitor 11, híbrido intervarietal, o desempenho “per se” foi o pior de todos. Porém, ele apresentou heterose do genitor positiva. Quando se estima a capacidade geral de combinação, que envolve como já mencionado  $v_i$  e  $h_i$ , o destaque foi o híbrido 6. Porém, novamente a sua capacidade de combinação é explicada pelo desempenho “per se”, e não pela heterose nos cruzamentos em que participa. O contrário ocorreu com o genitor 10 que também apresenta alta capacidade geral de combinação.

A capacidade específica de combinação depende da divergência entre os genitores e a ocorrência de dominância (BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012). Do que já foi comentado, os genitores apresentaram divergência, mas não de magnitude expressiva, e a dominância especialmente para NDF, NDMF e TAXA não é expressiva (TABELA 3). Assim, é esperado que o efeito da capacidade específica de combinação não seja expressivo, embora, exceto para NDF, foi significativo para os demais caracteres (TABELA 2). No caso da PROD, as estimativas da capacidade específica de combinação na maioria dos pares de combinação não foram diferentes de zero, em função da magnitude do desvio padrão da estimativa (TABELA 9). Esse fato deve ter ocorrido como já comentado, porque os genitores são híbridos simples e as combinações obtidas do cruzamento de dois híbridos simples é um híbrido duplo.

Para a TAXA, muitas estimativas da capacidade específica de combinação devem ser diferentes de zero, porém não estiveram associadas com a produtividade de grãos. Isto é, as estimativas obtidas não contribuíram expressivamente para as diferenças em produtividade. Deve ser enfatizado que a produtividade é produto do número de grãos x peso de cada grão. O peso por sua vez depende do NDMF e da TAXA. Como a TAXA obtida foi do peso individual dos grãos, o seu efeito é apenas parcial. Por exemplo, a melhor combinação em termos de produtividade foi a 8x10 (TABELA 9). Veja que a TAXA dessa combinação foi até negativa, embora para o NDMF fosse positiva e provavelmente, diferente de zero. Assim, para essa combinação o número de grãos deve ter sido muito importante. Ribeiro et al. (2014) mostraram que a heterose da produtividade do milho é explicada em grande parte principalmente pelo número de grãos por planta ao invés do peso de grãos.

As estimativas das correlações fenotípicas dos caracteres dois a dois foram todas de pequena magnitude. A única significativa foi o NDMF e a PROD (TABELA 10). Na literatura existem poucos relatos a esse respeito. Gasura et al. (2013) detectaram correlação positiva e de pequena magnitude entre essas características também. Quando a estimativa da correlação é alta, a interpretação é tranquila, isto é, os dois caracteres são associados. Contudo, quando ela é baixa já não é tão simples, pois para que ocorra correlação alta é preciso que os dois caracteres sejam variáveis. Se um deles ou ambos não variam, a correlação tende para zero, mesmo tendo associação. No presente trabalho foi detectada diferença significativa para todos os caracteres, contudo, a diferença entre as médias nem sempre foi expressiva. Deve ser enfatizado que a TAXA e o NDMF evidentemente afetam a PROD. Contudo, se a TAXA for associada negativamente com o NDMF, os efeitos podem ser anulados. Como as estimativas foram todas de pequena magnitude, essa é uma condição favorável, pois será possível identificar genitores/populações híbridas que associem alto NDMF e TAXA, o que evidentemente é uma condição favorável.

A razão de se utilizar híbridos simples comerciais como genitores é porque esses híbridos já foram amplamente testados em inúmeras condições de cultivo e, portanto, pelo menos em princípio, é o melhor germoplasma disponível. Se o objetivo for obter populações de cruzamento de dois genitores, os resultados obtidos já permite identificar as melhores, por meio da avaliação da média geral dos híbridos. Por exemplo, o par de maior produtividade de grãos foi o 8x10 (9040 kg ha<sup>-1</sup>). Veja que envolve dois híbridos simples de duas empresas diferentes e que estão entre os mais comercializados em muitas regiões do país. Se por outro

lado, o objetivo for obter um composto envolvendo mais parentais, pode-se utilizar a expressão apresentada por Vencovsky; Barriga (1992)  $M = |X| + |Y|$  em que: M é a média estimada do composto; X é a contribuição do lado paterno e Y a contribuição do lado materno e assim, predizer todas as combinações possíveis envolvendo de três a 11 genitores. Poder-se-ia também propor a obtenção de uma variedade sintética. Nesse caso, a própria estimativa dos compostos já poderiam identificar as melhores combinações. Lembrando que a média de uma variedade sintética (S) é obtida por:  $S = (n-1/n) h + \text{média das linhagens parentais}$ . Em que: n é o número de genitores e  $h_m$  é a média da heterose de todas as combinações dos genitores dois a dois.

## 5 CONCLUSÃO

Embora os genitores difiram quanto aos caracteres número de dias para o florescimento e para a maturidade fisiológica, na taxa de enchimento de grãos, nenhuma combinação híbrida associou precocidade no florescimento com maior duração do período de enchimento de grãos e alta taxa, o que é almejado. Contudo, para cada caráter isoladamente foi possível identificar combinações híbridas promissoras, sobretudo para a obtenção de novas linhagens.

A predição do melhor composto, dois a dois, não é possível para todos os caracteres simultaneamente.

O emprego desses caracteres como auxiliar do processo seletivo para a produtividade de grãos é pouco eficiente devido, sobretudo, a dificuldade de sua obtenção.

## REFERÊNCIAS

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 Ed. Woodbury: Stemma Press. 400 p. 2010.

BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. **Annals of Botany**, v. 91, p. 857-867, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos: Safra 2016/17**. v. 12, Brasília, p. 1-1822016. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 16 nov. 2017

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013

DARROCH, B. A.; BAKER, R. J. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. **Crop Science**, v. 30, p. 525-529, 1990.

DURÃES, F.O.M.; dos SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G.; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; GUIMARÃES, C.T. Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2004. 17p. (Circular Técnica, n.39)

FANCELLI, A. L. **Ecofisiologia e fenologia**. (CAD - Cursos de Atualização à Distância. Tecnologia da produção de milho. Modulo1. Piracicaba: Aldeia Norte, 2002. 51 p.

FOYER, C. H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E. e SCHAFFER, A.A. (Eds.) **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. New York, Marcel Dekker, 1996. p.311-340.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 1, p. 439-452, Jan. 1966.

GASURA, E. et al. Exploiting grain-filling rate and effective grain-filling duration to improve grain yield of early-maturing maize. **Crop Science**, v. 53, p. 2295-2303, 2013.

GASURA, E.; SETIMELA, P. S.; TAREKEGNE, A.; ICISHAHAYO, D.; EDEMA, R.; GIBSON, P. T.; OKORI, P. Variability of grain-filling traits in early maturing CIMMYT tropical maize inbred lines. **Crop Science**, v. 54, p. 530-536, 2014.

GIESBRECHT, J. The inheritance of maturity in maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 9, n. 3, p. 675-677, 1960.

HALLAUER, A. R. Inheritance of flowering in maize. **Genetics**, v. 52, n. 1, p. 129-137, July 1965.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, 2010.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. Precipitação e Temperatura média Lavras-MG (2014-2016)**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>  
Acesso em: 07 set. 2017

LEE, E. A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, v. 47, p. 202-215, 2007.

LIMA, J. L.; SOUZA, J. C ; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M.A.P . Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), v. 67, p. 127-131, 2008.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos de milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.

MOHAMED, A. H. Inheritance of quantitative characters in *Zea mays*. I. Estimation of the number of genes controlling the time of maturing. **Genetics**, Baltimore, v. 11, p. 713-724, 1959.

PRADO, S. A. et al. Lines and derived hybrid performance for grain filling traits in maize. **Crop Science**, v. 53, p. 1636-1645, 2013.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014.

RAMALHO, A. R.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Comportamento de famílias de meios-irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho. **Ciência Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 510-518, 2001.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. rev. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

RIBEIRO, C. B.; RAMALHO, M. A. P.; PRADO, P. E. R. Contribuição dos caracteres vegetativos e reprodutivos da planta de milho para a heterose na produção de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 59-68, 2014.

RIBEIRO, P.H.E. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SALEEM, M.; SHAHZAD, K.; JAVID, M.; AHMED, A. Genetic analysis for various quantitative traits in maize (*Zea mays* L.) inbred lines. **Int. J. Agric. Biol.**, v. 4, n. 3, p. 379-382, 2002.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SHER, H.; IQBAL, M.; KHAN, K.; YASIR, M.; RAHMAN, H. Genetic analysis of maturity and flowering characteristics in maize (*Zea mays* L.). **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.2, n. 8, p. 621-626, 2012.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

WANG, G.; KANG, M.S.; MORENO, O. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, v. 61, p. 211–222, 1999.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

YADEGARI, R.; DREWS, G. N. Female Gametophyte Development. **The Plant Cell**, v. 16, p. 133-141, 2004.

ZHANG, J.; GUO, J.; LIU, Y.; ZHANG, D.; ZHAO, Y.; ZHU, L.; HUANG, Y.; ZHANG, Z.; CHEN, J. Genome-wide association study identifies genetic factors for grain filling rate and grain drying rate in maize. **Euphytica**, v. 212, p.201-212, 2016.

ZHOU, B.; YUE, Y.; SUN, X.; DIN, Z.; MA, W.; ZHAO, M. Maize kernel weight responses to sowing date associated variation in weather conditions. **The Crop Journals**, v. 5, p. 43-51, 2017.

