



LUIZ AUGUSTO RODRIGUES

**CONSEQUÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DA MACHO
ESTERELIDADE GENÉTICO CITOPLASMÁTICA NO
DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO**

LAVRAS - MG

2017

LUIZ AUGUSTO RODRIGUES

**CONSEQUÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DA MACHO ESTERELIDADE GENÉTICO
CITOPLASMÁTICA NO DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho
Orientador

Dr. André Humberto de Brito
Coorientador

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).

Rodrigues, Luiz Augusto.

Consequências da utilização da macho esterilidade genético
citoplasmática no desempenho de híbridos de milho / Luiz Augusto
Rodrigues. - 2017.

73 p.

Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.

Coorientador: André Humberto de Brito.

TCC (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras,
2017.

Bibliografia.

1. Milho híbrido. 2. Macho esterilidade. 3. Despendoamento. I.
Von Pinho, Renzo Garcia. II. Brito, André Humberto de. III. Título.

LUIZ AUGUSTO RODRIGUES

**CONSEQUÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DA MACHO ESTERELIDADE GENÉTICO
CITOPLASMÁTICA NO DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO**

***CONSEQUENCES OF THE USE OF CYTOPLASMIC GENETIC MALE STERILITY
ON THE PERFORMANCE OF CORN HYBRIDS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 28 de abril de 2017.

Prof. Dra. Edila Vilela G. Von Pinho

UFLA

Dr. André Humberto Brito

DOW AGROSCIENCES

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

Orientador

LAVRAS - MG

2017

Dedico...

A Deus pela vida e por caminhar sempre ao meu lado.

A Laura e Ana Luiza, minhas adoráveis filhas, que são o meu orgulho e minha fonte de inspiração.

A minha amável esposa Rafaella que me encorajou incansavelmente.

Aos meus pais pelo amor e pelos ensinamentos fundamentais da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, saúde e disposição de sempre.

Aos queridos pais, Maria do Carmo e José Azevedo Rodrigues (*in memoriam*), pela vida e por promover e estimular o contato com as plantas.

A minha irmã Luciana e ao meu irmão Márcio pelo fantástico apoio durante toda essa jornada. Sua hospitalidade e ajuda foram imprescindíveis para a realização do mestrado.

A minha esposa Rafaella e minhas adoráveis filhas, Ana Luiza e Laura, por terem abdicado da minha presença em momentos tão importantes de nossas vidas.

À Dow AgroSciences pela cultura de ética pautada no incentivo e no desenvolvimento de pessoas.

Ao meu amigo, orientador e líder André Brito, pelo apoio, confiança e transparência.

Aos amigos da empresa Washington Martins e Fábio Medeiros que prestaram suporte em diversos momentos.

A todos do time de pesquisa da Dow que fizeram da nossa convivência uma ferramenta de aprendizagem e formação profissional.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Biologia, pela estrutura de excelência e qualidade no ensino.

Ao professor Renzo Von Pinho pela brilhante orientação.

Aos Professores Cesar Brasil, Elaine Souza, João Candido e João Bosco pelos ensinamentos.

Aos Professores Magno Ramalho e José Airton por contribuírem para a realização de um sonho e por ensinarem com entusiasmo, compartilhar ideias, reconhecer e motivar aqueles que se dedicam ao melhoramento de plantas.

Aos amigos do mestrado profissional: Aparecido, Francisco, Erico e Ivan, pelo comprometimento e trabalho em equipe.

Aos monitores e colegas do GEN pelo apoio e suporte prestados.

Ao doutorando Indalécio pela grande ajuda nas análises estatísticas.

A todos os funcionários do Departamento de Biologia que fizeram daquele local um ambiente descente, limpo, organizado e propício ao desenvolvimento do conhecimento.

RESUMO

O milho híbrido é uma das maiores descobertas do século 20, sua contribuição no aumento da produtividade de grãos é de merecido destaque. A adoção ao uso de híbridos simples por parte dos agricultores brasileiros é crescente e, desde o seu descobrimento até a presente data, as empresas produtoras de sementes ainda enfrentam dificuldades na sua produção, muitos híbridos de elevado potencial produtivo são descartados em fases iniciais do melhoramento por conta do baixo rendimento de grãos das linhagens. A dificuldade na produção de sementes advém principalmente da necessidade do despendoamento da genitora feminina para a ocorrência da hibridação. Essa atividade é uma prática laboriosa que emprega um grande número de pessoas durante períodos sazonais e encarece o custo de produção, pois depende de mão de obra manual e escassa, uma vez que despendoamento mecânico necessita de repasses manuais. O uso da macho esterilidade genético citoplasmática é uma das práticas que facilita a hibridação e colabora com a produção de semente híbrida, pois, diminui os custos de produção decorrentes do despendoamento e minimiza as perdas com a excessiva desfolha. Para uma consciente utilização da macho esterilidade genético citoplasmática, há necessidade de comprovar a sua eficácia no desempenho agrônomo do híbrido. O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de comparar a produtividade de grãos em híbridos de milho produzidos a partir da combinação de dois testadores com cinco distintas linhagens de citoplasma C “Charruá” versus a sua isogênica de citoplasma fértil. Foram avaliados 20 híbridos simples em onze localidades na primeira safra de verão 2015/2016 e treze locais na safrinha de 2016. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições. O principal caráter avaliado foi produtividade, mensurada em toneladas de grãos por hectare corrigida a umidade de 13%, também foram avaliadas outras características agrônomicas, como umidade de colheita, altura de planta e espiga, resistência a doenças, quebramento e acamamento. Foram realizadas análises de variância individuais, conjuntas e aplicado o teste de média de Scott e Knott a 5% de probabilidade para identificação de diferenças entre os diferentes híbridos e seus desdobramentos. O citoplasma C se mostrou promissor para produção de híbridos, pois não afeta o desempenho agrônomo, independente do ambiente, do local, do parental e do testador utilizado. Portanto o mesmo deve constituir-se como uma excelente fonte de esterilidade genético citoplasmática para uso na produção de semente híbrida nas empresas de sementes que desejam diminuir o uso da prática do despendoamento.

Palavras-chave: Produção de sementes. Macho esterilidade. Despendoamento. Citoplasma Charruá.

ABSTRACT

The hybrid corn is one of the largest discoveries of the 20th century. Its contribution for the increase of gain productivity is of deserved prominence. The adoption of simple hybrids by Brazilian agriculturists is growing and, since its discovery to the present day, the seed producing companies still face difficulties in its production. Many hybrids of elevated productive potential are discarded in the initial phases of breeding due to low grain yield of the lineages. The difficulty in seed production derives especially from the need of detasseling the female genitor to occur hybridization. This activity is a laborious practice that employs a large number of people during the seasonal periods and heightens production cost, given the dependence on manual and scarce labor because of the need for manual transfer needed for the mechanic detasseing. The use of cytoplasmic genetic male sterility ease hybridization and collaborates for the production of hybrid seeds, decreasing production costs derived from detasseling and minimizing loss with excessive defoliation. For the conscientious use of cytoplasmic genetic male sterility, it is necessary to prove its efficacy in the agronomic performance of the hybrid. The present study was developed with the objective of comparing grain productivity of corn hybrids produced from the combination of two testers with five distinct lines of cytoplasm C “Charruá” versus its fertile cytoplasm isogenic. In eleven location, 20 simple hybrids of the first harvest of summer 2015/2016 and thirteen locations of the interim harvest of 2016 were evaluated. The experimental design used was of randomized blocks with two replicates. The characteristic evaluated was grain productivity, measured in tons of grains per hectare, correcting grain moisture at 13%. The agronomic characteristics of plant and corn ear height, resistance to disease, breaking and lodging were also measured. Individual and joint analyses of variance were conducted, and the Scott-Knott test was applied at 5% of probability for identifying differences between the different hybrids and their developments. Cytoplasm C was promising for the production of hybrids for not affecting agronomic performance, regardless of environment, location, parent or tester used. Therefore, it must be considered an excellent source of sterility for the use in the production of hybrid seeds in seed companies that wish to decrease the practice of detasseling.

Keywords: Seed production. Male sterility. Detasseling. Cytoplasm. Charruá.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de produção de milho híbrido via macho esterilidade.	19
Figura 2 - Androgênese Vegetal.	20
Figura 3 - Imagem do pendão de um linhagem fértil e sua isogênica estéril.	24
Figura 4 - Esquema da esterilidade masculina a nível genômico.	27
Figura 5 - Sistema de produção de milho híbrido pela tecnologia dos blends.	29
Figura 6 - Classificadora de grãos e sementes Millex.	34
Figura 7 - Produtividade média de grãos (t/ha) obtidos no verão 2015/2016 e safrinha de 2016.	39
Figura 8 - Umidade de colheita avaliada nos vinte híbridos simples no verão de 2015/16 e safrinha de 2016.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Locais de plantio do verão de 2015/2016.	31
Tabela 2 - Locais de plantio da Safrinha de 2016.	32
Tabela 3 - Lista de tratamentos e informações detalhadas das cultivares.	32
Tabela 4 - Resumo da análise conjunta de variância para produtividade de grãos (toneladas/hectare) em 24 ambientes das safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.	37
Tabela 5 - Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos (ton/ha) obtidos nas safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.	38
Tabela 6 - Produtividade de grãos (ton/ha) dos 20 híbridos simples avaliados no verão de 2015/16 e safrinha de 2016.	40
Tabela 7 - Produtividade de grãos (ton/ha) dos 20 híbridos simples avaliados no verão 2015/16 e safrinha de 2016.	41
Tabela 8 - Altura de planta, altura de espiga e inserção de espiga avaliados nos 20 híbridos simples em três locais da safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.	44
Tabela 9 - <i>Stand</i> final e percentual de plantas acamadas e/ou quebradas avaliados em 20 híbridos simples em três locais da safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.	46
Tabela 10 - Escores ¹ de doenças para Mancha de <i>Phaeosphaeria</i> e Cercosporiose avaliados em 20 híbridos simples em dois locais na safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A Cultura do Milho no Brasil	14
2.2	Hibridação	16
2.3	Macho esterilidade genética citoplasmática (CMS)	17
2.3.1	Citoplasma macho estéril T (CMS-T)	21
2.3.2	Citoplasma macho estéril S (CMS-S)	22
2.3.3	Citoplasma macho estéril C (CMS-C)	23
2.4	Determinação da macho esterilidade genético citoplasmática	25
2.5	Benefícios da esterilidade masculina citoplasmática	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Locais	31
3.2	Híbridos avaliados	32
3.3	Desenho experimental	34
3.4	Condução e avaliação do experimento	34
3.5	Análise dos dados	35
4	RESULTADOS	37
5	DISCUSSÕES	49
6	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A - TABELAS	66

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados em todo o mundo. Somente no Brasil na safra de verão 2016/17 e safrinha de 2017 foram semeados mais de 16 milhões de hectares. Estima-se para o final dessas safras uma produção recorde e superior a 90 milhões de toneladas de grãos. (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2017). A produtividade média está acima de 5.000 kg/ha e isso se deve principalmente à adoção de semente híbrida e tecnologias de manejo, tais como: elevada população de plantas, uso de fertilizantes e aplicações de fungicidas.

O Brasil foi um dos primeiros países a adotar o uso do milho híbrido (PATERNIANI, 1978). Atualmente a taxa de utilização de semente híbrida é superior a 90%, desse total, 62% são híbridos simples (CELERES, 2013). Esses conferem maior uniformidade e permitem atingir alta produtividade de grãos. Em contrapartida, há um dilema no processo de desenvolvimento de híbridos simples, pois, geralmente as linhagens apresentam baixo rendimento de grãos e seus híbridos acabam sendo descartados por problemas decorrentes de producibilidade.