## APÊNDICE

Tabela 1A - Resumos das análises de variância do número de dias para o florescimento das plantas de milho obtidas nas diferentes safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra2016
Tratamentos	120	4,979**	10,73**	10,38**	5,15**
Entre pais	10	7,43**	36,10**	18,10**	14,13**
Híbridos A (A)	54	3,58**	7,87**	9,13**	3,37**
Híbridos B (B)	54	5,57**	9,21**	10,22**	4,70**
A vs B	1	3,31ns	0,01ns	0,83 ns	0,45 ns
Pais vs Híbridos	1	26,03**	3,64ns	18,23**	40,74**
Erro	120	1,44	1,76	1,36	1,537
Média		68,14	65,95	65	66,02
Acurácia (%)		0,84	0,92	0,93	0,84

\*\* : Teste F significativo a 1% e \* 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Tabela 2A - Resumos das análises de variância do número de dias para maturidade fisiológica dos grãos de milho obtidas nas diferentes safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra2016
Tratamentos	120	41,74**	35,65**	38,44**	63,18**
Entre pais	10	35,64**	17,84**	45,01**	97,52**
Híbridos A (A)	54	38,80**	36,20**	40,37**	64,75**
Híbridos B (B)	54	46,07**	38,16**	36,64**	56,68**
A vs B	1	67,65**	43,65**	4,95ns	0,31ns
Pais vs Híbridos	1	1,80**	40,74**	0,30**	49,19**
Erro	120	0,46	3,57	2,23	1,508
Média		67	67,48	61,97	60,57
Acurácia (%)		0,99	0,95	0,97	0,988

\*\* : Teste F significativo a 1% e \* 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Tabela 3A - Resumos das análises de variância da taxa de acúmulo de matéria seca no grão (g dia<sup>-1</sup> x 10<sup>-6</sup>) de milho obtidas nas diferentes safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra2016
Tratamentos	120	156781,65**	197749,90**	194210,97**	198151,45**
Entre pais	10	333725,29**	182013,46**	450505,39**	226278,49**
Híbridos A (A)	54	139181,84**	204703,97**	168977,77**	202314,31**
Híbridos B (B)	54	146727,10**	198853,24**	177337,36**	195792,70**
A vs B	1	12,48ns	13002,47**	521,57ns	4420,45ns
Pais vs Híbridos	1	37449,46**	104760,94**	98724,24**	13189,74*
Erro	120	486,40	681,00	1064,76	3056,36
Média		4383,31	3882,98	4479,32	3820,54
Acurácia (%)		0,998	0,998	0,997	0,992

\*\* : Teste F significativo a 1% e \* 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Tabela 4A - Resumos das análises de variância da produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de milho obtidas nas diferentes safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra2016
Tratamentos	120	6888316,19**	4116363,42**	5456696,00**	723577,32*
Entre pais	10	5748771,95**	4335865,19**	11770415,50**	632897,38ns
Híbridos A (A)	54	6831307,38**	3981566,22**	5048706,03**	825858,82*
Híbridos A (A)	54	7187481,07**	4170437,20**	4624798,85**	657365,17ns
A vs B	1	824023,24ns	542878,01ns	1938630,65ns	386510,62ns
Pais vs Híbridos	1	11271625,11**	9853896,52**	12791441,43*	19707,24ns
Erro	120	3613602,588	1638650,936	1973519,36	499239,27
Média		9087,99	8346,59	7020,96	4559,93
Acurácia (%)		0,71	0,78	0,79	0,56

\*\* : Teste F significativo a 1% e \* 5 % de probabilidade; ns: não significativo.

Tabela 5A - Número médio de dias para o florescimento na 1ª safra de 2014/2015 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2015 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média
<b>1</b>		68,8	69,3	69,5	69,0	68,3	67,3	68,5	68,3	67,5	67,3	<b>71,0</b>
<b>2</b>	64,2		67,5	66,8	65,8	67,5	67,0	67,8	67,0	67,3	68,3	<b>67,0</b>
<b>3</b>	65,9	64,0		67,8	67,3	67,0	68,0	67,8	68,3	65,5	68,5	<b>69,5</b>
<b>4</b>	64,4	63,5	64,1		68,0	68,8	69,0	67,5	68,8	67,0	68,0	<b>68,5</b>
<b>5</b>	65,2	64,3	66,1	63,2		69,8	68,5	68,0	68,5	67,5	68,5	<b>67,5</b>
<b>6</b>	63,8	65,5	67,0	64,6	65,6		67,8	67,5	68,8	67,5	69,0	<b>69,5</b>
<b>7</b>	64,7	65,6	64,7	63,2	64,4	65,1		67,5	68,5	67,5	67,5	<b>72,5</b>
<b>8</b>	63,5	65,8	66,5	63,6	67,8	67,9	65,7		69,3	68,0	71,0	<b>68,5</b>
<b>9</b>	64,8	67,3	64,5	64,8	66,6	66,2	65,8	66,6		68,0	69,0	<b>68,0</b>
<b>10</b>	66,7	65,8	67,0	64,3	65,6	65,8	65,0	66,3	65,8		69,5	<b>67,0</b>
<b>11</b>	67,7	68,4	69,4	66,8	69,6	69,0	69,8	70,0	71,0	68,8		<b>72,0</b>
<b>Média</b>	<b>62,6</b>	<b>62,9</b>	<b>65,0</b>	<b>62,5</b>	<b>63,8</b>	<b>65,4</b>	<b>63,1</b>	<b>64,0</b>	<b>66,0</b>	<b>69,0</b>	<b>77,0</b>	

Tabela 6A - Número médio de dias para o florescimento na 1ª safra de 2015/2016 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2016 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média
1		63,0	61,0	63,5	66,2	67,0	64,3	64,5	66,3	62,8	68,0	<b>61,0</b>
2	65,5		64,0	62,3	65,3	62,3	62,3	64,0	63,3	64,3	67,8	<b>62,1</b>
3	64,5	64,3		63,0	63,4	63,9	62,5	65,6	64,0	64,2	65,4	<b>62,4</b>
4	64,8	64,8	65,8		63,0	64,8	63,3	62,2	64,3	65,8	67,3	<b>63,1</b>
5	66,0	65,8	65,3	65,3		66,0	64,8	67,4	67,3	65,5	68,0	<b>64,0</b>
6	67,5	66,3	65,5	64,5	66,0		66,0	67,7	65,5	67,0	67,2	<b>63,5</b>
7	64,0	65,0	65,0	67,0	66,5	68,0		65,0	64,8	64,8	67,3	<b>63,5</b>
8	65,0	67,3	65,5	67,5	65,8	67,5	67,5		65,2	65,0	70,4	<b>62,4</b>
9	65,8	64,3	66,3	65,3	65,8	65,8	66,0	65,5		65,5	66,5	<b>66,6</b>
10	64,8	64,8	68,3	64,5	66,5	66,3	65,0	68,0	67,0		68,3	<b>65,0</b>
11	65,0	64,3	64,8	65,0	65,0	67,0	66,5	68,5	67,0	68,5		<b>72,0</b>
Média	<b>64,5</b>	<b>68,5</b>	<b>64,5</b>	<b>66,5</b>	<b>64,5</b>	<b>65,5</b>	<b>68,0</b>	<b>66,0</b>	<b>70,5</b>	<b>70,0</b>	<b>72,0</b>	

Tabela 7A - Número médio de dias para a maturidade fisiológica na 1ª safra de 2014/2015 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2015 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média
1		69,5	69,5	66,0	62,5	69,5	66,0	66,0	62,5	66,0	69,5	<b>66,0</b>
2	67,0		66,0	69,5	69,5	69,5	66,0	66,0	62,5	69,5	69,5	<b>66,0</b>
3	60,0	66,5		69,5	62,5	69,5	66,0	73,0	66,0	66,0	66,0	<b>66,0</b>
4	60,0	68,8	71,3		66,0	62,5	62,5	62,5	69,5	66,0	69,5	<b>66,0</b>
5	65,3	68,8	69,5	68,0		62,5	62,5	69,5	66,0	69,5	66,0	<b>66,0</b>
6	62,5	69,5	65,3	69,8	70,5		62,5	69,5	67,8	71,3	73,0	<b>73,0</b>
7	63,5	61,0	65,3	68,8	69,5	66,0		69,5	73,0	62,5	69,5	<b>59,0</b>
8	69,5	68,0	66,0	63,5	69,5	67,0	67,0		62,5	70,5	69,5	<b>73,0</b>
9	65,3	66,3	68,0	73,0	68,8	68,8	73,0	68,0		66,0	66,0	<b>66,0</b>
10	66,3	69,5	67,0	73,0	63,5	72,3	63,5	65,3	69,8		62,5	<b>73,0</b>
11	64,5	69,5	68,0	73,0	66,0	73,0	69,5	64,5	67,0	61,0		<b>66,0</b>
Média	<b>64,5</b>	<b>68,0</b>	<b>68,0</b>	<b>71,5</b>	<b>73,0</b>	<b>73,0</b>	<b>66,0</b>	<b>68,0</b>	<b>66,0</b>	<b>71,5</b>	<b>67,0</b>	<b>67,0</b>

Tabela 8A - Número médio de dias para a maturidade fisiológica na 1ª safra de 2015/2016 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2016 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média
1		64,5	66,8	64,5	52,8	59,0	60,0	52,8	66,0	73,0	66,0	<b>66,0</b>
2	52,0		66,0	59,0	66,0	64,5	60,0	65,3	59,0	65,3	59,0	<b>66,0</b>
3	66,0	59,0		60,0	60,0	61,0	65,3	65,3	56,5	60,0	71,0	<b>59,0</b>
4	66,0	52,0	59,0		60,0	59,0	65,3	64,5	60,0	60,0	56,3	<b>53,5</b>
5	66,7	59,0	56,0	59,0		59,0	63,5	58,0	58,0	60,0	59,0	<b>59,0</b>
6	52,0	59,0	59,0	59,0	59,0		65,3	61,0	66,0	66,0	61,0	<b>68,0</b>
7	60,0	66,0	66,0	58,0	66,0	59,0		65,3	65,3	60,0	61,0	<b>59,0</b>
8	60,0	59,0	59,0	55,5	66,0	59,0	58,0		66,0	65,3	61,0	<b>66,0</b>
9	48,3	60,0	66,0	66,0	52,0	66,0	66,0	52,8		64,5	59,0	<b>61,0</b>
10	52,0	66,0	59,0	65,2	66,0	73,0	58,0	66,0	52,8		52,0	<b>66,0</b>
11	54,5	66,0	59,0	60,0	59,0	59,0	59,0	73,0	59,0	66,0		<b>57,0</b>
Média	<b>52,0</b>	<b>59,0</b>	<b>52,0</b>	<b>71,0</b>	<b>59,0</b>	<b>73,0</b>	<b>59,0</b>	<b>66,0</b>	<b>66,1</b>	<b>59,0</b>	<b>66,0</b>	

Tabela 9A - Taxa média de acúmulo de matéria seca (g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (10<sup>-6</sup>) na 1ª safra de 2014/2015 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2015 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Média
1		3943	4432	3996	4446	4131	4412	3992	4256	4457	4334	<b>3911</b>
2	3694		4391	4739	4112	4189	4346	4083	4349	4177	4438	<b>4123</b>
3	3174	3844		4034	4093	4169	4298	4079	4532	4503	4645	<b>4028</b>
4	3537	4261	3928		4607	4087	4490	4211	4749	4409	4754	<b>4560</b>
5	3842	3930	4402	3777		4159	4339	4286	3997	4629	4796	<b>4338</b>
6	3270	3875	3804	3735	3560		4343	4019	4162	4531	4384	<b>4513</b>
7	3556	3843	4487	4274	3928	3346		4147	4476	5019	4612	<b>4467</b>
8	3419	3908	3662	3822	3408	3955	4164		4450	4511	4543	<b>3877</b>
9	3272	3733	4049	4198	4078	3886	4564	3742		5084	4721	<b>5027</b>
10	3697	3870	3848	4336	4147	3863	4098	3704	4168		4773	<b>4882</b>
11	4203	4209	3962	3830	3912	3913	3998	3665	4535	4040		<b>4924</b>
Média	<b>3131</b>	<b>3763</b>	<b>3810</b>	<b>3940</b>	<b>3824</b>	<b>3617</b>	<b>4417</b>	<b>3846</b>	<b>3817</b>	<b>3949</b>	<b>3874</b>	

Tabela 10A - Taxa média de acúmulo de matéria seca (g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (10<sup>-6</sup>) na 1ª safra de 2015/2016 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2016 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>		4216	4291	4362	4271	3985	4445	4002	4403	4449	4230	<b>4149</b>
<b>2</b>	3606		4441	4517	4473	4092	4600	4216	4532	4642	4398	<b>4558</b>
<b>3</b>	3890	3928		4305	4688	4516	4629	4422	4578	5083	4758	<b>4384</b>
<b>4</b>	3426	4132	4422		4275	4262	4851	4633	4834	4796	5103	<b>4916</b>
<b>5</b>	3666	3740	4181	3685		3989	4588	4117	4518	4670	4483	<b>4226</b>
<b>6</b>	3113	3526	3917	3918	3574		4169	3966	4761	4159	4203	<b>3652</b>
<b>7</b>	3337	4175	4130	4023	3729	3445		4533	4953	5057	4972	<b>4205</b>
<b>8</b>	3531	3809	3726	3802	3264	3545	3944		4522	4431	4232	<b>3875</b>
<b>9</b>	3447	4193	4088	3825	4543	3747	4160	3603		4793	4339	<b>5249</b>
<b>10</b>	3507	4014	4091	3945	3588	3530	4201	3870	4167		4962	<b>4925</b>
<b>11</b>	3172	3706	3936	3508	4272	3830	4143	4172	3855	3960		<b>4431</b>
<b>Média</b>	<b>3586</b>	<b>3693</b>	<b>3809</b>	<b>3339</b>	<b>4167</b>	<b>3675</b>	<b>4129</b>	<b>3224</b>	<b>4249</b>	<b>3836</b>	<b>4062</b>	

Tabela 11A – Produtividade média de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) na 1ª safra de 2014/2015 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2015 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>		9953	6533	6206	9730	9937	8588	9121	8210	7715	8595	<b>9626</b>
<b>2</b>	6266		8671	6892	9541	9031	8277	8889	5581	9854	8557	<b>8002</b>
<b>3</b>	5715	8339		8103	6587	11795	9146	11301	6929	11813	10580	<b>10142</b>
<b>4</b>	6860	8193	8856		5267	8105	7053	8035	7528	11312	7097	<b>7667</b>
<b>5</b>	7756	9088	8743	9132		9106	8944	7172	9080	11103	8880	<b>10702</b>
<b>6</b>	8012	9170	8776	8965	10489		9230	10331	11394	10507	10563	<b>10744</b>
<b>7</b>	6532	7027	9667	7682	9126	7902		9510	9932	8743	9788	<b>11389</b>
<b>8</b>	8196	8509	9124	6504	6475	8519	9550		9112	11583	9873	<b>12599</b>
<b>9</b>	7440	6646	6452	10206	8928	9693	8921	8817		9978	10685	<b>8773</b>
<b>10</b>	5214	8296	7589	8600	8803	9732	8029	10503	10761		10041	<b>10666</b>
<b>11</b>	6600	8680	8425	7568	8588	9118	7233	7943	8005	9588		<b>7163</b>
<b>Média</b>	<b>7277</b>	<b>7917</b>	<b>8168</b>	<b>8500</b>	<b>9757</b>	<b>10979</b>	<b>10710</b>	<b>11120</b>	<b>9232</b>	<b>8151</b>	<b>7021</b>	

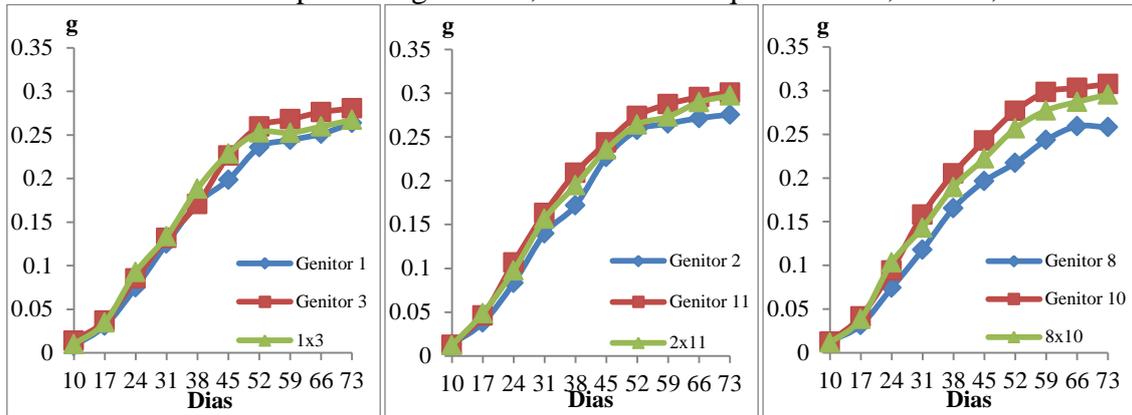
Tabela 12A - Produtividade média de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) na 1ª safra de 2015/2016 (acima da diagonal) e 2ª safra de 2016 (abaixo da diagonal). Lavras, MG.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>		7349	8941	8338	6497	7957	7059	9454	7650	8725	5722	<b>10320</b>
<b>2</b>	4106		7124	6119	6300	8958	7018	8309	5632	8146	6412	<b>8402</b>
<b>3</b>	4291	4170		6481	7344	6668	7013	8623	5432	6697	8303	<b>7067</b>
<b>4</b>	4357	4935	4515		7759	6260	6498	5381	5922	5254	3148	<b>4760</b>
<b>5</b>	4368	4302	4161	4538		4919	6968	8428	9232	7225	5719	<b>8927</b>
<b>6</b>	4785	3845	4807	4138	5136		7682	7560	6748	6881	7282	<b>10837</b>
<b>7</b>	4294	5005	4317	3752	5172	5691		6737	7558	9354	4720	<b>10705</b>
<b>8</b>	4616	4828	5286	4389	4487	5839	4607		6240	8849	4735	<b>7455</b>
<b>9</b>	3803	3505	4370	3998	4689	4800	4625	4915		6731	5736	<b>5646</b>
<b>10</b>	4035	4855	4419	4339	5370	5251	4371	5224	3886		4361	<b>7630</b>
<b>11</b>	5072	3653	5164	4017	4608	4797	4583	4672	4407	4791		<b>3479</b>
<b>Média</b>	<b>4630</b>	<b>4153</b>	<b>3471</b>	<b>4447</b>	<b>5207</b>	<b>4423</b>	<b>4510</b>	<b>5312</b>	<b>5167</b>	<b>4618</b>	<b>3907</b>	

Tabela 13A - Estimativas médias da matéria seca final (*a*), coeficiente no estágio inicial (*b*), inclinação da curva logística (*c*), coeficiente de determinação do modelo ( $R^2$ ) taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) em g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> entre diferentes híbridos de milho (Trt) nas quatro safras de avaliação. Lavras, MG.

Trt	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$R^2$	TAXA	Trt	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$R^2$	TAXA
1	0,2583	-3,7467	0,1156	0,99	0,0040	34	0,3109	-3,7018	0,1091	0,99	0,0047
2	0,2638	-3,6346	0,1161	0,99	0,0041	35	0,2829	-4,0845	0,1231	0,99	0,0045
3	0,2641	-3,8942	0,1280	0,99	0,0040	36	0,3057	-3,6728	0,1128	0,99	0,0045
4	0,2737	-3,3836	0,1043	0,99	0,0041	37	0,3031	-3,4428	0,1088	0,99	0,0045
5	0,2726	-3,6692	0,1184	0,99	0,0043	38	0,3063	-3,5058	0,1086	0,99	0,0046
6	0,2481	-3,2620	0,1026	0,99	0,0039	39	0,2982	-3,6154	0,1030	0,99	0,0044
7	0,2651	-3,3880	0,1084	0,99	0,0041	40	0,2810	-3,5557	0,0978	0,99	0,0042
8	0,2592	-3,6016	0,1154	0,99	0,0041	41	0,2874	-3,9414	0,1212	0,99	0,0043
9	0,2728	-3,5215	0,1077	0,99	0,0043	42	0,2740	-3,3896	0,0973	0,99	0,0040
10	0,2803	-3,5336	0,1061	0,99	0,0042	43	0,2895	-3,5508	0,1078	0,99	0,0045
11	0,2936	-3,2021	0,0937	0,99	0,0043	44	0,3043	-3,4586	0,1030	0,99	0,0045
12	0,2780	-3,6780	0,1146	0,99	0,0042	45	0,3069	-3,4774	0,1098	0,99	0,0048
13	0,2916	-3,8088	0,1173	0,99	0,0044	46	0,2787	-3,7192	0,1051	0,99	0,0038
14	0,2961	-4,0148	0,1269	0,99	0,0047	47	0,2682	-3,3931	0,1060	0,99	0,0041
15	0,2855	-3,7058	0,1146	0,99	0,0042	48	0,2737	-3,7148	0,1062	0,99	0,0041
16	0,2768	-3,5219	0,1041	0,99	0,0041	49	0,2864	-3,9997	0,1171	0,99	0,0042
17	0,2972	-3,5809	0,1133	0,99	0,0046	50	0,2809	-3,4096	0,1082	0,99	0,0039
18	0,2754	-3,7102	0,1179	0,99	0,0042	51	0,2750	-3,7027	0,1173	0,99	0,0041
19	0,2850	-3,6862	0,1138	0,99	0,0044	52	0,2960	-3,9658	0,1210	0,99	0,0047
20	0,2888	-3,5127	0,1100	0,99	0,0042	53	0,3046	-3,5188	0,1010	0,99	0,0045
21	0,2927	-3,4062	0,1097	0,99	0,0043	54	0,3207	-3,5999	0,1059	0,99	0,0045
22	0,2840	-3,6603	0,1112	0,99	0,0044	55	0,3177	-3,8309	0,1192	0,99	0,0050
23	0,2899	-3,5672	0,1105	0,99	0,0043	56	0,3030	-3,8735	0,1244	0,99	0,0046
24	0,3043	-3,5605	0,1078	0,99	0,0047	57	0,2605	-3,5166	0,1049	0,99	0,0037
25	0,2946	-3,4510	0,1031	0,99	0,0044	58	0,2909	-3,6192	0,1060	0,99	0,0044
26	0,2980	-3,3918	0,1035	0,99	0,0044	59	0,2943	-3,3480	0,1037	0,99	0,0043
27	0,2792	-3,7943	0,1144	0,99	0,0041	60	0,2964	-3,5377	0,1075	0,99	0,0043
28	0,2980	-3,7730	0,1132	0,99	0,0045	61	0,3171	-3,9712	0,1134	0,99	0,0047
29	0,3066	-3,6816	0,1122	0,99	0,0047	62	0,3172	-3,6053	0,1107	0,99	0,0048
30	0,3043	-3,4461	0,1091	0,99	0,0045	63	0,3104	-3,4059	0,1019	0,99	0,0047
31	0,3058	-3,1243	0,0902	0,99	0,0044	64	0,3074	-3,6310	0,1146	0,99	0,0045
32	0,2897	-3,4684	0,1036	0,99	0,0044	65	0,3107	-3,4738	0,1094	0,99	0,0049
33	0,2820	-3,8181	0,1154	0,99	0,0044	66	0,2976	-3,5202	0,1166	0,99	0,0046

Figura 1A - Curva de acúmulo de matéria seca por grão para os híbridos 1x3, 2x11 e 8x10 e os seus respectivos genitores, na média das quatro safras, Lavras, MG.