Outro fator que encarece a produção de sementes híbridas é a necessidade do despendoamento. O processo normalmente é manual, embora existam equipamentos que possibilitem a mecanização, há necessidade de repasses manuais. A escassez de mão de obra para o despendoamento é enorme, sendo comum empresas sementeiras contratarem pessoas em outras regiões do país com custo de hospedagem e transporte para atuarem nas regiões produtoras. Além disso, é uma prática sazonal e expressiva, se gasta, em média, em torno de 20 a 25 trabalhadores/hectare/dia (DOW AGROSCINCESCE, 2016). Estima-se atualmente que no Brasil tenham mais de 100 mil hectares ocupados com campos de semente de milho (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2015). Fica fácil imaginar o custo empregado no despendoamento dessa área e as dificuldades decorrentes de contratação, transporte e hospedagem de pessoas. Diante disso, qualquer prática que mitigue ou minimize o uso do despendoamento para produção de semente híbrida é necessária e bem-vinda às empresas de sementes.

Com o emprego da esterilidade masculina genética citoplasmática nos Estados Unidos nos anos 60 do século passado, o dilema parecia ter sido solucionado. Todas as empresas de semente utilizavam o citoplasma T (Texas), que tinha todas as qualidades de um bom citoplasma, sobretudo a sua estabilidade nas diferentes condições ambientais e a facilidade de

restauração por um único alelo. Esse fato por si só possibilitou, como já mencionado, a sua disseminação.

Contudo nos anos 70, foi constatado que esse citoplasma contribuía para a suscetibilidade ao patógeno *Bipolaris maydis*, que causa a helmintosporiose cujas lesões foliares provocaram elevadas perdas de produtividade. O fato de ser o único citoplasma utilizado por todas as empresas de sementes, facilitou a rápida disseminação do patógeno pelas lavouras americanas e isso foi considerada uma verdadeira tragédia biológica e econômica (TATUM, 1971).

Mesmo com o surgimento de novas fontes de citoplasma macho estéril no final da década 60, as empresas de sementes não se sentiram encorajadas a utilizarem a macho esterilidade genético citoplasmática. Assim poucos recursos foram destinados a essa finalidade e evidentemente poucos híbridos foram desenvolvidos e produzidos sem a necessidade de despendoamento.

Deve-se considerar os casos de vulnerabilidade genética e fazer uso da máxima diversidade possível nos programas de melhoramento. Em contrapartida, a frustração com citoplasma T, não pode se tornar um tabu e impedir o uso de tecnologias que viabilizem a produção de sementes híbridas. É comum ao longo da história, períodos cíclicos de epidemia de algumas doenças agredindo fortemente alguns híbridos que compartilham o mesmo grupo heterótico. Foi assim com *Helminthosporium turcicum*, Mancha de *Phaeosphaeria*, Cescosporiose, e recentemente doenças sistêmicas como viroses e Corn Stunt. No entanto, esses grupos heteróticos não foram banidos ou descartados do programa de melhoramento, eles são importantes para pesquisa e passam por processos de reciclagem.

O melhoramento genético e as práticas culturais são fundamentais ao desenvolvimento sustentável da agricultura moderna, atualmente, o uso de fungicidas tem-se consolidado nas lavouras brasileiras, existem novas moléculas registradas e há outras fontes de citoplasma estéril que podem ser utilizadas. No entanto, há uma carência de pesquisas que subsidiem a sua utilização na produção de sementes e uma prospecção de novas fontes, pois comumente são encontradas plantas estéreis nos berçários de linhagens.

Muitas pesquisas foram feitas na área de genética molecular com os citoplasmas T, S e C, mas pouco foram feitas a campo, especialmente nos países tropicais como Brasil. Pesquisa inédita igual ao de Beckett (1971) associada ao uso da tecnologia de marcadores moleculares trariam uma enorme contribuição na identificação de novas fontes de citoplasma estéril. Além disso, é preciso testar a campo, em condições críticas de stress, a capacidade de restauração dos alelos que anulam o efeito do citoplasma estéril e restabelecem a fertilidade, a fim de

saber se o citoplasma em uso oferece algum dano ou interferência no desempenho agronômico do híbrido.

Assim, este trabalho tem o objetivo de avaliar a performance agronômica de híbridos com citoplasma C versus seu isogênico de citoplasma normal advindos dos principais grupos heteróticos utilizados pelos programas de melhoramento privado e nas mais representativas regiões produtoras de milho da safra de verão de 2015/16 e da safrinha de 2016.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura do Milho no Brasil

O Brasil é o terceiro produtor mundial de milho, atrás dos Estados Unidos e China. Estima-se que, na safra de verão 2016/17 e safrinha de 2017, foram semeados mais de 16 milhões de hectares e, diante das previsões da Companhia Nacional de Abastecimento (2017), serão colhidos mais de 90 milhões de toneladas de milho grão. O milho é cultivado nos 27 estados brasileiros e algumas regiões o produzem durante a estação de verão, conhecida como primeira safra ou safra de verão, outros o cultivam durante a estação de inverno, conhecida como segunda safra ou safrinha e poucos estados o cultivam nas duas estações de plantio. Será usado com frequência, a partir daqui, o termo safra de verão e safrinha para fazermos referência aos dados de primeira safra e segunda safra respectivamente.

Na safrinha de 2012, a área plantada e a produção de milho foram superiores ao cultivo de verão. Atualmente o milho safrinha responde por mais de 60% do volume produzido nas duas safras. Assim aquele cultivo que começou de forma empírica e modesta no Norte do Paraná no final da década de 70, ocupa hoje uma área de cultivo superior a 10 milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016).

Os maiores produtores nacionais são os estados do Mato Grosso, seguidos por Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Esses cinco estados respondem por mais de 70% da produção nacional.

O Distrito Federal alcançou produtividade de 9.000 kg/ha nas safras de verão 2014/15, isto é bem acima da média nacional, que se encontra em torno 5.200 kg/ha (CONAB, 2016). Tais rendimentos são decorrentes do tamanho da área de plantio, do sistema de produção adotado e principalmente do nível tecnológico empregado na região.

Com o conhecimento da genética e posteriormente o uso do milho híbrido, associado à adoção de práticas culturais como plantio direto, rotação de culturas aplicação de fertilizantes, uso de agroquímicos, e desenvolvimento da mecanização, foi possível alavancar e diversificar a produção brasileira de milho. Contudo isso, obteve-se um notório ganho de produtividade de mais de 60 kg/ha/ano o que equivale a mais de 5% ao ano no período de 1978 a 2016.

A adoção de cultivares geneticamente modificadas, com resistência ao ataque de insetos e tolerante a herbicidas, tem facilitado o manejo das lavouras, diminuindo substancialmente o uso de agroquímicos e aumentando a produtividade (KLOTZ-INGRAM et al., 1999; RICE; PILCHER, 1998).

Assim o Brasil vem fazendo uso eficiente desse modelo de produção e tem alcançado recordes de produtividade a cada ano. No caso do milho em particular, o uso de sementes híbridas e geneticamente modificadas obteve uma adoção excepcional e crescente pelos agricultores (CELERES 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Semente, 90% das lavouras de milho instaladas na safra 2015/16 utilizaram semente comercializada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS, 2017).

O potencial genético das cultivares associado à tecnologia de controle de insetos e tolerância a herbicidas minimizam os efeitos dos estresses abióticos e bióticos. Isso tem sido fundamental para o aumento da produtividade e para a diminuição dos custos do manejo (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2010).

Duarte, Garcia e Cruz (2009) citam três formas de uma nova cultivar agregar valor ao agronegócio. Primeiro ela deve aumentar diretamente a produtividade, segundo, diminuir os custos de produção e por fim aumentar a capacidade produtiva em função da diminuição de custos.

O uso de semente de milho híbrido geneticamente modificado promoveu um acréscimo de 20% no valor da semente. Em contrapartida, houve uma redução nos custos totais que variaram de 4,18% a 15,06%. A tecnologia que mais contribuiu para diminuir os custos de produção foi a associação da resistência à lagarta com a tolerância ao Glifosato (DUARTE; GARCIA; CRUZ, 2009).

A biotecnologia trouxe inúmeros benefícios à agricultura, porém, seu custo pode-se tornar elevado se a tecnologia não apresentar longevidade.

Com base nos levantamentos da CONAB (2016), observou-se ao longo das safras um aumento significativo nos preços de sementes híbridas de milho. No final da década de 90, o preço do saco de 65 mil sementes custava o equivalente a 9 sacas de 60 kg de milho grão. Dezesseis anos depois o mesmo saco de semente, porém agora provido de tecnologias de controle a insetos e tolerância a herbicidas mais melhoria genética, custa o equivalente a 15 sacas de 60 kg de milho grão.

Assim o uso de sementes híbridas seguida pela escolha de híbridos de alta *performance* associado a tecnologias que garantam uma eficácia no controle de insetos e tolerância a herbicidas podem resultar em elevados ganhos de produtividade.

Portanto, se houver adoção de tecnologias que reduzam custos de produção da semente, a rentabilidade de todos os envolvidos na cadeia produtiva do milho será superior.

O uso da esterilidade citoplasmática masculina na produção de híbridos de milho visa a uma redução nos custos de produção e conseqüentemente a um aumento na rentabilidade da cadeia produtiva de milho, além de facilitar o acesso à semente híbrida de qualidade, produzida sob um rigor sanitário, com as certificações e testes de qualidade.

2.2 Híbridação

A hibridação é uma ferramenta de elevada importância no melhoramento de plantas e na produção comercial de sementes. No melhoramento de plantas, o objetivo principal é a ampliação da variabilidade para a prática de seleção. Já na produção comercial, a intenção é promover o cruzamento controlado, a fim de garantir uma pureza genética que se ajuste aos padrões mínimos exigidos pela legislação brasileira. No caso do milho híbrido, a pureza genética deverá ser igual ou superior a 98%.

Sendo assim a hibridação constitui-se numa etapa essencial dentro do sistema de produção de híbridos de milho (BORÉM, 2009). Esse processo é mediado por meio do despendoamento ou arranquio do pendão da linhagem genitora feminina antes da antése. Tal prática evita a autopolinização e garante a obtenção do cruzamento.

A hibridação natural pode ser facilitada por fatores simples, tais como: alterações morfológicas, sincronismo floral e complexos como, a macho esterilidade genético citoplasmática e autoincompatibilidade esporofítica e gametofítica.

O milho é uma planta monoica cujas flores masculinas e femininas estão em distintas inflorescências, a planta geralmente é protândrica, e a polinização é anemófila. Além disso, as folhas acima da inflorescência feminina protegem a mesma da autopolinização e ajudam a promover mais de 95% de fertilização cruzada o que a define como uma espécie alógama. Porém essas alterações morfológicas não são mecanismos que controlam o cruzamento desejado.

Basicamente há dois sistemas que atuam ocasionando a esterilidade masculina em plantas, um genético e outro genético citoplasmático. Milho, arroz, girassol, sorgo, trigo, brássicas, cenoura, pimenta e a beterraba açucareira são bons exemplos de espécies cultivadas que exibem o padrão genético citoplasmático. A ação de genes citoplasmáticos combinados com alelos recessivos no núcleo ocasionam uma falha na produção do andrósporo, morte prematura do micrósporo e ausência do grão de pólen. Esse mecanismo já foi utilizado comercialmente na década de 60 pelas empresas de semente e posteriormente descontinuada por motivos que serão citados adiante.

Outra metodologia utilizada para promover a hibridação é o uso da Biotecnologia, ou seja, o desenvolvimento de *traits* que atuam na formação ou no desenvolvimento do micrósporo.

A mais recente tecnologia de produção de semente híbrida de milho é o sistema de hibridização Roundup RHS (Roundup Hibridizacion System). Essa tecnologia teve aprovação comercial no Brasil em 2016 e, caso apresente boa resposta às nossas condições climáticas e nenhuma interação adversa com o germoplasma tropical, poderá se constituir numa excelente ferramenta na produção de sementes.

O novo *trait* *MON87427* foi desenvolvido para se expressar no tecido reprodutivo masculino e inibir a formação do gameta masculino quando a planta for submetida ao herbicida.

Outro *trait* que teve sua liberação comercial aprovada no Brasil em 2015, foi o evento 32138 SPT *mantainer* da Du Pont Pioneer Sementes. Nesse sistema, há uma linhagem transgênica mantenedora da fertilidade capaz de garantir a multiplicação das linhagens estéreis sem transmitir o evento tecnológico para a semente comercial. Porém, na multiplicação do mantenedor e da linhagem estéril, toda a semente produzida precisa passar por um processamento específico de separação nas unidades de beneficiamento. Nesse processo o equipamento separa com base na coloração, a semente transgênica da que não possui o evento.