**CAPÍTULO 3 ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE MÉDIAS DOS  
CARACTERES RELACIONADOS AO ENCHIMENTO DE GRÃOS DE MILHO**

## RESUMO

As empresas de melhoramento de milho disponibilizam inúmeros híbridos anualmente. No entanto, não estão disponíveis informações a respeito das estimativas de  $m+a$  (contribuição dos locos em homozigose) e  $d$  (contribuição dos locos em heterozigose) da produtividade de grãos (PROD) e outros caracteres relacionados ao enchimento de grãos, que podem ser úteis para a identificação de populações promissoras visando à seleção desses caracteres. Os objetivos desse trabalho foram: estimar a contribuição dos locos em homozigose e em heterozigose dos caracteres número de dias para o florescimento feminino (NDF) e maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) e produtividade de grãos. Para isso, as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , de nove híbridos comerciais, foram avaliadas no delineamento em blocos casualizados, segundo o esquema de faixa, com quatro repetições em experimento conduzido em Lavras, MG. Foram conduzidos quatro experimentos, em dois deles a semeadura foi realizada em novembro de 2014 e outubro de 2015 e os outros dois a semeadura foi em janeiro dos anos de 2015 e 2016. Foram coletadas: data de início do florescimento feminino; matéria seca dos grãos obtidos a partir de dez dias após o início do florescimento feminino a intervalos de sete dias até a ocorrência de camada preta e a produtividade de grãos na colheita. Na obtenção da matéria seca foi colhida uma planta/espiga por parcela e tomada uma amostra de 100 grãos na parte central da espiga. A partir desses dados, as seguintes estimativas foram obtidas: número de dias para o início do florescimento feminino e maturação fisiológica, taxa de acúmulo de matéria seca diária por grão. Foram obtidas estimativas da contribuição dos locos em heterozigose ( $d$ ) e em homozigose ( $m+a$ ), para os caracteres mencionados, por parcela. Constatou-se que os caracteres número de dias para o florescimento e a maturidade fisiológica bem como a taxa de acúmulo de matéria seca apresentam a estimativa de  $m+a$ , como sendo a maior contribuição para a média, ou seja, para esses caracteres predomina o efeito aditivo. Para produtividade de grãos, a heterose foi expressiva em consequência do predomínio dos locos com efeito de dominância ( $d$ ). A identificação de híbridos com potencial para a extração de linhagens é possível se o foco for para qualquer um dos caracteres isoladamente.

**Palavras-chave:** Melhoramento de plantas. Genética Quantitativa. Componentes de média.

## ABSTRACT

Maize breeding companies provide many hybrids annually. However, no information is available about  $m + a$  estimates (contribution of homozygosis loci) and  $d$  (contribution of heterozygosis loci) of grain yield (PROD) and other traits related to grain filling, that may be useful for identifying promising populations in order to select these traits. The aims of this work were: to estimate contribution of homozygosis ( $m+a$ ) and heterozygosis ( $d$ ) loci for the number of days to silking (NDF) and physiological maturity (NDMF), dry matter accumulation rate (TAXA) and grain yield.  $F_1$  and  $F_2$  generations of nine commercial hybrids were evaluated in a randomized complete block design with four replications in an experiment conducted in Lavras, MG. Four experiments were carried out, in two of them sowing was performed in November 2014 and October 2015 and the other two, sowing dates was in January 2015 and 2016. The following data were collected: the date when the plot had visible silks; dry matter of the grains obtained from ten days after the onset of silking and grain yield at harvest. The samples were taken each seven days until the black layer occurrence. To obtain the dry matter, a plant/ear was harvested per plot and a 100 grains sample was taken in the central part of the ear. From these data, the following estimates were obtained: number of days to silking and physiological maturation, daily dry matter accumulation rate. The contribution of heterozygosis ( $d$ ) and homozygous ( $m+a$ ) loci were obtained for the mentioned traits, per plot. All estimates were submitted to individual and joint analysis of variance. It was found that the number of days to silking and physiological maturity as well as the dry matter accumulation rate presented the  $m+a$  estimate, as the largest contribution to the mean, ie, additive effect. For grain yield, heterosis was expressive as a consequence of the loci predominance with dominance effect ( $d$ ). The hybrids identification with potential for extraction lines is possible if the focus is for any of the traits separately.

**Keywords:** Plant breeding. Quantitative genetics. Mean genetic componentes.

## 1 INTRODUÇÃO

O incremento na produtividade de grãos de milho nos últimos 40 anos foi expressivo (CONAB, 2017; RAMALHO; ABREU; CARVALHO, 2017). Esse sucesso é, sobretudo, porque nas últimas décadas o milho passou a ser cultivado quase que o ano todo no país, agrupado em duas safras. A primeira que se estende de agosto até novembro/dezembro e a segunda, normalmente em sucessão à soja, que ocorre de janeiro até março/abril. Sobretudo, nessa segunda safra, especialmente a precipitação – chuva - não é regular o que contribui para que a produtividade seja menor.

Enorme esforço da pesquisa vem sendo realizado visando à continuação do incremento na produtividade. O melhoramento genético se destaca pelo enorme volume de linhagens obtidas e híbridos testados anualmente, principalmente pelas empresas privadas.

Entre os caracteres que afetam a produtividade de milho, aqueles relacionados ao número de dias para o florescimento e a maturidade fisiológica e a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos se destacam. Contudo, especialmente para os milhos cultivados no Brasil são encontrados poucos relatos de seu controle genético.

No estudo do controle genético de um caráter são disponíveis algumas metodologias (BERNARDO, 2010; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; RAMALHO et al., 2012). Essas metodologias envolvem o emprego de variâncias ou de médias. Nesse último caso, as estimativas de  $m+a$  (contribuição dos locos em homozigose) e  $d$  (contribuição dos locos em heterozigose) têm algumas vantagens, entre elas, a facilidade de obtenção, a informação a ser obtida do controle genético e a possibilidade de identificar o híbrido ou população com maior chance de obter boas linhagens na geração  $F_{\infty}$  e maior variabilidade (VENCOVSKY, 1987; RAMALHO et al., 2012).

Informações a respeito da estimativa de  $m+a$  e  $d$  para caracteres relacionados ao florescimento feminino, período e taxa de enchimento de grãos são escassas na literatura. Contudo, para produtividade de grãos alguns trabalhos já foram realizados (LIMA et al. 1999; SOUZA SOBRINHO, 2001; VIANA et al, 2009; RIBEIRO et al., 2014). Os autores relatam, sobretudo, efeito expressivo da dominância na expressão fenotípica desse caráter.

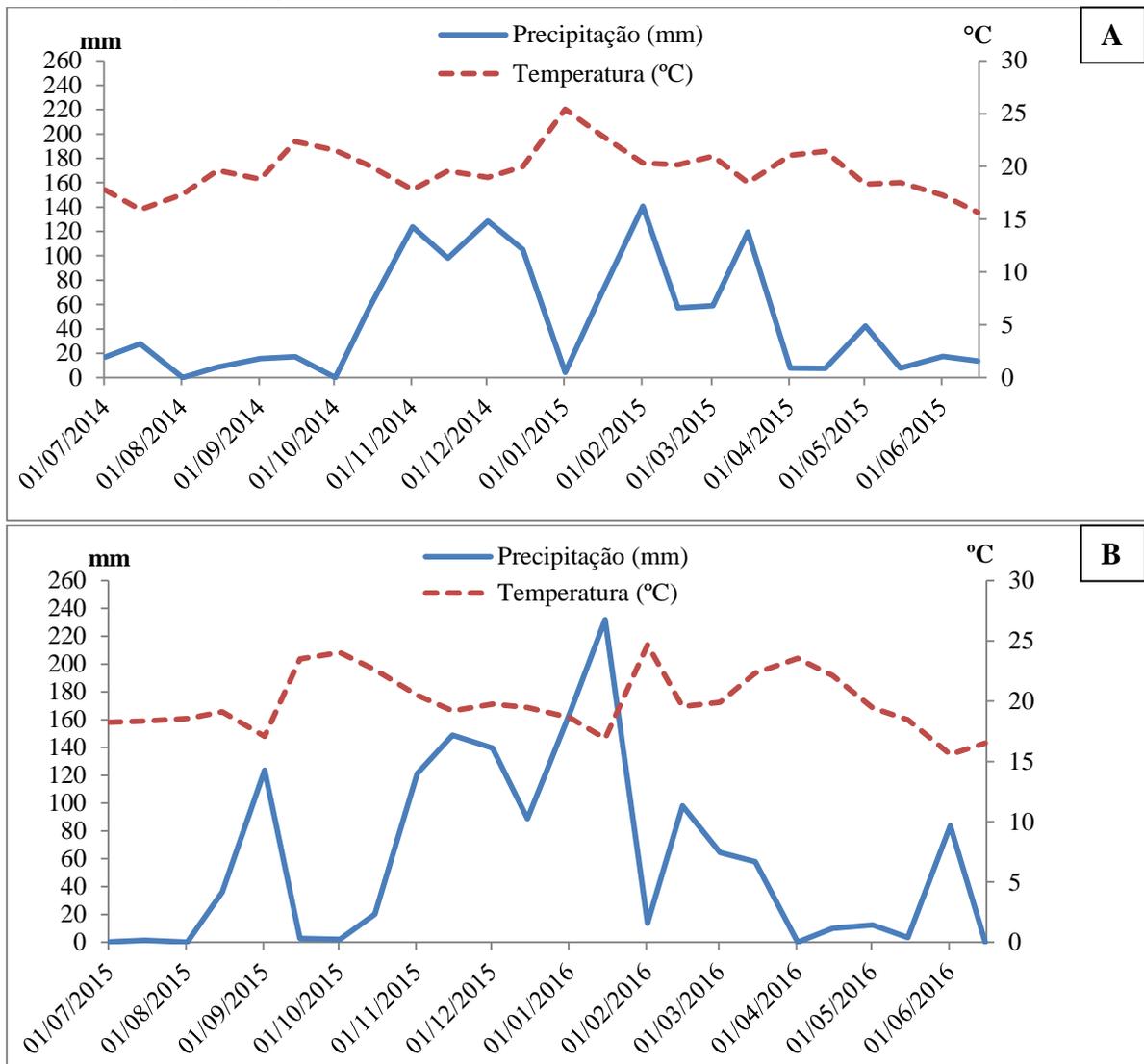
Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi estimar a contribuição dos locos em homozigose ( $m+a$ ) e em heterozigose ( $d$ ) dos caracteres número de dias para o florescimento feminino e maturidade fisiológica, taxa de acúmulo de matéria seca e produtividade de grãos

visando obter informações do controle genético e a identificação de híbridos comerciais promissores para a extração de linhagens com foco nesses caracteres.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado na região Sul do estado de Minas Gerais, cidade de Lavras, a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste. Foram obtidas informações sobre temperatura média e precipitação durante o período das quatro safras na Estação Climatológica de Lavras (FIGURA 1).

Figura 1 – Precipitação e temperatura média obtida durante a realização dos experimentos. **A** – Experimentos realizados em 2014/2015. **B** – Experimentos realizados 2015/2016.