Também faltam informações que comprovem a estabilidade do evento em nossas condições climáticas e com germoplasma tropical. Acredita-se que essa tecnologia por não necessitar de nenhum mediador químico para esterilidade possa ter uma boa estabilidade e nenhuma interação negativa com o germoplasma tropical e se constituir numa ótima ferramenta de produção de sementes híbridas.

2.3 Macho esterilidade genética citoplasmática (CMS)

A macho esterilidade genética citoplasmática CMS (Cytoplasm Male Sterility) é a esterilidade masculina condicionada por genes mitocondriais, ou seja, genes localizados no citoplasma celular associados à presença de alelos recessivos no núcleo. Esses genes citoplasmáticos são oriundos de mutações e rearranjos no DNA mitocondrial e exibem um padrão de herança distinto da mendeliana. Todo DNA mitocondrial ou oriundos da maioria dos plastos são herdados maternamente (SNUSTAD; SOLOMONS, 2001). Esses genes somente serão herdáveis se transmitidos a partir do gameta feminino.

Snutad e Simmons (2001) sugerem que mitocôndrias e cloroplastos surgiram primeiramente em procariotos e conseqüentemente se estabeleceram nos eucariotos por um processo denominado endossimbiose. Isso ocorreu há mais de um bilhão de anos e graças ao surgimento dessas organelas, processos como a fotossíntese e o metabolismo aeróbico permitiram a evolução de novas espécies.

A esterilidade masculina é conhecida em mais de 610 espécies. O botânico alemão Kolreuter, em 1763, foi o primeiro a observar uma falha na produção do tecido masculino e posteriormente a inviabilidade na produção do micrósporo (CHEN; LIU, 2014).

Rhoades (1931) foi o primeiro a descrever a esterilidade genética citoplasmática. Ele a descreveu a partir de observações numa variedade de milho peruano oriunda de Arequipa (SOUZA, 1988).

A partir dos trabalhos de Rhodes vários outros surgiram para entender os mecanismos que controlavam o caráter e classificar os diferentes tipos existentes.

Beckett, em 1971, reuniu em seu trabalho mais de 30 fontes de várias regiões do mundo. Ele usou cruzamentos teste para classificar todas essas fontes de citoplasma estéril. Através de uma escala fenotípica ele agrupou praticamente todas as fontes em três grandes grupos.

No final da década de 80, com o desenvolvimento da genética molecular, foram surgindo os primeiros trabalhos sobre os mecanismos que controlavam a esterilidade e a restauração a nível molecular.

Doebly e Sisco (1989) sugeriram duas origens para o citoplasma macho estéril em milho. A primeira advinha de uma mutação no genoma mitocondrial, a segunda, seria resultado da introgressão de citoplasma exógeno à espécie. A conclusão foi obtida por comparação entre cloroplastos de *Zea mays* dos diferentes citoplasmas com *Zea parviglumis*, *Zea perennis*, *Zea diploperennis* e *Zea mexicana*. Nesse estudo, *Zea parviglumis* apresentou resultado genômico do cloroplasto similar aos citoplasmas T e C. Já *Zea mexicana* apresentou similaridade com o tipo S (DOEBLEY; SISCO, 1989).

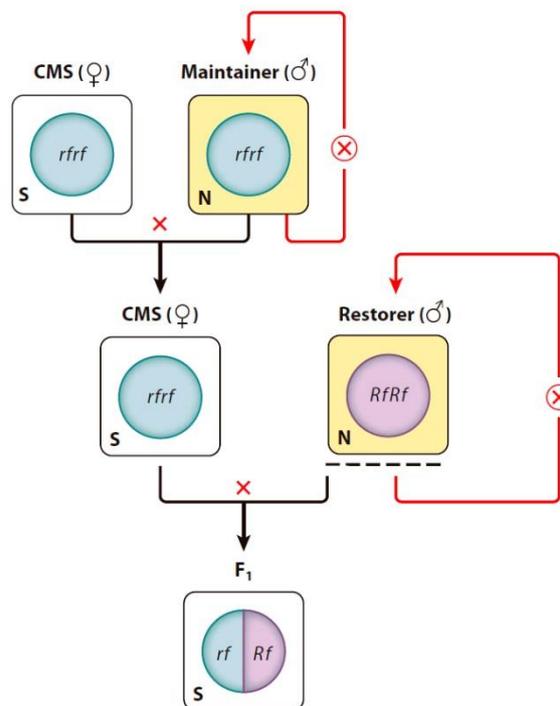
Recentemente a esterilidade citoplasmática masculina é descrita em mais de 150 espécies (DEWEY; KORTH, 1994; LASER; LERSTEN, 1972) e ela tem sido muito utilizada na produção de sementes híbridas de milho, girassol, sorgo e beterraba açucareira.

O sucesso da hibridação mediado pela esterilidade citoplasmática reside na combinação favorável de um sistema terciário, em que é preciso, no mínimo, três linhagens para a obtenção de um híbrido.

Cosmides e Tooby (1981) apresentaram a teoria do conflito genômico, em que a presença de genes citoplasmáticos inibem a produção de pólen, em contrapartida, a presença dos genes nucleares restauram a fertilidade masculina.

Na Figura 1, há um esquema para produzir um híbrido simples. Para isso, é preciso uma linhagem estéril, portadora dos citoplasmas T, S ou C, com alelos restauradores de fertilidade recessivo no núcleo. Uma segunda linhagem designada como mantenedora, que terá o citoplasma normal e o núcleo idêntico ao da primeira linhagem, ou seja, será a mesma linhagem anterior com exceção do citoplasma. Para completar o sistema, uma terceira linhagem designada como restauradora, será usada como genitora masculina do campo de semente cujo citoplasma será normal e possuirá em seu núcleo, alelos dominantes Rf (Restauradores da fertilidade) que farão o híbrido produzir pólen (BIUDES, 2012; CHEN; LIU, 2014).

Figura 1 - Sistema de produção de milho híbrido via macho esterilidade.



Fonte: Adaptado de Chen e Liu (2014)

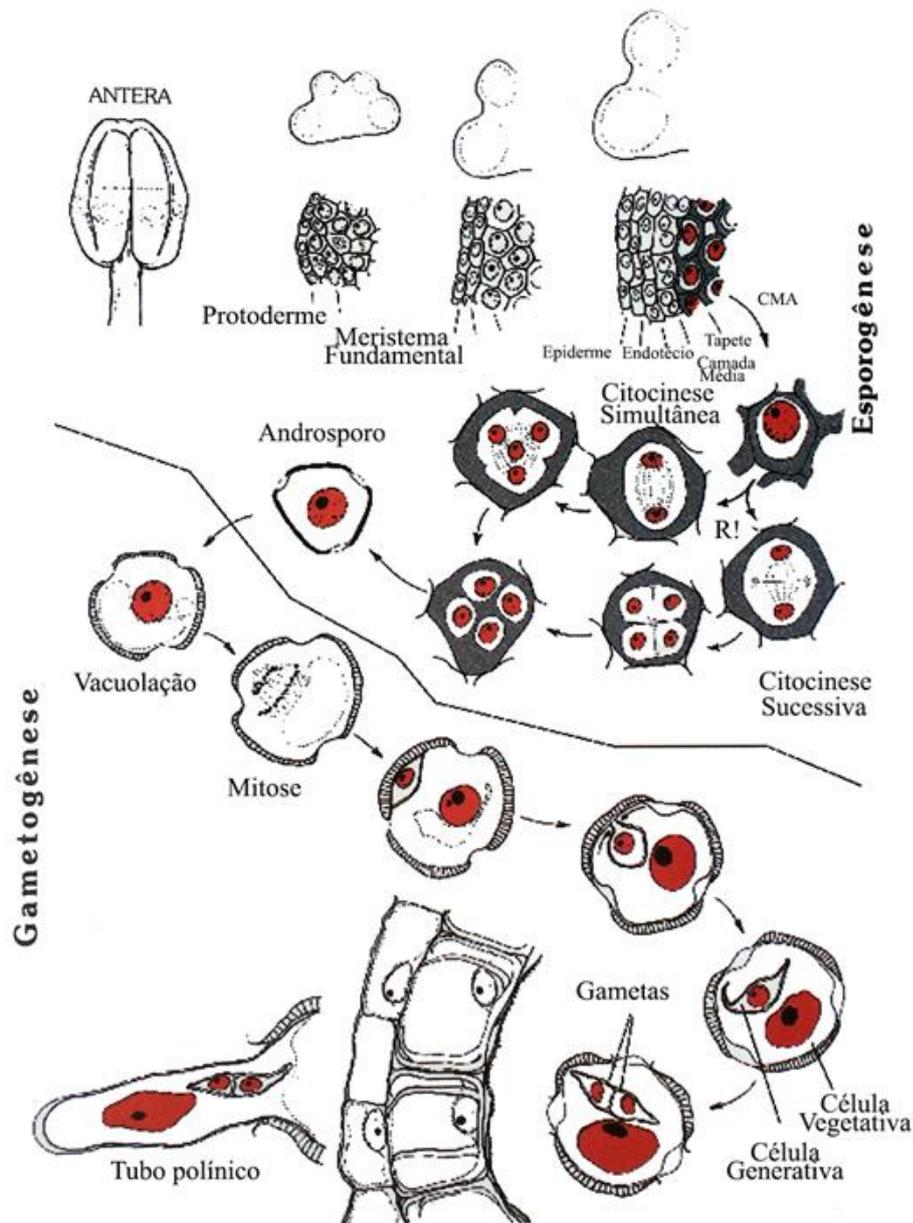
Alguns híbridos são produzidos pela tecnologia do *blend* pelo fato da genitora masculina não possuir os alelos restauradores da fertilidade.

No milho, são conhecidos três tipos de citoplasmas e a denominação foi feita em função da origem da identificação.

Outra classificação feita entre os tipos de citoplasma macho estéril é quanto ao princípio da infertilidade que pode ser esporofítica ou gametofítica.

Ao observar a Figura 2, nota-se que a infertilidade esporofítica pode apresentar maior estabilidade, uma vez que a esterilidade atua no início da formação do meiócito, ou seja, na esporogênese. Em contrapartida, os genes citoplasmáticos que atuam na gametogênese predisõem o genótipo a restaurações da fertilidade.

Figura 2 - Androgênese Vegetal.



Fonte: Adaptado de Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006).

2.3.1 Citoplasma macho estéril T (CMS-T)

O CMS-T ou citoplasma macho estéril T, recebeu esse nome por ter sido descrito e identificado na linhagem Golden June, numa estação experimental do Texas (ROGERS; EDWARDSON, 1952).

Esse citoplasma se tornou famoso na década de 60 quando foi amplamente utilizado por diversas empresas americanas de sementes.

A rápida adoção ao citoplasma T ocorreu facilmente em função da estabilidade da esterilidade masculina associada à presença de alelo comum no germoplasma, cuja restauração é de controle monogênico. Tal estabilidade ocorre em função do gene mitocondrial *urf-13* que, ao se expressar na fase esporofítica, interfere na formação inicial dos micrósporos (LEVINGS, 1993).

De acordo com Vancetovic et al. (2013), o gene mitocondrial quimérico *T-URF 13* possui 440 pb (pares de bases).

Para restauração do citoplasma T, é necessário o alelo dominante *Rf1* localizado no cromossomo 3 ou o alelo dominante *Rf2* situado no cromossomo 9 (DUVICK; SNYDER; ANDERSON, 1961).

Weider et al. (2009) sugerem que a elevada expressão da esterilidade masculina nesse citoplasma se deva ao raro número de alelos afetando a restauração parcial ou a reversão.

A grande decepção desse citoplasma ocorreu em 1970, quando estudos o apontaram como responsável pela epidemia de *Helminthosporium maydis* que se alastrou por grande parte das lavouras norte-americanas. Esse caso ficou tão evidente e expressivo que é citado em toda a literatura que trata do tema vulnerabilidade genética.

Estimou-se na época perdas da ordem de 18 milhões de toneladas de grãos e aproximadamente US\$ 1 bilhão. Especialistas em fitopatologia estimaram que mais de 80% do milho americano apresentavam suscetibilidade à raça T do fungo *Bipolaris maydis* (TATUM, 1971).

Os prejuízos se estenderam além dos domínios norte-americanos, pois a tecnologia e a fonte citoplasmática T já havia se disseminado para outras regiões. A Sementes Agrocereis, primeira empresa privada de sementes no Brasil, teve que descartar a semente produzida em 1971, pois seus híbridos apresentavam suscetibilidade à *Bipolaris maydis* e seus fundadores não quiseram comprometer o nome da empresa, nem colocar os produtores brasileiros em risco (HERBOLD, 2015).

A toxina do *Bipolaris maydis* é análoga ao Methomyl e específica ao hospedeiro do CMS T. Ela inibe a respiração mitocondrial, liberando a fosforilação oxidativa e decresce o transporte de cálcio para o interior da mitocôndria. Posteriormente há um aumento da permeabilidade da membrana para cálcio e H⁺ e inibição e dependência de malato para o transporte de elétrons (SOFI; RATHER; WANI, 2007).

Mesmo com seu uso comercial descontinuado, os estudos com o citoplasma T continuaram e, em 1978, revelou-se uma explicação para o mecanismo que causa o aborto do gameta masculino. A extrusão da antera é determinada em função de uma alteração no DNA mitocondrial (WARMKE; LEE, 1978).

2.3.2 Citoplasma macho estéril S (CMS-S)

Assim que o citoplasma T foi descontinuado, a busca por outras fontes se tornou necessária entre os programas de melhoramento. O CMS-S citoplasma macho estéril S, se tornou uma fonte atrativa a partir da década de 70.

O CMS-S foi identificado em 1957 numa unidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em Connecticut (JONES; STINSON; KHOO, 1957). O princípio da esterilidade desse citoplasma foi classificada como gametofítica, cuja ação gênica atua na formação secundária do micrósporo.

Geralmente a reversão da esterilidade está ligada à presença de outros genes restauradores no núcleo ou alterações no DNA mitocondrial.

A esterilidade masculina citoplasmática S, em nível molecular, é causada pela presença de dois plasmídeos lineares S1, S2 e seus relacionados R1 e R2 em milho tropical. As regiões identificadas no DNA mitocondrial como responsáveis pela esterilidade são as ORF355 e ORF77 (Open Reading Frame). Reversões surgem em função da presença dos plasmídeos S1 e S2 em suas mitocôndrias (GABAY-LAUGHNAN; ZABALA; LAUGHNAN, 1995; LEVINGS et al., 1980).

Weider et al. (2009) avaliaram híbridos CMS de diferentes fontes genéticas e observaram, em mais de 17 ambientes, que 41% dos híbridos com citoplasma S apresentavam restauração parcial.

Com base em estudos moleculares, um novo subtipo de citoplasma S foi identificado numa coleção do centro de colaboração da genética do milho de Illinois MGCSC (Maize Genetic Cooperation Stock Center). O material genético é oriundo de variedades do território da antiga Iugoslávia e apresenta um distinto padrão de banda avaliado pelo método PCR multiplex (VANCETOVIC et al., 2013).

No Citoplasma S, é necessário apenas o alelo *Rf3*, localizado no cromossomo 2, (LAUGHNAN; GABAY, 1973) para a restauração da fertilidade. Porém, já foram identificados na região do cromossomo 2, 46 alelos restauradores da fertilidade em 26 raças de milho e 6 alelos *Rf* em diferentes acessos de teosinte. A presença de alelismo múltiplo restaurando a fertilidade desse citoplasma sugere uma maior interação com o ambiente e uma possível restauração inesperada (GABAY-LAUGHNAN et al., 2003).

O alelo dominante *Rf9* tem sido designado como um restaurador da fertilidade de baixa eficiência do citoplasma S, pois sua expressão é muito influenciada em decorrência do *background* nuclear e da temperatura, ou seja, em condições ideais ele reduz a quantidade de *orf355/orf77* pós-transcrição (GABAY-LAUGHNAN et al., 2009).

Biudes (2012) avaliou genótipos CMS-S em milho e relatou resultados superiores a 94% de esterilidade masculina nos diferentes ambientes de produção de sementes. Além disso, recomendou o uso de linhagens macho estéreis na produção comercial de híbridos, associado a práticas que garantam o controle da polinização, a fim de minimizar os custos de produção.

2.3.3 Citoplasma macho estéril C (CMS-C)

De acordo com Souza (1988), o citoplasma C (Charrua) foi identificado em 1953 pelo professor pesquisador Gladstone Drummond numa variedade brasileira na cidade de Carazinho - RS, porém foi descrito e denominado como CMS C em 1971 (BECKETT, 1971).

Assim como nos demais citoplasmas, a esterilização das linhagens ocorre por retrocruzamento entre a linhagem recorrente com um doador do citoplasma. Nesse sistema, a linhagem recorrente não deverá possuir alelos de restauração, caso contrário a eliminação destes pode dificultar e prolongar o processo.

Na Figura 3, é apresentado uma linhagem de citoplasma C e sua correspondente fértil. Após sucessivas gerações de retrocruzamentos, a única diferença perceptível é a esterilidade masculina.

Figura 3 - Imagem do pendão de um linhagem fértil e sua isogênica estéril.



Fonte: Do autor (2016).

Atualmente, vários estudos na área de genética molecular têm sido feitos com esse citoplasma.

Vancetovic et al. (2013), em estudos moleculares, revelou resultados de amplificação do DNA Mitocondrial de 398 pb (pares de base). Souza et al. (2013) identificaram em CMS C com 95% de cobertura um amplicom com 292/306 pares de bases.

Apesar de constituir-se numa fonte atrativa para o melhoramento, não há estudos moleculares que comprovem ou identifiquem corretamente as ORF's que expressam a esterilidade, porém sabe-se que o mecanismo da esterilidade é de controle esporofítico.

Touzet e Meyer (2014) sugerem que o mecanismo de esterilidade provoque apoptose ou morte celular programada.

Há uma série de pesquisas tratando da restauração da fertilidade do citoplasma C, três delas tentam explicar o controle genético do caráter.

Duvick (1972) cita que a restauração da fertilidade do citoplasma C é controlada pelo alelo dominante do gene *Rf4*. Khey-Pour, Gracen e Everett (1981) também confirmam a presença do alelo dominante *Rf4* como suficiente para a restauração do citoplasma C.

De acordo com Josephson e Morgan (1978), a restauração do CMS C é controlada de forma complementar por dois genes *Rf4* e *Rf5*.

A restauração da fertilidade do citoplasma C é condicionada pelos genes *Rf4* e *Rf5* localizados no cromossomo 8 e 5 respectivamente (SISCO, 1991; TANG et al., 2007).

Chen, Luo e Ji (1979) consideraram o controle do caráter comandado pela ação de genes duplicados. Vidakovic (1988) demonstrou a existência de ação complementar entre três genes no controle do caráter.

Os genes *Rf4*, *Rf5* e *Rf6* agem de forma complementar na restauração da fertilidade do citoplasma C (SOUZA et al., 2013; SOUZA; SARAIVA, 1989; VIDAKOVIC; VANCETOVIC; VIDAKOVIC, 1997), haja visto que *Rf4* e *Rf5* ou *Rf4* e *Rf6* são necessários para a restauração da fertilidade .

O gene *Rf5* tem um alto potencial de restauração, porém ele é fortemente influenciado por um fator de inibição *Rf-I* localizado no cromossomo 7. Esse fator de inibição não atua no gene *Rf4* (HU et al., 2006).

De acordo com Kohls (2010), a seleção de linhas restauradoras e não restauradoras por meio de marcadores moleculares são limitadas quando baseadas exclusivamente no alelo *Rf4*. Em contrapartida, o braço longo do cromossomo 2 é uma informação interessante porque alberga genes de restauração da fertilidade para os três tipos de citoplasma.

Diante de tamanha complexidade e inúmeros estudos em biologia molecular ainda restam dúvidas sobre o controle do caráter da restauração da fertilidade do CMS-C. Possivelmente o desenvolvimento da genética molecular irá colaborar para a resolução dessas dúvidas.

2.4 Determinação da macho esterilidade genético citoplasmática

Em ambos os citoplasmas, Chen e Liu (2014) sugerem quatro modelos que explicam a determinação da esterilidade masculina decorrente dos diferentes citoplasmas.

O modelo da citotoxicidade é apresentado mediante estudos em procariotos comprovando que a proteína *URF-13* foi considerada tóxica a *E. coli* e a muitos outros eucariotos. Essa proteína é considerada transmembrana e hidrofóbica o que causa disfunção mitocondrial em células gametofíticas ou esporofíticas levando assim ao aborto prematuro do tecido masculino. A expressão gênica da *URF-13* ocorre apenas no tecido reprodutivo masculino, ou seja, não há expressão em células de outros tecidos, como folha, raiz e tecido feminino (espiga jovem).

No modelo da deficiência de energia celular, há uma redução direta da atividade mitocondrial via produção biológica de ATP, MTEC e outros processos respiratórios. As proteínas CMS afetam a integridade da membrana mitocondrial levando a um vazamento de próton e produção inadequada de ATP, justamente num momento em que a flor masculina exige uma alta demanda energética. Possivelmente este princípio acarretaria uma falha na gametogênese e esporogênese do pólen durante o desenvolvimento das anteras.

O segundo modelo seria a morte programada da célula ou apoptose. Não é um fenômeno raro e ocorre em plantas e animais, em decorrência de um estímulo fisiológico ou patológico (GIULIANI et al., 2002). Germinação, desenvolvimento de órgãos, alongação de raiz, formação de aerênquima e xilema, resistência a doenças e senescência são processos e funções baseados neste sistema, em que a liberação do citocromo C da mitocôndria para o citossol desencadeia a apoptose celular (CHEN; LIU, 2014).

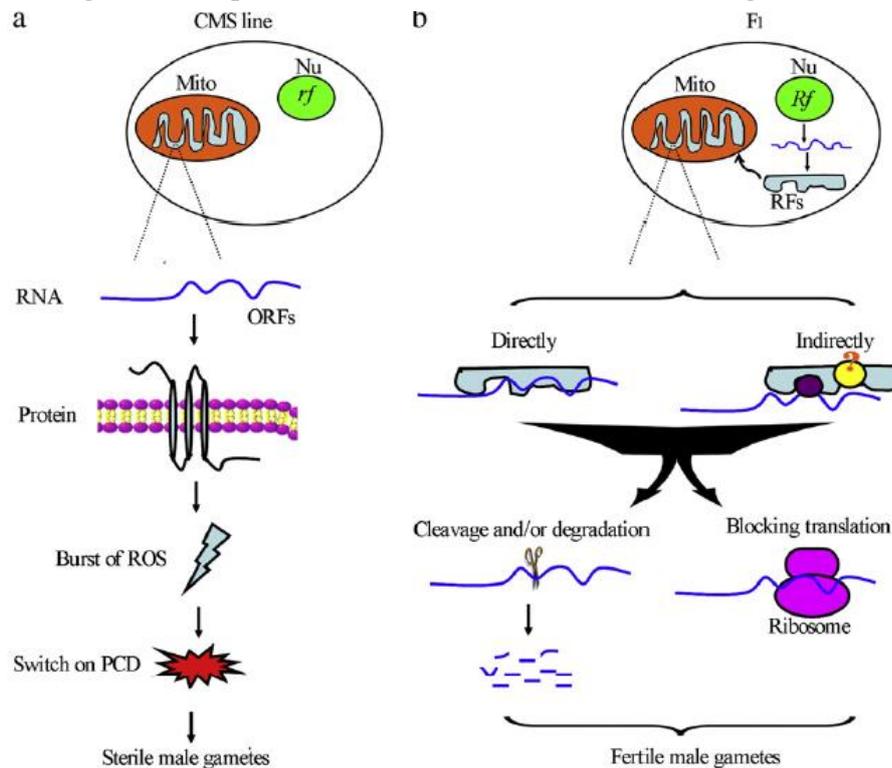
Em milho em particular, esse modelo age no desenvolvimento do esporófito e gametófito, ele pode ser influenciado em função do mecanismo que comanda a apoptose. No momento da mitose da microgametogênese, ocorre a morte do tapete celular que formará resíduos lipoproteico que são constituintes do pólen maduro (GRAY et al., 2002).