Fonte: Do autor, adaptado de Inmet (2017).

Foram utilizados nove híbridos comerciais cuja relação é apresentada na Tabela 1. A semente comercial corresponde à geração  $F_1$ . A semente da geração  $F_2$  foi obtida pela autofecundação de algumas plantas da geração  $F_1$  de cada híbrido. As gerações  $F_1$  e  $F_2$  dos diferentes híbridos foram avaliadas durante dois anos nas duas safras.

Tabela 1 - Identificação e principais características dos híbridos comerciais utilizados nas estimativas dos componentes genéticos de média.

Número	Híbrido	Empresa	Ciclo <sup>1</sup>	Tipo de grão <sup>1</sup>
1	Formula TL	Syngenta	Super precoce	Semiduro, amarelo alaranjado
2	AS 1551 PRO2	Agroeste	Super precoce	Semiduro Amarelo
3	AS 1656 PRO2	Agroeste	Precoce	Semidentado, Amarelo Alaranjado
4	AS 1660 PRO2	Agroeste	Super precoce	Semiduro, amarelo alaranjado
5	AG 7088 PRO	Agrocerec	Precoce	Semiduro, Alaranjado
6	DAS 2B587 HX	Dow AgroSciences	Precoce	Semidentado, Amarelo Alaranjado
7	DAS 2B810 PW	Dow AgroSciences	Normal	Semiduro, alaranjado
8	DKB 390 PRO	Monsanto	Precoce	Duro amarelo, alaranjado
9	P 30F53H	Pioneer	Precoce	Semiduro alaranjado

<sup>1</sup> Dados fornecidos pela empresa.

Fonte: Do Autor (2017).

A primeira safra foi avaliada na semeadura em novembro de 2014 e outubro de 2015; e a segunda safra com semeadura em janeiro de 2015 e 2016. Os experimentos foram aleatorizados de modo que as parcelas contendo as gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> de cada tratamento ocorressem próximas, ou seja, no delineamento de blocos casualizados segundo esquema em faixa com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três linhas de 4 m de comprimento com 8 sementes/m linear sendo deixadas 4 plantas/m linear após o desbaste. O espaçamento entre linhas foi de 60 cm. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente adotados na região.

#### Caracteres mensurados:

- a) Número de dias para o início do florescimento feminino foi anotado o dia em que ocorreu 50% ou mais das plantas da parcela apresentaram cabelo na boneca.
- b) Matéria seca dos grãos (MSG) como a parcela foi constituída de três linhas de 4m, foi tomada uma espiga por planta na linha central da parcela. Para isso, quando as plantas atingiram o florescimento feminino, ou seja, as espigas apresentaram cabelo na boneca, as plantas foram marcadas com tinta. Em cada parcela foram

identificadas as datas de florescimento de todas as plantas. Dez dias após o florescimento, com intervalos regulares de sete dias, foi coletada uma espiga para determinação da matéria seca dos grãos. As espigas coletadas foram retiradas as palhas, extraídos 100 grãos na parte central da espiga, os quais foram colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar com aproximadamente 80° C, por um período de 96 horas.

- c) Produtividade de grãos (PROD) na colheita foi utilizada uma das linhas da parcela. As espigas foram trilhadas obtendo-se o peso de grãos por parcela.

#### **Estimativas das variáveis a serem analisadas:**

- a) Número de dias para o florescimento (NDF) foi considerado o número de dias das sementeiras até a ocorrência de 50% ou mais das plantas da parcela apresentarem florescimento feminino.
- b) Número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF) foi considerado o número de dias para o florescimento até a ocorrência da camada preta em 50% dos grãos de milho. O NDMF foi avaliado por ocasião da amostragem para obtenção da matéria seca.
- c) Taxa diária de acúmulo de matéria seca por grão (TAXA) obtida a partir do florescimento até a maturidade fisiológica foi estimada por parcela por meio da equação apresentada por Darroch; Baker (1990):

$$Y = \frac{a}{1 + \exp(b - cx)}$$

Em que:

$Y$  é o peso médio de um grão (g);

$x$  número de dias após o florescimento;

$a$ ,  $b$ ,  $c$  são parâmetros estimados, sendo  $a$  peso final do grão (assintótico);  $b$  é o coeficiente no estágio inicial e  $c$  é a inclinação da curva logística e relacionado à taxa de enchimento de grãos.

Os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  foram estimados utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) por meio da equação apresentada anteriormente. Em seguida foram estimadas as matérias secas na maturidade fisiológica a partir dos parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . A taxa diária por parcela foi obtida pela divisão da matéria seca na maturidade fisiológica pelo número de dias para a maturidade fisiológica.

- d) Produtividade de grãos - no momento da colheita foi determinada a umidade. O peso de grãos foi corrigido para umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13} = [PC(100 - U)] / 87$$

Em que:

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

$PC$  é o peso de grãos sem correção;

$U$  é a umidade dos grãos na ocasião da pesagem das espigas, em porcentagem, amostrados em todas as parcelas.

O peso de grão, após correção da umidade, foi transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

As análises de variância individual foram efetuadas para todos os caracteres e, posteriormente, realizada a análise conjunta dos dados. Em seguida, foi estimada, por parcela, a contribuição dos locos em homozigose ( $m+a$ ) pelo estimador  $2F_2 - F_1$  e a contribuição dos locos em heterozigose ( $d$ ) pelo estimador  $2(F_1 - F_2)$ , em que  $F_1$  e  $F_2$  são os dados obtidos para cada híbridos nas gerações  $F_1$  e  $F_2$ .

Como foram obtidos dados por parcela, foram também realizadas análises de variância para  $m+a$  e  $d$ . O delineamento considerando tanto nas análises individuais de cada safra e na análise conjunta foi o de blocos casualizados com quatro repetições.

Estimou-se também a depressão por endogamia, em porcentagem, pelo estimador  $\left[ (\bar{F}_1 - \bar{F}_2) \div \bar{F}_1 \right] \times 100$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância individual de todos os caracteres encontram-se no Apêndice (TABELA 1A a 4A, APÊNDICE). Todas as fontes de variação foram significativas ( $p \leq 0,01$ ),

exceto Gerações para NDMF na 1ª safra de 2014/2015, 2ª safra de 2015 e 2ª safra de 2016 e TAXA na 1ª safra de 2015/2016. A precisão experimental foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV). Todos CV apresentaram uma baixa magnitude, indicando uma alta precisão experimental.

É necessário salientar que o contraste mais importante é a comparação das gerações  $F_1$  vs  $F_2$  de um mesmo híbrido. Por essa razão optou-se pelo delineamento de faixa, de modo a se ter restrição no sorteio e as gerações do mesmo híbrido ficaram sempre contíguos. Quando se usa esse delineamento têm-se três resíduos (erros). Constatou-se, contudo, que não houve maiores implicações, pois as estimativas do coeficiente de variação ambiental para todos os caracteres foram de baixa magnitude. Em trabalhos semelhantes visando estimar os componentes de média  $m+a$  e  $d$  conduzidos anteriormente, esse delineamento também foi utilizado (SOUZA SOBRINHO 2001).

Os resultados da análise de variância conjunta para os caracteres NDF, NDMF, TAXA, PROD estão apresentados na Tabela 2. Todas as fontes de variação foram significativas ( $p \leq 0,01$ ), exceto a interação gerações x safras para o NDMF. Contudo, é importante ressaltar que apesar das interações híbridos x gerações e híbridos x safras terem sido significativas, a ênfase será direcionada ao que se obteve na média geral. Sobretudo, porque ocorreu coincidência relativamente boa no que se refere ao contraste das gerações  $F_1$  vs  $F_2$  para os diferentes híbridos, que é o foco principal do trabalho.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA x10<sup>-3</sup> – g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (g planta<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho e duas gerações, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		NDF	NDMF	TAXA (10 <sup>-3</sup> )	PROD
Safras (S)	3	128,55**	1050,21**	8,19**	67635,20**
Blocos/Safras	12	8,25	7,63	0,13	540,93
Híbridos (H)	8	80,87**	55,90**	3,965**	3709,80**
H x S	24	7,93**	55,60**	0,38**	1930,51**
Erro a	96	1,54	3,34	0,02	78,25
Gerações (G)	1	783,42**	95,68**	9,54**	189638,13**
G x S	3	32,21**	15,58ns	2,07**	921,85**
Erro b	12	1,66	4,59	0,03	24,60
H x G	8	17,04**	55,13**	0,25**	641,31**
H x G x S	24	3,86**	53,68**	0,25**	417,21**
Erro c	96	1,17	1,85	0,02	31,69
<b>Média</b>		<b>66,00</b>	<b>62,19</b>	<b>4,09</b>	<b>116,71</b>

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%; ns, não significativo pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2017).

O comportamento em termos do número de dias para o início do florescimento foi bem semelhante entre as quatro safras. A amplitude de variação foi de apenas três dias, ou seja, 4,5% em relação à média geral (66 dias). Não ocorreu diferença expressiva no NDF. Sobretudo, porque as condições climáticas foram semelhantes entre os anos e as safras dentro de cada ano. O número médio de dias do florescimento à maturidade fisiológica, na média das quatro safras, dos híbridos e das gerações foi de 62 dias (TABELA 3).

Tabela 3 - Número médio de dias para o florescimento feminino (NDF) e maturidade fisiológica (NDMF) envolvendo nove híbridos comerciais de milho, das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

	NDF			NDMF		
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média
<b>1ª safra de 2014/2015</b>	65,36	70,14	67,75	64,03	63,47	63,75
<b>2ª safra de 2015</b>	64,36	66,56	65,46	64,31	63,39	63,85
<b>1ª safra de 2015/2016</b>	62,56	66,64	64,60	65,94	63,42	64,68
<b>2ª safra de 2016</b>	65,11	67,25	66,18	56,81	56,19	56,50
<b>Média</b>	<b>64,35</b>	<b>67,65</b>	<b>66,00</b>	<b>62,77</b>	<b>61,62</b>	<b>62,19</b>

Fonte: Do Autor (2017).

Com relação à taxa, ficou mais evidente que na segunda safra a quantidade de matéria seca acumulada por dia foi menor que na primeira safra (TABELA 4). Na média dos dois anos, a taxa de acúmulo na primeira safra foi 12,6% superior à média de segunda safra. Avaliando a taxa de enchimento de grãos a partir de um cruzamento dialélico com 11 híbridos F<sub>1</sub>'s e seus respectivos, na mesma época e região, os resultados foram muito semelhantes ao desse trabalho. Por exemplo, a taxa de acúmulo diário de matéria seca foi sempre inferior na segunda safra com uma redução de 13% em relação à primeira safra (TEIXEIRA et al, 2017).

Tabelas 4 – Taxa média de acúmulo de matéria seca (TAXA – 10<sup>-3</sup> em g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (PROD em g planta<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho, das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

	TAXA (10 <sup>-3</sup> )			PROD		
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média
<b>1ª safra de 2014/2015</b>	4,46	3,76	4,11	134,20	78,33	106,27
<b>2ª safra de 2015</b>	3,94	3,76	3,85	126,31	78,47	102,39
<b>1ª safra de 2015/2016</b>	4,56	4,57	4,57	191,51	132,97	162,24
<b>2ª safra de 2016</b>	4,15	3,55	3,85	117,47	74,43	95,95
<b>Média</b>	<b>4,28</b>	<b>3,91</b>	<b>4,09</b>	<b>142,37</b>	<b>91,05</b>	<b>116,71</b>

Fonte: Do Autor (2017).