Gray et al. (2002) sugerem para exemplificar esse modelo, o alelo mutante *male sterile 26 (ms26)* que causa um acúmulo de produto tóxico no tapete de pólen levando posteriormente à formação de uma via metabólica que desencadeia a morte programada da célula. Além dele, o CMS T exibe esse modelo em que o gene *Turf-13* produz esse mesmo acúmulo de produto tóxico na antera, porém, quando a planta porta o alelo *Rf2*, ela codifica a proteína aldeído desoxidogenase (ALDH) que causa uma detoxificação do tapete celular.

Chen e Liu (2014) apresentam um terceiro modelo ou modelo da regulação retrograda em que muitas proteínas mitocondriais são produtos de expressão nuclear mediada por um promotor gênico mitocondrial. Esses genes atuam como fatores de transcrição e exercem papel importante no desenvolvimento da conversão de órgãos florais como o carpelo.

Os mecanismos moleculares que atuam nos processos de restaurações da esterilidade masculina podem ocorrer em nível genômico, pós-transcrição, tradução, pós-tradução e metabólico nas diferentes espécies. Na Figura 4, há um esquema da atuação gênica citoplasmática e nuclear ocasionando a esterilidade ou restabelecendo a fertilidade.

Figura 4 - Esquema da esterilidade masculina a nível genômico.



Fonte: Hu et al. (2014).

Para o milho, em particular no CMS C, o alelo *Rf4* possivelmente atua em nível de tradução ou pós-tradução, devido a evidências de não interferência no estado estacionário do *atp6-C* mRNA. Já o *Rf2* pode atuar em nível metabólico, através da codificação para o Aldeído Desossio-hidrogenase cuja presença elimina os braços da molécula da *Turf-13* em CMS T. Também para o CMS T, há o gene *Rf1* atuando em nível pós-transcrição, reduzindo a abundância pela clivagem do *urf17* mRNA (CHEN; LIU, 2014).

2.5 Benefícios da esterilidade masculina citoplasmática

O primeiro caso de sucesso registrado na produção comercial de híbridos ocorreu com cebola em 1924 (DUVICK, 1965).

No Brasil é difícil mensurar o uso comercial da macho esterilidade genética citoplasmática na produção de sementes híbridas de milho. Acredita-se que há predominância do despendoamento mecânico associado a repasses manuais. Essa prática encarece a produção e impacta diretamente nos custos finais da semente.

Vasconcelos et al. (1995) observaram que o uso da macho esterilidade não aumentou a produtividade de grãos, e que o acúmulo de matéria seca e conversão de nutrientes para o grão não tiveram diferenças significativas.

Magalhães et al. (1999), comparando os métodos de despendoamento, sugerem o uso da macho esterilidade como uma alternativa para diminuir mão de obra, assegurar pureza genética e eliminar o despendoamento mecânico, cuja desfolha demasiada acarreta perdas de 9% da produção.

Pereira (2007) conclui que o despendoamento associado à retirada de quatro folhas ou mais influencia negativamente a produção total e o rendimento de sementes úteis, porém não interferem na qualidade fisiológica e conteúdo de nitrogênio das sementes. Além disso, observou que as perdas oriundas da desfolha são maiores em linhagens do que nos híbridos, mas não detectou diferenças entre versões férteis e estéreis na produção de sementes.

O despendoamento realizado precocemente e de forma evasiva, isto é, extraindo um grande número de folhas poderá reduzir a produtividade de grãos substancialmente. A extração de todas as folhas acima da espiga durante o despendoamento pode reduzir em mais de 25% a produção de grãos (FAGIOLI; SOUZA; COSTA, 2010).

Stamp et al. (2000), em estudos com CMS, obtiveram ganhos no número de grãos por espiga mediante seus opostos férteis. Foram estudados dois híbridos de *background* europeu e uma variedade tailandesa no período de 1994 a 1996, os testes foram feitos em condições ideais de fertilidade, umidade e também em condições adversas, ou seja, com estresse hídrico e nutricional.

A produtividade de grãos pode ser influenciada pela exploração do efeito xênia associado ao uso do citoplasma estéril. O efeito de xênia em milho é reconhecido e citado em inúmeros trabalhos, assim a origem do pólen pode causar alterações imediatas na constituição do pericarpo, endosperma e do embrião (TOLLENAAR; DWYER, 1999). Considerando uma variedade de polinização aberta, em que haja um percentual de plantas estéreis, haverá uma maior taxa de fertilização cruzada já que genótipos estéreis não sofrerão autopolinização. Essa condição foi objeto de estudos de diversos autores com a intenção de detectar diferenças na produtividade de grãos variando o citoplasma e a linhagem polinizadora.

Weingartner et al. (2002) obtiveram aumento considerável na produtividade de grãos testando a combinação do efeito xênia em híbridos de citoplasma estéril frente ao seu isogênico de citoplasma normal. Com base em seis ambientes, três híbridos CMS-T completamente estéreis polinizados pela versão fértil, tiveram a produtividade de grãos aumentada em 7,4% quando comparado às versões de citoplasma fértil. Além disso, comprovaram a importância do polinizador, pois resultados de três híbridos CMS-T polinizados por cinco não isogênicos férteis foram, em média, 2,1%, 9,3% e 15,8% superiores aos seus respectivos híbridos férteis polinizados pelo seu isogênico. A melhor combinação

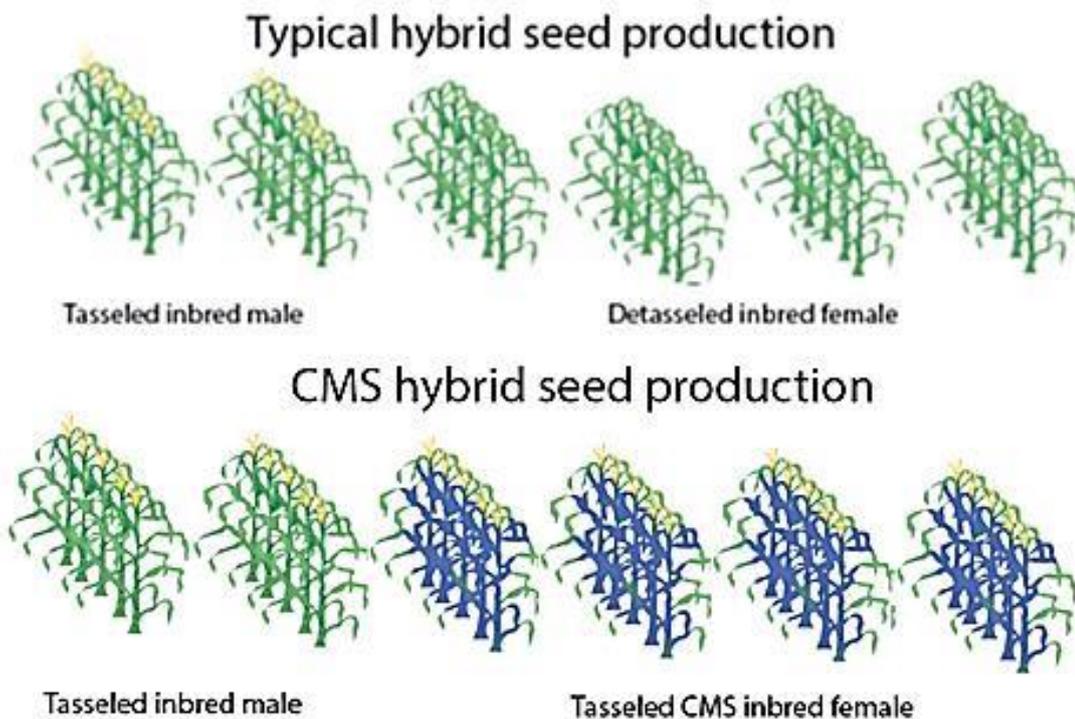
entre o híbrido CMS-T com o não isogênico polinizador produziu 21,4% a mais que seu oposto fértil polinizado pelo isogênico.

Bozinovic et al. (2010) não encontraram resultados significativos usando o sistema mais híbridos (PHS). O efeito xênia é relevante, porém, a combinação exata ou a distância genética entre os híbridos pode determinar o resultado final.

A vantagem do efeito xênia pode ser explorada pela combinação de misturas de sementes em proporções que não afetem a polinização. Apesar dos *blends* representarem complicações e dificuldade no processamento na indústria, o modelo foi adotado por algumas empresas no Brasil.

Robledo et al. (2010) obtiveram resultados superiores adotando o método da mistura de sementes híbridas decorrentes da produção via CMS com sementes produzidas via despendoamento. Proporções de 80% ou mais da versão estéril com 20% ou menos da versão fértil foram superiores à versão 100% fértil. Na Figura 3, destaca-se a tecnologia dos *blends* em que 75% da produção do híbrido são feitos da forma tradicional, ou seja, linhas férteis em que a fêmea será despendoada. Os outros 25% são feitos em cima de uma fêmea estéril, eliminando assim a necessidade do despendoamento. Após a mistura, seguir nas unidades de beneficiamento e na lavoura comercial, 25% das plantas não produzirão pólen.

Figura 5 - Sistema de produção de milho híbrido pela tecnologia dos blends.



Fonte: Bodnar (2010).

Essa técnica do efeito xênia associado ao citoplasma macho estéril vem sendo testada na Europa com o objetivo de promover a coexistência entre as lavouras transgênicas e tradicionais. Nesse caso, o organismo geneticamente modificado seria transferido aos híbridos de citoplasma estéril e estes por sua vez seriam usados em *blends* com seu isogênico convencional e fértil, em proporções que não afetassem a polinização e obtivessem um bom controle de lagartas. Assim todo o pólen daquela lavoura seria de milho convencional e não afetaria a polinização de lavouras adjacentes.

Biudes (2012) sugere o uso de macho esterilidade citoplasma tipo S para a produção de híbridos, porém é necessário um esquema frequente de monitoramento em decorrência de possíveis restaurações em alguns genótipos.

Portanto a esterilidade genética citoplasmática se constitui numa ferramenta importantíssima e necessária para o melhoramento de plantas e produção comercial de híbridos. Certamente se aplicada com critérios, acompanhamento, incentivo de todos os envolvidos, ela permitirá produzir híbridos de alta performance sem necessidade do despendoamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais

Os experimentos foram conduzidos durante a safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016. Ambos foram instalados nas estações experimentais de pesquisa da Dow AgroSciences e nas demais propriedades em que a empresa desenvolve experimentação. Esses locais representam fortes regiões produtoras de milho nas respectivas safras. Na safra de verão de 2015/16, foram semeados em 11 ambientes envolvendo condições irrigadas ou não. Além disso, foi utilizada alta tecnologia no manejo associada à elevada quantidade de fertilizante e sobretudo à alta população de plantas por hectare.

Os dados dos locais de semeadura nessa primeira safra estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Locais de plantio do verão de 2015/2016.

LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. (M)	CONDIÇÃO	PLANTIO
Guarda Mor-MG	17°44'12.7"S	47° 5'47.2"O	624	Sequeiro	18-nov-15
Iguatama-MG	20° 6'20.0"S	45°42'27.2"O	685	Irrigado	30-set-15
Indianópolis-MG	18°56'19.2"S	47°48'49.9"O	935	Irrigado	29-set-15
Indianópolis-MG	18°57'15.0"S	47°51'22.1"O	955	Sequeiro	10-nov-15
Perdizes-MG	19° 6'29.6"S	47°12'1.4"O	862	Irrigado	6-out-15
Pr. Olegário-MG	18°24'0.1"S	46°28'21.5"O	1008	Sequeiro	11-nov-15
Uberaba-MG	19°10'58.9"S	48° 8'55.7"O	923	Sequeiro	16-nov-15
V. de Minas-MG	18°18'27.5"S	45°59'57.1"O	988	Irrigado	13-out-15
Cascavel-PR	25° 3'18.7"S	53°10'54.3"O	818	Sequeiro	15-set-15
Castro-PR	24°47'47.4"S	49°54'49.1"O	1006	Sequeiro	24-set-15
Itararé-SP	24° 4'48.1"S	49°15'5.9"O	672	Sequeiro	17-set-15

Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

Na safrinha de 2016, os ensaios foram semeados em 13 localidades distribuídos por cinco estados brasileiros. A Tabela 2 apresenta detalhes dos locais com as respectivas datas de plantio.

Tabela 2 - Locais de plantio da Safrinha de 2016.

LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE	ALT. (M)	PLANTIO
Montividiu-GO	17°27'2.7"S	51°21'27.7"O	941	17-fev-16
Araguari-MG	18°47'5.6"S	47°56'11.5"O	976	27-fev-16
Indianópolis-MG	18°57'15.0"S	47°51'22.1"O	955	22-fev-16
Nova Mutum-MT	13°55'35.8"S	56° 4'10.8"O	503	14-fev-16
Primavera de Leste-MT	15°31'40.0"S	54°20'45.0"O	617	21-fev-16
Sapezal-MT	13°35'28.6"S	58°34'20.3"O	571	11-fev-16
Sorriso-MT	12°26'58.8"S	55°49'37.7"O	381	16-fev-16
Cambé-PR	23°14'25.9"S	51°18'8.7"O	570	5-mar-16
Cascavel-PR	25° 3'18.7"S	53°10'54.3"O	818	19-fev-16
Palotina-PR	24°20'45.5"S	53°45'28.5"O	365	5-fev-16
Santa T. do Itaipú-PR	25°24'58.0"S	54°27'7.3"O	277	11-fev-16
Guaíra-SP	20°11'52.6"S	48°24'28.9"O	493	8-mar-16
Maracáí-SP	22°48'0.2"S	50°49'35.9"O	359	14-fev-16

Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

3.2 Híbridos avaliados

Os experimentos foram compostos por vinte tratamentos, sendo dez híbridos simples experimentais provenientes dos cruzamentos de cinco linhagens estéreis de citoplasma C com dois testadores e seus respectivos iso-híbridos de citoplasma fértil. Os detalhes dos tratamentos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Lista de tratamentos e informações detalhadas das cultivares.

(Continua)

Tratamentos	Híbrido	Pedigree	Tecnologia	Citoplasma
1	H 01	F66PW/M51	Powercore	Normal
2	H 01C	F66CPW/M51	Powercore	C
3	H 02	F16PW/M51	Powercore	Normal
4	H 02C	F16CPW/M51	Powercore	C
5	H 03	F20PW/M51	Powercore	Normal
6	H 03C	F20CPW/M51	Powercore	C
7	H 04	F25PW/M51	Powercore	Normal
8	H 04C	F25CPW/M51	Powercore	C
9	H 05	F21PW/M51	Powercore	Normal
10	H 05C	F21CPW/M51	Powercore	C
11	H 06	F66PW/M52	Powercore	Normal
12	H 06C	F66CPW/M52	Powercore	C
13	H 07	F16PW/M52	Powercore	Normal
14	H 07C	F16CPW/M52	Powercore	C

Tabela 3 - Lista de tratamentos e informações detalhadas das cultivares.

(Conclusão)

Tratamentos	Híbrido	Pedigree	Tecnologia	Citoplasma
15	H 08	F20PW/M52	Powercore	Normal
16	H 08C	F20CPW/M52	Powercore	C
17	H 09	F25PW/M52	Powercore	Normal
18	H 09C	F25CPW/M52	Powercore	C
19	H 10	F21PW/M52	Powercore	Normal
20	H 10C	F21CPW/M52	Powercore	C

Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

As cinco linhagens genitoras femininas são de distintos grupos heteróticos, duas pertencem ao grupo Tuxpeno, duas são do grupo Suwan e uma do grupo Cateto. Os testadores pertencem ao grupo Cateto e ao grupo Suwan esses em combinação com linhagens de citoplasma C produzem, respectivamente, híbridos parcial e totalmente férteis.

As sementes dos 20 híbridos simples experimentais foram produzidas por cruzamento manual nos campos de polinização da estação de pesquisa de Indianópolis durante a safrinha de 2015. O volume produzido foi suficiente para atender à demanda das duas safras seguintes. A semente passou por uma classificação no equipamento Millex conforme especificado na Figura 6. Este equipamento separa todo o volume em três classes: peneira graúda, mediana e miúda. A semente de tamanho médio foi escolhida para o experimento, metade do volume foi tratado e contado para os ensaios e verão de 2015/16 e a outra metade armazenada na câmara fria para ser utilizada na safrinha de 2016. Todos os híbridos receberam tratamento de sementes à base de Tiametoxan e Fipronil nas dosagens recomendadas pelo fabricante.

Figura 6 - Classificadora de grãos e sementes Millex.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Equipamento	
	Millex 200	Millex 400
Canais de Seleção	2	4
Consumo de Energia	200 W	300 W
Peso	160 kg	250 kg
Tensão (VAC)	220/380	220/380
Largura	530 mm	970 mm
Comprimento	1700 mm	1700 mm
Altura	1450 mm	1450 mm

Produção kg/hora	Millex 200	Millex 400
Amendoim	500	1000
Soja	300	600
Macadâmia	400	800
Castanha de Cajú	300	600
Milho	400	800
Feijão	400	800

Fonte: Classificador... (2017)

3.3 Desenho experimental

O arranjo experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições e parcelas de 8 m². As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de quatro metros de comprimento, espaçada 50 cm entrelinhas e corredores de 75 cm entre blocos. A população de plantas almejada foi de 75 mil plantas por hectare na safra de verão e 65 mil na safrinha.

3.4 Condução e avaliação do experimento

Todos os experimentos foram semeados com semeadora de parcelas adaptada, exceto Uberaba - MG no verão de 2015/16 que foi semeado manualmente. O adubo de plantio foi distribuído no sulco e a formulação utilizada foi a 09-29-09 nas doses de 450 kg/ha e 300 kg/ha para a safra de verão 2015/16 e safrinha 2016 respectivamente. O sistema de distribuição de sementes foi o pneumático. A semeadora foi tracionada por trator 4 x 4 equipado com piloto automático e assistido por um sistema de posicionamento via satélite com sinal retificador que ajustava o tamanho do bloco para 4 metros e o corredor para 75 cm. A regulagem da população foi ajustada para 3,75 e 3,25 plantas por metro na safra de verão de 2015/16 e safrinha de 2016 respectivamente.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos foram feitos de forma incorporada e a lanço com uma predominância pela distribuição a lanço. As fontes utilizadas

foram ureia 45% de nitrogênio e cloreto de potássio KCL 62% de K_2O . De modo geral, a dose de ureia variou de 200 a 350kg/ha distribuído em duas vezes para os cultivos de safrinha e safra respectivamente. Para os fertilizantes potássicos a dose de cloreto de potássio variou de 100 a 150 kg/ha distribuídos a lanço em duas aplicações para os cultivos safrinha e safra respectivamente.

Os tratos culturais, tais como, controle de pragas, plantas daninhas e doenças, seguiram o manejo da propriedade, ou seja, aquilo que o agricultor local comumente tem utilizado.

Além disso, foram feitas em média quatro aplicações de inseticidas, objetivando o controle de pragas iniciais e lagartas desfolhadoras.

As avaliações agronômicas foram feitas em pós-florescimento, pré-colheita e colheita. Após o florescimento foram avaliadas doenças foliares como mancha de *Phaeospaeria* e *Cercosporiose*, ambas foram mensuradas pela escala diagramática Agrocerec (1993) adaptada, ou seja, escala variando de 1-9 em que a nota 1 representa parcelas com 100% do tecido foliar comprometido ou morte prematura e a nota 9 parcelas isentas de manchas foliares. Como a incidência de doenças é condicionada ao desenvolvimento favorável do patógeno foi escolhido o local de maior severidade para serem feitas essas avaliações. Mancha de *Phaeospaeria* foi avaliada em Irai de Minas - MG na safra de verão de 2015/16 e a *Cercosporiose* avaliada em Indianópolis - MG na safrinha de 2016.

Em pré-colheita, foram feitas medições de altura de planta, altura de espiga, número de plantas na parcela e número de plantas acamadas e quebradas. A altura da planta foi mensurada em centímetros cuja medida é feita a partir do nível do solo até a base da folha bandeira, já a altura de espiga foi mensurada a partir do nível do solo até o internódio de inserção da espiga. Embora todos esses dados tenham sido obtidos, nesta publicação será dado maior enfoque aos dados de produtividade de grãos.

Na colheita, foram avaliados umidade de colheita e o peso de grãos da parcela. A colheita foi feita de forma mecânica, através de uma colhedora automotriz adaptada a uma balança com determinador de umidade e um sistema de processamento de dados que fez o armazenamento dos dados e impresso de segurança.

3.5 Análise dos dados

Os dados de produtividade de grãos, umidade de colheita, *stand* médio, percentual de plantas acamadas e quebradas, altura de planta e de espiga e demais avaliações foram submetidos à análise de variância por ambiente, conforme o seguinte modelo estatístico:

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

Y_{ij} : valor observado da parcela que recebeu o híbrido i do bloco j .

m : média geral associada a todas as observações.

b_j : Efeito do j -ésimo bloco, sendo $b_j \sim N(0, \sigma_b^2)$ ($j=1$ a 2)

h_i : Efeito do i -ésimo híbrido, sendo $h_i \sim N(0, \sigma_h^2)$ ($i=1,2,3,\dots,10$)

e_{ij} : erro experimental médio associado à parcela ij , sendo $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

O efeito de híbridos foi desdobrado em híbridos férteis e híbridos estéreis e no caso da produtividade de grãos adotou-se o desdobramento em linhagens férteis, linhagens férteis e testadores já que haviam informação dos parentais. Com isso foi possível investigar os efeitos separadamente, as interações e os contrastes. Posteriormente foram realizadas as análises conjuntas. Em especial ao caráter produtividade de grãos, foram feitas três análises conjuntas, sendo uma com todos os ambientes verão de 2015/16, uma segunda com todos os ambientes da safrinha de 2016 e uma terceira com todos os ambientes das duas safras. Para as demais características, foi realizada apenas uma análise conjunta ou considerada a análise individual já que doenças foliares foram mensuradas na época e local de maior severidade. O modelo adotado foi o de Steel, Torrie e Dickey (1960).

As análises individuais e conjuntas foram processadas em rotinas específicas do *software* R e também foram feitos os desdobramentos nos efeitos de híbrido.

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974).

4 RESULTADOS

Os resumos das análises de variância conjunta por safra e individuais para produtividade de grãos estão apresentadas nas Tabelas 1A a 4A do Apêndice. Abaixo na Tabela 4, é apresentado o resumo da análise de variância conjunta dos 24 locais do verão de 2015/16 e safrinha de 2016. A produtividade média dos híbridos de citoplasma estéril não diferiram dos híbridos de citoplasma fértil ($P \geq 0,05$). Para uma maior compreensão, o efeito de híbrido foi desdobrado em linhagens, testadores e suas interações. Para linhagens, obteve-se desdobramentos em linhagens férteis, estéreis e contraste de médias. Neste caso ambos os contrastes não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$). Nenhuma linhagem na condição fértil foi superior a versão estéril ou vice-versa, independente do testador utilizado.