O efeito das safras para PROD foi bem coincidente com a TAXA. Ela sempre foi maior na primeira safra. Em média, a produtividade da primeira safra foi 35,4% superior a da segunda safra. Resultados obtidos anteriormente na região apontam que o atraso na semeadura do milho após outubro acarretava uma redução de 27 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> considerando a semeadura até dezembro (RAMALHO et al. 2001). De modo similar, Ribeiro et al. (1998) encontrou uma redução de 28,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

A diferença em produtividade de grãos nas duas safras pode ser atribuída, principalmente, à menor precipitação durante a segunda safra (FIGURA 1). Durães et al (2004) relatam que a deficiência hídrica, especialmente no florescimento e formação dos grãos é considerado um fator limitante para a obtenção da máxima produtividade.

Considerando a média dos híbridos, para o NDF houve a formação de cinco grupos a partir do teste de Scott-Knott (1974) (TABELA 5). O híbrido mais precoce foi o 4 e os mais tardios 7, 8 e 9. No que se refere ao NDMF, foram formados apenas dois grupos (TABELA 6). Pelo menos em princípio, o desejável seria o híbrido que associasse maior precocidade para o florescimento e maior duração do período de acúmulo de matéria seca nos grãos.

Tabela 5 – Média das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> e estimativas de *m+a*, *d*, depressão por endogamia do caráter número de dias para o florescimento feminino (NDF). Dados médios das quatro safras de avaliação dos nove híbridos, Lavras, MG.

Híbridos	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	Depressão (%)	<i>m+a</i>	(%) <sup>2</sup>	<i>d</i>	(%) <sup>2</sup>
1	62,19	66,37	64,28d <sup>1</sup>	-6,73*	70,56c	113,47	-8,38b	-13,47
2	63,44	67,06	65,25c	-5,71*	70,69c	111,43	-7,25b	-11,43
3	63,87	68,69	66,28b	-7,53*	73,50b	115,07	-9,62c	-15,07
4	62,37	64,00	63,19e	-2,61*	65,62d	105,21	-3,25a	-5,21
5	64,81	68,81	66,81b	-6,17*	72,81b	112,34	-8,00b	-12,34
6	63,75	67,00	65,37c	-5,10*	70,25c	110,20	-6,50b	-10,20
7	65,00	70,25	67,62a	-8,08*	75,50a	116,15	-10,50c	-16,15
8	67,06	68,37	67,72a	-1,96*	69,69c	103,91	-2,63a	-3,91
9	66,62	68,25	67,44a	-2,44*	69,87c	104,91	-3,25a	-4,88
<b>Média geral</b>	64,35	67,65	66,00	-5,13	70,94	110,30	-6,56	-10,30

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Contribuição percentual de *m+a* e *d* para a manifestação do caráter obtida pela expressão  $[(m+a) \div \bar{F}_1] \times 100$  ou  $[(d) \div \bar{F}_1] \times 100$ . Valores superiores a 100% ocorrem quando *d* é negativo.

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 6 - Média das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> e estimativas de *m+a*, *d*, depressão por endogamia do caráter número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados médios das quatro safras de avaliação dos nove híbridos, Lavras, MG.

Híbridos	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	Depressão	<i>m+a</i>	(%) <sup>2</sup>	<i>d</i>	(%) <sup>2</sup>
1	60,69	60,65	60,62b <sup>1</sup>	0,21ns	60,44b	99,6	0,25c	0,41
2	62,75	59,50	61,12b	5,18*	56,25c	89,6	6,50b	10,36
3	65,19	62,25	63,72a	4,51*	59,31b	91,0	5,88b	9,01
4	61,19	62,19	61,69b	-1,63*	63,19a	103,3	-2,00c	-3,27
5	60,19	61,44	60,81b	-2,08*	62,69a	104,2	-2,50c	-4,15
6	64,12	61,69	62,91a	3,80*	59,25b	92,4	4,88b	7,60
7	67,37	61,31	64,34a	9,00*	55,25c	82,0	12,12a	18,00
8	62,50	62,50	62,87a	-1,20*	64,00a	102,4	-1,50c	-2,40
9	60,94	62,37	61,66b	-2,36*	63,81a	104,7	-2,88c	-4,72
<b>Média geral</b>	62,77	61,62	62,19	1,84	60,46	95,57	2,31	3,43

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Contribuição percentual de *m+a* e *d* para a manifestação do caráter obtida pela expressão  $[(m+a) \div \bar{F}_1] \times 100$  ou  $[(d) \div \bar{F}_1] \times 100$ . Valores superiores a 100% ocorrem quando *d* é negativo.

Fonte: Do Autor (2017).

Considerando a TAXA, os híbridos foram separados também em cinco grupos (TABELA 7). Os híbridos 6, 8 e 9 apresentaram maior taxa média de acúmulo de matéria seca. No caso da produtividade de grãos, houve a formação de sete grupos para distinção dos

híbridos, sendo que a maior produtividade média foi obtida pelo híbrido 6 (TABELA 8). Observa-se que o híbrido 6 também apresentou uma alta taxa de acúmulo de matéria seca. Gasura et al (2014) relataram que existe uma associação positiva ( $r_{gg} = 0,61$ ) entre esses dois caracteres, o que pode explicar o fato do mesmo híbrido combinar alta taxa e produtividade de grãos. Contudo, a associação entre a TAXA e PROD não foi alta como no trabalho de Teixeira et al. (2017).

Tabela 7 - Média das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> e estimativas de  $m+a$ ,  $d$ , depressão por endogamia do caráter taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA –  $10^{-3}$  x g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Dados médios das quatro safras de avaliação dos nove híbridos, Lavras, MG.

Híbridos	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	Depressão	$m+a$	(%) <sup>2</sup>	$d$	(%) <sup>2</sup>
1	3,84	3,35	3,59e <sup>1</sup>	12,92*	2,85d	74,15	0,99b	25,85
2	4,21	3,75	3,98c	10,90*	3,29c	78,20	0,92b	21,80
3	4,33	4,15	4,24b	4,21*	3,97a	91,58	0,36c	8,42
4	4,36	4,13	4,25b	5,39*	3,89a	89,23	0,47c	10,77
5	4,04	3,40	3,72d	15,8*	2,76d	68,41	1,28a	31,59
6	4,52	4,31	4,41a	4,60*	4,10a	90,79	0,42c	9,21
7	3,80	3,62	3,71d	4,69*	3,45c	90,62	0,36c	9,38
8	4,58	4,27	4,42a	6,77*	3,96a	86,47	0,62c	13,53
9	4,81	4,24	4,53a	11,84*	3,67b	76,33	1,14a	23,67
<b>Média geral</b>	4,28	3,91	4,09	8,51	3,55	82,86	0,73	17,14

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Contribuição percentual de  $m+a$  e  $d$  para a manifestação do caráter obtida pela expressão  $\left[ (m+a) \div \overline{F_1} \right] \times 100$  ou  $\left[ (d) \div \overline{F_1} \right] \times 100$ .

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 8 - Média das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> e estimativas de  $m+a$ ,  $d$ , depressão por endogamia do caráter produtividade de grãos (PROD – g planta<sup>-1</sup>). Dados médios das quatro safras de avaliação dos nove híbridos, Lavras, MG.

Híbridos	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	Média	Depressão	$m+a$	(%) <sup>2</sup>	$d$	(%) <sup>2</sup>
1	124,91	77,07	100,99 <sup>f1</sup>	38,30*	29,23 <sup>d</sup>	23,40	95,69 <sup>b</sup>	76,60
2	132,40	86,50	109,45 <sup>e</sup>	34,67*	40,60 <sup>c</sup>	30,67	91,80 <sup>b</sup>	69,33
3	144,29	95,87	120,08 <sup>d</sup>	33,56*	47,44 <sup>b</sup>	32,88	96,85 <sup>b</sup>	67,12
4	118,61	79,72	99,16 <sup>g</sup>	32,79*	40,83 <sup>c</sup>	34,43	77,77 <sup>c</sup>	65,57
5	144,05	103,60	123,83 <sup>c</sup>	28,08*	63,16 <sup>a</sup>	43,84	80,89 <sup>c</sup>	56,26
6	156,71	98,07	127,39 <sup>a</sup>	37,42*	39,42 <sup>c</sup>	25,15	117,29 <sup>a</sup>	74,85
7	150,40	89,60	120,00 <sup>d</sup>	40,43*	28,79 <sup>d</sup>	19,14	121,61 <sup>a</sup>	80,86
8	152,64	94,11	123,38 <sup>c</sup>	38,35*	35,58 <sup>c</sup>	23,31	117,06 <sup>a</sup>	76,69
9	157,32	94,92	126,12 <sup>b</sup>	39,67*	32,51 <sup>d</sup>	20,66	124,82 <sup>a</sup>	79,34
<b>Média geral</b>	142,37	91,05	116,71	36,05	39,73	28,17	102,64	71,83

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Contribuição percentual de  $m+a$  e  $d$  para a manifestação do caráter obtida pela expressão  $\left[ \frac{(m+a)}{F_1} \right] \times 100$  ou  $\left[ \frac{d}{F_1} \right] \times 100$ .

Fonte: Do Autor (2017).

Uma dificuldade encontrada nesse trabalho refere-se à equação para avaliar o acúmulo de matéria seca nos grãos de milho, pois deve representar do melhor modo possível o fenômeno biológico que está ocorrendo. Na literatura são encontradas algumas alternativas (DARROCH; BAKER, 1990; BORRAS et al., 2003; PRADO et al., 2013; GASURA et al. 2013; GASURA et al. 2014), a adotada nesse trabalho foi obtida a equação logística também utilizada por Darroch e Baker (1990).

O período de enchimento de grãos é dividido em três etapas. Inicialmente há um período inicial relativamente curto em que o acúmulo de matéria seca ainda é incipiente, pois nessa etapa o que ocorre são inúmeras divisões celulares visando ampliar o número de células (YADEGARI; DREWS, 2004). Esse período é denominado na literatura como *lag* (GASURA et al., 2014). Ele inicia com a fertilização e o seu término é mais difícil determinar. O período subsequente, conhecido como período efetivo de acúmulo de matéria seca, é denominado de período linear. Em última análise, a duração e a taxa de acúmulo de matéria seca nesse período é que determina a massa seca final e a produtividade dos grãos da planta. Esse período inicia-se, portanto, com 7 a 15 dias após a fertilização e termina quando ocorre a camada negra nos grãos. Essa camada negra indica que não há mais acúmulo de matéria seca nos grãos e corresponde o final do período de enchimento de grãos (GASURA et al. 2014). O período final, também denominado de *maturation drying*, corresponde à perda de água pelos

grãos até o momento da colheita. Sob o ponto de vista mais prático, esse período tem pouco significado, e não será considerado nesse trabalho. Já que não tem nenhum reflexo na produtividade final da planta.

É importante salientar que houve diferença significativa entre as gerações. Condição essa fundamental para se atingir objetivos desse trabalho. Entre os caracteres avaliados, o NDF apresentou comportamento distinto, ou seja, a média da geração  $F_2$ , considerando todos os híbridos e safras, foi maior que da  $F_1$  (TABELA 5). Para o NDMF, na média geral ocorreu uma pequena depressão por endogamia (TABELA 6). Contudo, quando se observa o comportamento individual das gerações, dentro de cada híbrido, o comportamento não foi coincidente. Os híbridos 4, 5, 8 e 9 apresentaram depressão por endogamia negativa, os demais a média da  $F_2$  foi superior a da  $F_1$ . O efeito da depressão por endogamia foi coincidente entre os híbridos para a TAXA e PROD. Veja, contudo, que na média geral a depressão por endogamia para PROD (36%) foi superior à obtida para a TAXA (8,5%) (TABELAS 7 e 8).

Os resultados das análises de variância conjunta das estimativas de  $m+a$  e  $d$  encontram-se nas Tabelas 9 e 10. Observa-se que houve diferença significativa para as estimativas considerando todos os caracteres avaliados. Condição fundamental para alcançar os objetivos propostos nesse trabalho.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância conjunta da estimativa de  $m+a$  para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA  $\times 10^{-3}$  – g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (g planta<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		NDF	NDMF	TAXA ( $10^{-3}$ )	PROD
Safras (S)	3	276,76**	408,60**	20,00**	19843,30**
Rep/Safras	12	43,91	104,53	0,58	678,82
Híbridos (H)	8	124,98**	167,64**	3,94**	1819,31**
SxH	24	27,49**	268,32**	1,13**	2829,04**
Resíduo	96	6,87	11,81	0,09	152,21

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância conjunta da estimativa de  $d$  para o número de dias para o florescimento feminino (NDF) e a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA  $\times 10^{-3}$  – g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (g planta<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		NDF	NDMF	TAXA ( $10^{-3}$ )	PROD
Safras (S)	3	257,66**	124,63**	16,53**	7374,92**
Rep/Safras	12	53,07	147,04	0,88	787,08
Híbridos (H)	8	136,30**	441,07**	2,04**	5130,48**
SxH	24	37,57**	429,42**	2,01**	3337,61**
Resíduo	96	9,39	14,84	0,14	253,52

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Fonte: Do Autor (2017).

No caso do NDF, como já mencionado, a dominância foi no sentido de reduzir a expressão do caráter. Vale salientar que embora a estimativa de  $d$  foi sempre de pequena magnitude, ela foi significativa, sobretudo devido à grande precisão na avaliação desse caráter. Na literatura existem alguns relatos de que a dominância se ocorrer, é de pequena magnitude na expressão do caráter (HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010). Depreende-se que esse caráter predomina o efeito aditivo, conforme pode ser constatado pela grande magnitude da estimativa de  $m+a$  em relação ao  $d$ .

No caso do NDMF, a dominância também teve menor importância em relação ao efeito aditivo. Na literatura não existem muitos relatos a esse respeito. Wang et al. (1999) e Gasura et al. (2013), usando componentes de variância, mostraram que a variância de dominância foi superior à variância aditiva.

A dominância também teve menor importância que os efeitos aditivos para a TAXA. Veja que na média dos nove híbridos, o  $m+a$  contribuiu com praticamente 83% do desempenho médio (TABELA 7). Resultados que comprovam essa observação também foram relatadas por Gasura et al. (2013) e Teixeira et al. (2017).

A dominância foi o efeito predominante apenas para a produtividade. Veja que 71,8% da variação entre as médias foi devido à estimativa de  $d$  (TABELA 8). Esse resultado é compatível com inúmeros resultados existentes na literatura com esse caráter na cultura do milho (LIMA et al., 2008; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; RIBEIRO et al, 2014). Ramalho et al. (2012) apresentam uma compilação de resultados envolvendo estimativas de  $m+a$  e  $d$ , com híbridos americanos e também brasileiros. Mostraram que na média de 28 híbridos, a estimativa de  $d$  explicou 69,7% da produtividade média dos híbridos.

Ribeiro et al. (2014) realizaram dialelo completo, avaliando o total de dez híbridos simples e cinco linhagens. Os autores relataram dominância de 102,6% para a produção de grãos por planta. A existência de dominância para produtividade de grãos em milho envolvendo estimativas de variância também foi relatada por Hallauer; Carena e Miranda Filho (2010). Eles compilaram 99 estimativas e observaram que a relação entre  $V_D/V_A$  foi 0,94.

Para os caracteres NDF, NDMF e TAXA, já que a dominância tem menor importância, a própria média geral é um bom critério na escolha das populações para extração de linhagens. Dessa forma, considerando a média das safras, o híbrido 4 apresentou em média florescimento mais precoce. Já o híbrido 6 se destacou para os demais caracteres (NDMF e TAXA). No entanto, é importante ressaltar que para o caráter PROD a estimativa de  $m+a$  irá fornecer informação a respeito da média na geração  $F_\infty$ . Por outro lado, considerando que os locos que têm a mesma contribuição, o  $d$  fornecerá a estimativa da proporção do número de locos em heterozigose, ou seja, quanto maior o  $d$ , maior o número de locos em heterozigose e maior variação. O ideal é selecionar híbrido que associe estimativa alta de  $m+a$  e  $d$ . Em vista disso, o híbrido 5 também é considerado com potencial para extração de linhagens. Observa-se que esse híbrido apresenta maior estimativa de  $m+a$  e  $d$  relativamente superior aos demais para PROD.

#### 4 CONCLUSÃO

Os caracteres número de dias para o florescimento feminino e para a maturidade fisiológica e taxa de acúmulo de matéria seca apresentam estimativa de  $m+a$  superior à  $d$ . No caso do número de dias para o florescimento feminino, a dominância, embora de pequena magnitude, ocorreu no sentido de reduzir a expressão do caráter. Já para produtividade de grãos, a dominância tem maior importância.

A identificação de híbridos com potencial para a extração de linhagens é possível se o foco for para qualquer um dos caracteres isoladamente.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. 2 Ed. Woodbury: Stemma Press. 400 p. 2010.
- BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; OTEGUI, M. E. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in maize. **Annals of Botany**, v. 91, p. 857-867, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos: Safra 2016/17**. v. 12, Brasília, p. 1-1822016. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 16 nov. 2017
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- DARROCH, B. A.; BAKER, R. J. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. **Crop Science**, v. 30, p. 525-529, 1990.
- DURÃES, F.O.M.; dos SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G.; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; GUIMARÃES, C.T. Fenotipagem associada à tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2004. 17p. (Circular Técnica, n.39)
- GASURA, E. et al. Exploiting grain-filling rate and effective grain-filling duration to improve grain yield of early-maturing maize. **Crop Science**, v. 53, p. 2295-2303, 2013.
- GASURA, E.; SETIMELA, P. S.; TAREKEGNE, A.; ICISHAHAYO, D.; EDEMA, R.; GIBSON, P. T.; OKORI, P. Variability of grain-filling traits in early maturing CIMMYT tropical maize inbred lines. **Crop Science**, v. 54, p. 530-536, 2014.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, 2010.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. Precipitação e Temperatura média Lavras-MG (2014-2016)**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso em: 07 set. 2017
- LIMA, J. L.; SOUZA, J. C ; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M.A.P . Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), v. 67, p. 127-131, 2008.
- LIMA, M. W. P. **Alternativa de escolha de populações de milho para extração de linhagens**. Lavras: UFLA, 1999. 49p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- PRADO, S. A. et al. Lines and derived hybrid performance for grain filling traits in maize. **Crop Science**, v. 53, p. 1636-1645, 2013.

RAMALHO, A. R.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Comportamento de famílias de meios-irmãos em diferentes épocas de semeadura visando à produção de forragem de milho. **Ciência Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 510-518, 2001.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; CARVALHO, B. L. Mendel e a produção de grãos no Brasil. In: ARAGÃO, J. L.; MOREIRA J. R. **Mendel: das leis da hereditariedade à engenharia genética**. Brasília: Embrapa. 2017. 502 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistics computing. Vienna: R foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org> Acesso em: 10 mar. 2016.

RIBEIRO, C. B.; RAMALHO, M. A. P.; PRADO, P. E. R. Contribuição dos caracteres vegetativos e reprodutivos da planta de milho para a heterose na produção de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 59-68, 2014.

RIBEIRO, P.H.E. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SOUZA SOBRINHO, F.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. de. Genetic diversity and inbreeding potential of maize commercial hybrids. **Maydica** (Bergamo), v. 46, p. 171-175, 2001.

TEIXEIRA, R. K. S. et al. Viabilidade do emprego da duração e taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos como critério seletivo visando o aumento na produtividade de milhos tropicais. (Em preparação).

WANG, G.; KANG, M.S.; MORENO, O. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, v. 61, p. 211–222, 1999.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p.137-209

VIANA, L. F.; SOUZA, J. C.; MACHADO, J. C. LIMA, J. L. Predição de médias de linhagens obtidas de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1999-2004, 2009.

YADEGARI, R.; DREWS, G. N. Female Gametophyte Development. **The Plant Cell**, v. 16, p. 133-141, 2004.

## APÊNDICE

Tabela 1A - Resumo da análise de variância individual para o número de dias para o florescimento envolvendo nove híbridos comerciais de milho e duas gerações, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ª safra 2014/2015	2ª safra 2015	1ª safra 2015/2016	2ª safra 2016
Blocos	3	3,20	1,68	2,5	0,87
Híbridos (H)	8	53,59**	20,91**	20,84**	9,32**
Erro a	24	2,38	2,21	0,82	0,75
Gerações (G)	1	410,89**	86,68**	300,12**	82,35**
Erro b	3	4,11	1,16	0,27	1,09
H x G	8	10,80**	4,77**	10,16**	2,88**
Erro c	24	2,35	1,17	0,72	0,45
Média		67,75	65,46	64,6	66,18
CV Erro a		2,28	2,27	1,4	1,31
CV Erro b		2,99	1,65	0,81	1,58
CV Erro c		2,26	1,65	1,31	1,02

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1% .

Tabela 2A - Resumo da análise de variância individual para o número de dias para a maturidade fisiológica envolvendo nove híbridos comerciais de milho e duas gerações, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ª safra 2014/2015	2ª safra 2015	1ª safra 2015/2016	2ª safra 2016
Blocos	3	1,24	0,61	1,53	4,25
Híbridos (H)	8	15,84**	19,21*	31,16**	156,5**
Erro a	24	1,75	5,97	3,43	2,22
Gerações (G)	1	5,56 ns	15,12 ns	115,01**	6,72 ns
Erro b	3	1,93	3,16	2,16	11,13
H x G	8	51,15**	23,34**	85,58**	56,10**
Erro c	24	1,35	2,88	1,22	1,96
Média		63,75	63,85	64,68	56,5
CV Erro a		2,08	3,83	2,86	2,63
CV Erro b		2,18	2,78	2,27	5,9
CV Erro c		1,82	2,66	1,71	2,47

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1% .