Tabela 4 - Resumo da análise conjunta de variância para produtividade de grãos (toneladas/hectare) em 24 ambientes das safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)
Blocos (Amb)	24	1.32	0.52
Ambientes (A)	23	281.18	0.00
Híbridos (H)	19	220.24	0.00
Linhagen (L)	9	232.46	0.00
Linhagen Estéril (LE)	4	276.50	0.00
Linhagen Fértil (LF)	4	247.00	0.00
LE vs LF	1	0.30	0.63
Testador (T)	1	271.16	0.00
T x L	9	202.38	0.00
T x LE	4	247.50	0.00
T x LF	4	207.25	0.00
T x (LE vs LF)	1	2.70	0.16
A x H	426	2.95	0.00
A x L	206	3.23	0.00
A x T	23	7.25	0.00
A x L x T	197	2.14	0.00
Resíduo	441	1.37	
Média		9.72	
r_{gg}		0.997	

Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

Para as demais fontes de variação e suas interações, houve diferenças estatísticas significativas ($P \leq 0,01$).

Na Tabela 5, há o resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos nos 24 ambientes do verão de 2015/16 e safrinha de 2016. Nesta tabela estão as médias, a acurácia experimental, o quadrado médio e p-valor dos contrastes de médias dos híbridos produzidos com linhagens de citoplasma normal ou fértil versus seus isogênicos de citoplasma estéril ou CMS-C e o contraste da interação dessas linhagens com testador para cada ambiente. Com exceção de Araguari - MG e Primavera do Leste - MT os demais locais apresentaram p-valor não significativo ($P \geq 0,05$).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos (ton/ha) obtidos nas safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

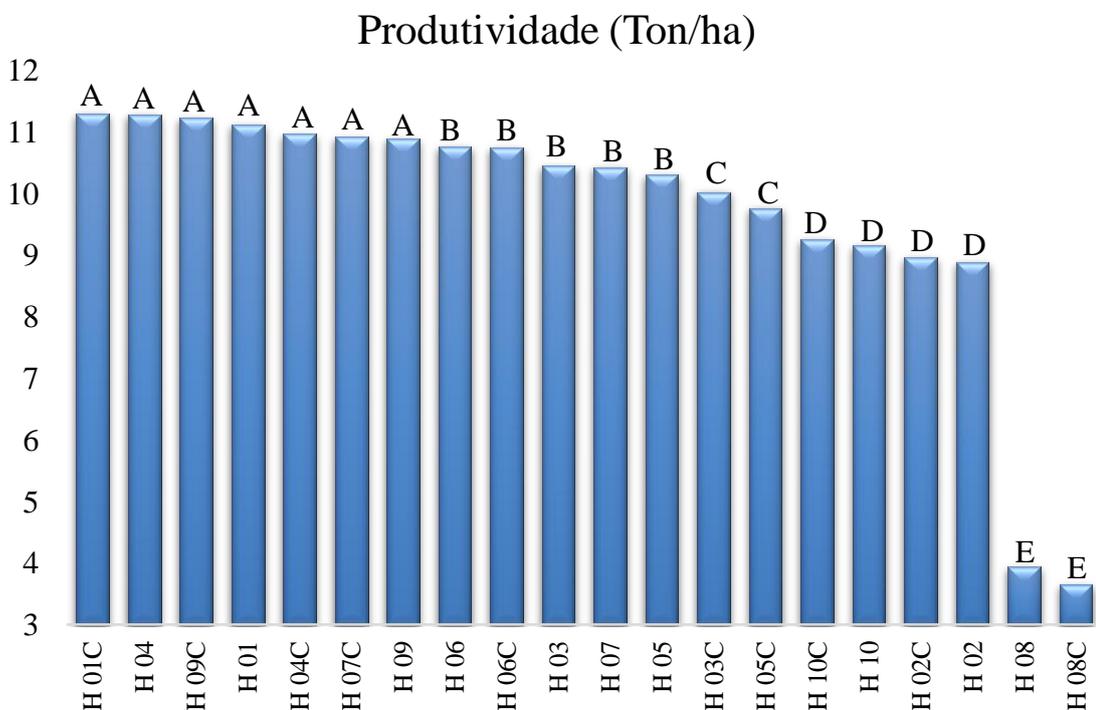
Locais	Safras	LE vs LF		T.(LE vs LF)		Média (T/ha)	r_{gg}
		QM	P-valor	QM	P-valor		
P. Olegário-MG	Verão 2015/16	7.489	0.064	0.167	0.772	9.408	0.95
Guarda Mor-MG	Verão 2015/16	0.720	0.524	0.940	0.465	10.685	0.95
Perdizes-MG	Verão 2015/16	0.802	0.602	4.276	0.235	10.987	0.88
Ind (2)-MG	Verão 2015/16	0.267	0.699	0.227	0.721	11.446	0.94
Cascavel-PR	Verão 2015/16	2.678	0.119	0.083	0.777	11.695	0.97
Ind (1)-MG	Verão 2015/16	1.508	0.408	0.374	0.678	11.847	0.92
Itararé-SP	Verão 2015/16	0.280	0.542	0.000	0.956	11.962	0.96
Castro-PR	Verão 2015/16	1.957	0.162	1.540	0.212	12.739	0.97
Iguatama-MG	Verão 2015/16	0.920	0.604	0.540	0.691	12.901	0.93
V. de Minas-MG	Verão 2015/16	0.886	0.445	1.622	0.304	13.240	0.94
Uberaba-MG	Verão 2015/16	0.087	0.787	1.375	0.290	13.645	0.97
P. Leste-MT	Safrinha 2016	0.039	0.700	2.619	0.006	3.153	0.88
Araguari-MG	Safrinha 2016	5.024	0.021	0.125	0.697	5.268	0.93
N. Mutum-MT	Safrinha 2016	1.466	0.099	0.272	0.461	6.017	0.95
Maracaí-SP	Safrinha 2016	0.011	0.895	1.148	0.192	6.336	0.92
Indianópolis-MG	Safrinha 2016	0.045	0.847	1.683	0.245	7.518	0.93
Cambé-Pr	Safrinha 2016	0.084	0.815	0.444	0.591	7.720	0.89
Sorriso-MT	Safrinha 2016	0.088	0.661	0.700	0.224	7.848	0.96
Palotina-PR	Safrinha 2016	0.271	0.608	0.041	0.840	8.092	0.96
Montividiu-GO	Safrinha 2016	2.243	0.205	0.049	0.848	8.559	0.90
Sapezal-MT	Safrinha 2016	4.223	0.151	5.998	0.091	8.996	0.81
Cascavel-Pr	Safrinha 2016	1.754	0.278	0.371	0.613	10.301	0.92
Guaíra-SP	Safrinha 2016	3.089	0.204	0.030	0.899	10.482	0.95
Sta T. Itaipu-PR	Safrinha 2016	4.740	0.062	3.550	0.103	10.679	0.98

Fonte: Elaborada pelo autor (2016)

Considerando todos os ambientes das duas safras a produtividade de grão variou de 3,15 a 13,65 ton/ha. No verão de 2015/16, a produtividade média foi de 11,86 toneladas de grãos por hectare, enquanto na safrinha de 2016, a média foi de 7,76 toneladas de grãos por hectare. O experimento de Uberaba - MG foi o de maior produtividade no verão e Santa Terezinha do Itaipu - PR o de maior produtividade na safrinha, superando a marca das 10 toneladas de grãos por hectare. Em contrapartida, Presidente Olegário - MG e Primavera do Leste - MT foram os menos produtivos no verão e safrinha respectivamente. A acurácia experimental variou de 0,81 a 0,97 apontando elevada qualidade experimental.

Na Figura 7, estão apresentados os resultados de produtividade de grãos dos híbridos nos 24 ambientes da safra de verão de 2015/16 e safrinha 2016. Suas médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. O teste estatístico classificou os híbridos em cinco grupos distintos. Os híbridos H 01, H 04 e H 09 obtiveram as maiores produtividades, com médias variando entre 10,88 a 11,29 toneladas de grãos por hectare. Os híbridos H 02, H 03, H 05, H 06, H 07 e H 10 foram classificados em três grupos intermediários com produtividades variando entre 8,88 a 10,75 ton/há.

Figura 7 - Produtividade média de grãos (t/ha) obtidos no verão 2015/2016 e safrinha de 2016.



Legenda: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Por último, o híbrido H 08 foi o menos produtivo com média de 3,8 ton/ha.

Abaixo na Tabela 6, estão apresentados os dados de produtividade de grãos por safra e a classificação com base no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No verão de 2015/16 os híbridos foram classificados em quatro grupos distintos. Os híbridos H 01, H 04, H 06, H 07 e H09 foram os mais produtivos com a média variando entre 12,63 a 13,89 ton/ha. Nos grupos intermediários, ficaram os híbridos H 02, H 03 e H 10 cujas médias variaram entre 10,6 a 12,3 ton/ha. Por fim, o híbrido H 08 foi o menos produtivo com média variando entre 4,8 a 5,1 ton/ha.

Tabela 6 - Produtividade de grãos (ton/ha) dos 20 híbridos simples avaliados no verão de 2015/16 e safrinha de 2016.

Híbrido	Fêmea	Macho	Toneladas/hectare	
			Verão 2015/16	Safrinha 2016
H 01	F66PW	M51	13.607 A	9.017 A
H 01C	F66CPW	M51	13.894 A	9.103 A
H 02	F16PW	M51	11.305 C	6.832 D
H 02C	F16CPW	M51	11.505 C	6.809 D
H 03	F20PW	M51	12.375 B	8.515 B
H 03C	F20CPW	M51	12.093 B	8.268 B
H 04	F25PW	M51	13.289 A	8.813 A
H 04C	F25CPW	M51	12.960 A	9.144 A
H 05	F21PW	M51	12.638 A	8.335 B
H 05C	F21CPW	M51	11.927 B	7.920 C
H 06	F66PW	M52	13.398 A	8.523 B
H 06C	F66CPW	M52	13.162 A	8.689 B
H 07	F16PW	M52	12.903 A	8.336 B
H 07C	F16CPW	M52	13.604 A	8.747 B
H 08	F20PW	M52	5.151 D	2.675 E
H 08C	F20CPW	M52	4.851 D	2.610 E
H 09	F25PW	M52	13.438 A	8.721 B
H 09C	F25CPW	M52	13.629 A	9.203 A
H 10	F21PW	M52	10.619 C	7.688 C
H 10C	F21CPW	M52	10.972 C	7.870 C
Híbridos de L. Fértéis			11.872 A	7.746 A
Híbridos de L. Estéreis			11.860 A	7.836 A
Média			11.866	7.791

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

1- Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 95% de probabilidade.

Apenas o híbrido H 05 apresentou diferença estatística significativa entre as versões, sendo a de citoplasma normal ou fértil superior à versão CMS-C.

Na safrinha 2016, os híbridos foram classificados em cinco grupos distintos. Os híbridos H 01, H 04 foram os mais produtivos com a média variando entre 8,8 a 9,2 ton/ha. Logo em seguida vieram os híbridos H 03, H 06 e H 07 cujas médias variaram entre 8,2 a 8,7 ton/ha. No terceiro e quarto grupos ficaram os híbridos H 10 e H 02 respectivamente. Por último, o híbrido H 08 foi o menos produtivo com média variando entre 2,61 a 2,67 ton/ha. Apenas os híbridos H 05 e H 09 apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as versões de citoplasma normal e CMS-C.

Na Tabela 7, está a produtividade de grãos mediante os parentais, com isso é possível apontar diferenças com base nos testadores e linhagens testadas. Como exemplo, os híbridos de M51 produziram, em média, 10,28 toneladas de grãos por hectare, enquanto os híbridos de M52 produziram 9,16 ton/ha. Paralelamente os híbridos de F66PW e F25PW foram os mais produtivos e sua média superou 11,0 ton/ha seguidos pelos híbridos de F21PW e F16PW. Por último, os híbridos de F20PW foram os menos produtivos e registraram média de 7,05 ton/ha.

Tabela 7 - Produtividade de grãos (ton/ha) dos 20 híbridos simples avaliados no verão 2015/16 e safrinha de 2016.