Tabela 3A - Resumo da análise de variância individual para a taxa de acúmulo de matéria seca ( $\times 10^{-3} - \text{g grão}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) envolvendo nove híbridos comerciais de milho e duas gerações, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM ( $10^{-3}$ )			
		1ª safra 2014/2015	2ª safra 2015	1ª safra 2015/2016	2ª safra 2016
Blocos	3	0,02	0,01	0,007	0,09
Híbridos (H)	8	1,21**	1,26**	1,68**	0,96**
Erro a	24	0,02	0,02	0,01	0,05
Gerações (G)	1	8,89**	0,55**	0,003 ns	6,29**
Erro b	3	0,06	0,01	0,01	0,03
H x G	8	0,37**	0,23**	0,16**	0,25**
Erro c	24	0,02	0,01	0,006	0,03
Média		4,11	3,85	4,57	3,85
CV Erro a		3,10	3,89	2,29	5,79
CV Erro b		5,80	2,54	2,04	4,82
CV Erro c		3,44	3,03	1,69	4,44

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos ( $\text{g planta}^{-1}$ ) envolvendo nove híbridos comerciais de milho e duas gerações, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ª safra 2014/2015	2ª safra 2015	1ª safra 2015/2016	2ª safra 2016
Blocos	3	144,25	276,63	117,79	2,26
Híbridos (H)	8	3359,27**	2110,4**	727,10**	3304,55**
Erro a	24	141,70	49,09	98,26	23,94
Gerações (G)	1	56182,42**	41181,89**	61697,13**	33342,26**
Erro b	3	24,64	7,42	59,31	7,03
H x G	8	395,06**	297,00**	1009,25**	191,64**
Erro c	24	26,61	25,59	62,91	11,66
Média		106,27	102,39	162,24	95,95
CV Erro a		11,20	6,84	6,11	5,1
CV Erro b		4,67	2,66	4,75	2,76
CV Erro c		4,85	4,94	4,89	3,55

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 5A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $m+a$  para o número de dias para o florescimento envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	30,10	6,03	3,74	4,04
Híbridos	8	100,31**	21,87*	67,96**	15,82**
Resíduo	24	14,58	7,40	2,76	2,74
Média		74,90	68,70	70,70	69,40
Acurácia		0,92	0,81	0,98	0,91

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1% ; \* , significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Tabela 6A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $d$  para o número de dias para o florescimento envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	32,89	9,30	2,18	8,70
Híbridos	8	86,36**	38,19**	81,25**	23,03**
Resíduo	24	18,81	9,38	5,77	3,62
Média		-9,50	-4,40	-8,17	-4,28
Acurácia		0,88	0,87	0,96	0,92

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 7A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $m+a$  para o número de dias para a maturidade fisiológica envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	9,73	14,54	15,70	64,55
Híbridos	8	241,75**	132,96**	460,69**	137,19**
Resíduo	24	7,31	21,15	9,37	9,40
Média		62,92	62,47	60,90	55,60
Acurácia		0,98	0,92	0,99	0,96

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 8A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $d$  para o número de dias para a maturidade fisiológica envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	15,41	25,30	17,30	89,04
Híbridos	8	409,19**	186,75**	684,61**	448,78**
Resíduo	24	10,82	23,05	9,80	15,70
Média		1,10	1,83	5,05	1,22
Acurácia		0,99	0,94	0,99	0,98

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 9A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $m+a$  para a taxa de acúmulo de matéria seca ( $10^{-3}$  - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM ( $10^{-3}$ )			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	0.23	0.05	0.06	0.24
Híbridos	8	2.36**	2.27**	1.34**	1.35**
Resíduo	24	0.08	0.09	0.04	0.14
Média		3.05	3.59	4.59	2.96
Acurácia		0.98	0.98	0.99	0.95

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 10A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $d$  para a taxa de acúmulo de matéria seca ( $\times 10^{-3}$  - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM ( $10^{-3}$ )			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	0,45	0,08	0,07	0,28
Híbridos	8	2,98**	1,82**	1,26**	1,99**
Resíduo	24	0,16	0,11	0,05	0,23
Média		1,40	0,35	-0,03	1,18
Acurácia		0,97	0,97	0,98	0,94

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 11A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $m+a$  para produtividade de grãos ( $\text{g planta}^{-1}$ ) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	123,14	255,47	259,01	41,21
Híbridos	8	2268,24**	1965,30**	5702,86**	370,04**
Resíduo	24	98,14	123,02	341,71	45,96
Média		22,50	30,64	74,42	31,39
Acurácia		0,98	0,97	0,97	0,94

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 12A - Resumo da análise de variância individual da estimativa de  $d$  para produtividade de grãos ( $\text{g planta}^{-1}$ ) envolvendo nove híbridos comerciais de milho nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

FV	GL	QM			
		1ªsafra 2014/2015	2ªsafra 2015	1ªsafra 2015/2016	2ªsafra 2016
Blocos	3	197,12	59,33	474,42	56,21
Híbridos	8	3160,52**	2375,67**	8074,00**	1533,12**
Resíduo	24	212,84	204,71	503,27	93,24
Média		111,74	95,66	117,09	86,08
Acurácia		0,97	0,96	0,97	0,97

\*\* , significativo pelo teste F ao nível de 1%.

Tabela 13A - Número médio de dias para o florescimento envolvendo nove híbridos comerciais de milho, gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

Híbridos	1ª safra 2014/2015		2ª safra 2015		1ª safra 2015/2016		2ª safra 2016		Média	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
1	62,50	67,50	62,00	64,50	60,00	66,50	64,25	67,00	62,19	66,38
2	64,25	68,25	63,50	67,00	62,00	66,00	64,00	67,00	63,44	67,06
3	64,00	71,00	65,25	66,25	61,50	69,25	64,75	68,25	63,88	68,69
4	62,00	65,50	62,50	63,75	61,00	62,00	64,00	64,75	62,38	64,00
5	66,75	74,75	64,50	66,50	62,75	66,25	65,25	67,75	64,81	68,81
6	64,75	69,50	63,00	67,00	63,00	65,25	64,25	66,25	63,75	67,00
7	68,00	75,25	64,00	68,25	63,00	69,00	65,00	68,50	65,00	70,25
8	69,00	70,00	66,00	67,75	65,75	67,75	67,50	68,00	67,06	68,38
9	67,00	69,50	68,50	68,00	64,00	67,75	67,00	67,75	66,63	68,25
<b>Média</b>	<b>65,36</b>	<b>70,14</b>	<b>64,36</b>	<b>66,56</b>	<b>62,56</b>	<b>66,64</b>	<b>65,11</b>	<b>67,25</b>	<b>64,35</b>	<b>67,65</b>

Tabela 14A - Número médio de dias para a maturidade fisiológica envolvendo nove híbridos comerciais de milho, gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

Híbridos	1ª safra 2014/2015		2ª safra 2015		1ª safra 2015/2016		2ª safra 2016		Média	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
1	61,00	65,25	64,50	65,25	65,25	59,00	52,00	52,75	60,69	60,56
2	66,00	59,00	61,00	60,00	66,00	61,00	58,00	58,00	62,75	59,50
3	66,00	66,00	64,50	66,00	72,25	59,00	58,00	58,00	65,19	62,25
4	66,00	64,50	66,00	64,50	60,00	67,00	52,75	52,75	61,19	62,19
5	61,00	66,00	61,00	67,00	66,75	60,00	52,00	52,75	60,19	61,44
6	65,25	65,25	65,25	61,00	66,00	67,00	60,00	53,50	64,13	61,69
7	66,00	59,00	65,25	60,00	66,00	65,25	72,25	61,00	67,38	61,31
8	66,00	61,00	66,00	62,50	65,25	71,50	52,75	58,00	62,50	63,25
9	59,00	65,25	65,25	64,25	66,00	61,00	53,50	59,00	60,94	62,38
<b>Média</b>	<b>64,03</b>	<b>63,47</b>	<b>64,31</b>	<b>63,39</b>	<b>65,94</b>	<b>63,42</b>	<b>56,81</b>	<b>56,19</b>	<b>62,77</b>	<b>61,62</b>

Tabela 15A - Taxa média de acúmulo de matéria seca ( $10^{-3} - \text{g grão}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) envolvendo nove híbridos comerciais de milho, gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

Híbridos	1ª safra 2014/2015		2ª safra 2015		1ª safra 2015/2016		2ª safra 2016		Média	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
1	4,17	2,90	3,06	2,90	4,19	4,27	3,96	3,32	3,84	3,35
2	4,12	3,69	4,28	3,64	4,24	4,52	4,20	3,15	4,21	3,75
3	4,27	3,80	3,97	3,80	4,63	4,98	4,46	4,01	4,33	4,15
4	4,08	4,16	4,08	4,16	5,09	4,47	4,20	3,72	4,36	4,13
5	4,28	3,19	3,94	3,15	4,06	4,00	3,87	3,27	4,04	3,40
6	4,71	4,09	4,33	4,32	4,73	4,70	4,29	4,13	4,52	4,31
7	4,24	3,72	3,87	3,68	3,85	3,92	3,24	3,17	3,80	3,62
8	4,92	4,12	3,87	4,05	5,05	5,19	4,48	3,72	4,58	4,27
9	5,36	4,16	4,06	4,20	5,21	5,11	4,62	3,50	4,81	4,24
<b>Média</b>	<b>4,46</b>	<b>3,76</b>	<b>3,94</b>	<b>3,77</b>	<b>4,56</b>	<b>4,57</b>	<b>4,15</b>	<b>3,55</b>	<b>4,28</b>	<b>3,91</b>

Tabela 16A - Produtividade média de grãos (g planta<sup>-1</sup>) envolvendo nove híbridos comerciais de milho, gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nas quatro safras de avaliação, Lavras, MG.

Híbridos	1ª safra 2014/2015		2ª safra 2015		1ª safra 2015/2016		2ª safra 2016		Média	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
1	120,71	61,13	96,00	61,46	204,37	132,63	78,58	53,07	124,92	77,07
2	129,28	67,05	112,58	61,08	190,18	158,51	97,57	59,39	132,40	86,50
3	132,65	66,64	141,43	103,16	200,97	152,07	102,12	61,62	144,29	95,87
4	87,53	50,75	115,77	64,78	168,87	136,45	102,27	66,91	118,61	79,72
5	138,39	100,81	151,92	104,54	176,66	139,07	109,23	69,99	144,05	103,60
6	153,39	95,31	135,89	78,14	200,72	133,81	136,86	85,01	156,71	98,07
7	132,47	92,08	137,55	71,98	192,67	110,29	138,93	84,04	150,40	89,60
8	137,24	69,02	135,96	79,23	187,18	126,24	150,20	101,96	152,64	94,11
9	176,18	102,23	109,66	81,92	202,00	107,64	141,46	87,88	157,32	94,92
<b>Média</b>	<b>134,20</b>	<b>78,33</b>	<b>126,31</b>	<b>78,48</b>	<b>191,51</b>	<b>132,97</b>	<b>117,47</b>	<b>74,43</b>	<b>142,37</b>	<b>91,05</b>