Linhagen	Testadores ¹		Média
	M51	M52	
F16CPW	8.960 D	10.920 A	9.930
F16PW	8.880 D	10.430 B	9.660
F20CPW	10.020 C	3.660 E	6.870
F20PW	10.440 B	3.940 E	7.230
F21CPW	9.760 C	9.260 D	9.510
F21PW	10.310 B	9.150 D	9.760
F25CPW	10.970 A	11.230 A	11.100
F25PW	11.270 A	10.880 A	11.060
F66CPW	11.300 A	10.740 B	11.020
F66PW	11.120 A	10.760 B	10.940
Linhagens estéreis	10.190 A	9.180 B	9.690
Linhagens férteis	10.370 A	9.140 B	9.730
Média	10.280 A	9.160 B	9.710

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

1- Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 95% de probabilidade.

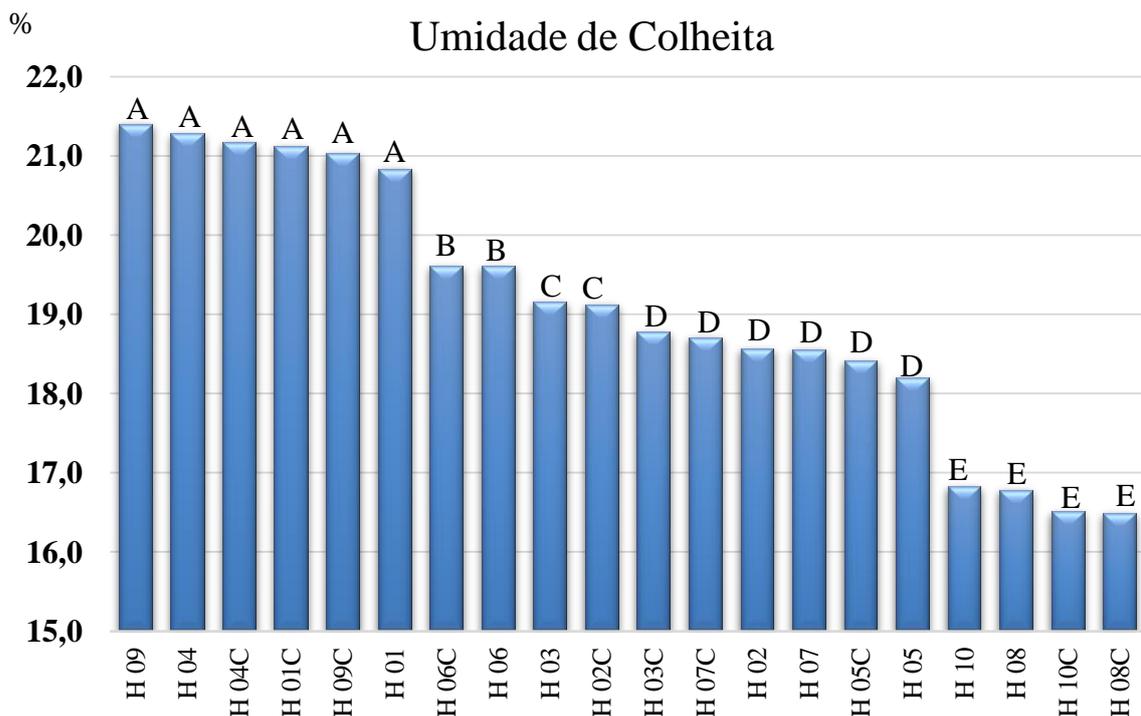
De acordo com o teste estatístico Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade dos dez híbridos testados nas duas versões, apenas três apresentaram diferenças significativas na produtividade de grãos. Mesmo assim, F20PW/M51, F21PW/M51 e F16PW/M52 tiveram suas produtividades bem próximas da versão CMS-C.

Embora alguns híbridos apresentassem diferenças significativas entre as versões de citoplasma normal e CMS-C, no conjunto de híbridos essa diferença foi apenas 42 kg/ha.

A partir daqui são apresentados os resultados dos demais caracteres agrônômicos e foi considerada apenas a análise conjunta das duas safras, com teste de média de Scott-Knott.

O próximo caráter estudado foi a umidade de colheita, na Tabela 5A do Apêndice é apresentado o resumo da análise de variância e abaixo, na Figura 8, um gráfico com a classificação dos 20 híbridos simples avaliados no verão de 2015/16 e safrinha de 2016.

Figura 8 - Umidade de colheita avaliada nos vinte híbridos simples no verão de 2015/16 e safrinha de 2016.



Legenda: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A umidade de colheita variou de 16,49% a 21,40%, o teste estatístico classificou os híbridos em cinco grupos distintos.

Os híbridos H 08 e H 10 foram mais precoces e suas umidades variaram de 16,49% a 16,83%. Já os híbridos H 01, H 04, H 09 foram classificados como os mais tardios, com umidade variando entre 20,84% a 21,40%. Por fim, os híbridos H 02, H 03, H 05 e H 07 foram classificados em três grupos intermediários e suas umidades variaram de 18,20% a 19,61%. Contudo apenas os híbridos H 02 e H03 apresentaram diferenças significativas entre as versões de citoplasma fértil ou normal e CMS-C.

Entretanto híbridos de citoplasma normal registraram média de 19,13% de umidade no grão e não apresentaram diferenças significativas em relação aos híbridos CMS-C cuja média foi de 19,11%.

Para o caráter altura de planta, altura de espiga e inserção de espiga, o resumo das análises de variância pode ser encontrado nas Tabelas 6A, 7A e 8A respectivamente. Abaixo na Tabela 8, estão as médias e a classificações dessas variáveis com base no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com relação à altura de planta, o teste estatístico classificou os híbridos em cinco grupos. Os híbridos H 01, H 04, H 05 e H 05C foram os mais altos, com altura de planta variando entre 216-220 centímetros. Os híbridos H 08 e H 08C foram os mais baixos com altura variando entre 162-167 cm, e os demais híbridos ficaram classificados nos grupos intermediários, cuja altura variou entre 195-213 cm. Apenas os híbridos H 02, H 05 e H 08 não apresentaram diferenças significativas na altura de planta quando comparados às versões de citoplasma normal e CMS-C.

Genericamente os híbridos de citoplasma fértil ou normal foram em média 5 cm mais altos que seu isogênico CMS-C. A única divergência ocorreu com o híbrido H 03C que foi 8 cm mais alto que H 03.

Tabela 8 - Altura de planta, altura de espiga e inserção de espiga avaliados nos 20 híbridos simples em três locais da safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.

Híbrido	Fêmea	Macho	Altura de Planta (cm)	Altura de Espiga (cm)	Inserção (AE/AP)
H 01	F66PW	M51	220 A	131 B	0.55 C
H 01C	F66CPW	M51	204 C	131 B	0.60 B
H 02	F16PW	M51	211 B	127 B	0.58 C
H 02C	F16CPW	M51	210 B	124 B	0.56 C
H 03	F20PW	M51	205 C	118 C	0.54 C
H 03C	F20CPW	M51	213 B	129 B	0.57 C
H 04	F25PW	M51	216 A	132 B	0.56 C
H 04C	F25CPW	M51	209 B	127 B	0.56 C
H 05	F21PW	M51	218 A	132 B	0.58 C
H 05C	F21CPW	M51	218 A	135 A	0.59 B
H 06	F66PW	M52	211 B	133 B	0.60 B
H 06C	F66CPW	M52	207 C	142 A	0.64 A
H 07	F16PW	M52	211 B	123 B	0.56 C
H 07C	F16CPW	M52	202 C	131 B	0.60 B
H 08	F20PW	M52	167 E	110 D	0.59 B
H 08C	F20CPW	M52	162 E	106 D	0.59 B
H 09	F25PW	M52	213 B	136 A	0.60 B
H 09C	F25CPW	M52	208 C	138 A	0.62 A
H 10	F21PW	M52	206 C	128 B	0.57 C
H 10C	F21CPW	M52	195 D	129 B	0.62 A
Híbridos de L. Fértéis			208 B	127 A	0.57 A
Híbridos de L. Estéreis			203 A	129 B	0.59 B
Média			205	128	0.58

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

1- Médias seguidas de mesma letra em ambas as colunas não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott 95% de probabilidade.

Para a altura de espiga, o teste estatístico classificou os híbridos em quatro grupos. Os híbridos H 05C, H 06, H 09 e H09C apresentaram as maiores alturas de espiga, que variaram entre 135-142 cm. Em contrapartida, os híbridos H 08 e H 08C apresentaram as menores alturas de espiga, com alturas variando entre 106-110 cm. Por fim, os demais híbridos foram classificados nos dois grupos intermediários cuja altura de espiga variaram entre 118-133 cm. Dos dez híbridos avaliados nas duas versões, apenas H 03, H 05 e H 06 apresentaram diferenças estatísticas significativas. Embora a maioria dos híbridos não apresentasse diferenças significativas, a média de altura de espiga dos híbridos CMS-C foi 2 cm mais alta que nos híbridos de citoplasma normal.

Outra característica importante no melhoramento do milho é a inserção de espiga. Esse caráter é obtido pela relação entre altura de espiga e altura da planta. Neste caso, seis dos dez

híbridos apresentaram diferenças significativas entre as versões de citoplasma normal e CMS-C. Apenas os híbridos H 02, H 03, H 04 e H 08 obtiveram a mesma classificação estatística, ou seja, não apresentaram diferenças significativas com base exclusivamente no citoplasma.

No entanto, a inserção de espiga dos híbridos CMS-C foi de 0,59, e um pouco acima em relação aos híbridos de citoplasma fértil ou normal que foi 0,57.

Outros caracteres importantes na cultura do milho são população de plantas por hectare e o percentual de plantas com quebramento de colmo e ou acamamento de raiz. Assim para representá-los foi avaliado o número de plantas na parcela ou stand final e o percentual de plantas acamadas e ou quebradas. O resumo das análises conjuntas de variância é apresentado nas Tabelas 9A e 10A respectivamente. Abaixo na Tabela 9, estão as médias e as classificações com base no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para as duas variáveis.

Com base na análise conjunta, o stand final variou de 38 a 54 plantas/parcela entre os 20 híbridos avaliados. O teste estatístico classificou os híbridos em três grupos distintos. Os híbridos H 01, H 02, H 05, H06, H 07 e H 10 ficaram classificados no primeiro grupo, cuja média variou entre 50-54 plantas/parcela, os híbridos H 03 e H 04 ficaram classificados no grupo intermediário e suas médias variaram entre 47-48 plantas/parcela. O híbrido H 08 obteve o pior stand entre os híbridos avaliados, sua média foi de 38 plantas/parcela. Apenas o híbrido H 09 obteve classificação distinta entre a versão de citoplasma fértil ou normal e CMS-C.

No entanto, a diferença entre os híbridos de citoplasma normal e CMS-C foi mínima e não significativa, uma vez que a média dos híbridos de citoplasma normal foi 49,3 plantas/parcela contra 49,6 plantas/parcela nos híbridos CMS-C.

O percentual de plantas acamadas e ou quebradas oscilou entre 0,34% a 17,66%, os híbridos foram classificados em três grupos com base no teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O híbrido H 08 ficou classificado no primeiro grupo e obteve o pior índice de acamamento e ou quebramento, sua média variou entre 16,39% a 17,66% para a versão de citoplasma normal e CMS-C respectivamente. Os híbridos H 05 e H 07 foram classificados no grupo intermediário cujas médias variaram entre 4,39% a 5,36% de plantas acamadas e ou quebradas. Por fim, os híbridos H 01, H 02, H 03, H 04 e H 09 foram classificados no grupo dos melhores híbridos para tolerância ao acamamento e quebramento, cujas médias variaram entre 0,34% a 3,10%. Apenas os híbridos H 06 e H 10 apresentaram diferenças significativas entre as versões de citoplasma fértil ou normal e CMS-C. No entanto, as diferenças entre híbridos de citoplasma normal e CMS-C foram de apenas 0,08%, sendo consideradas não significativas pelo teste estatístico aplicado.

Tabela 9 - *Stand* final e percentual de plantas acamadas e/ou quebradas avaliados em 20 híbridos simples em três locais da safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.

Híbrido	Fêmea	Macho	<i>Stand</i> Final	Acamamento + Quebramento
H 01	F66PW	M51	53 A	2.82 C
H 01C	F66CPW	M51	53 A	1.65 C
H 02	F16PW	M51	51 A	2.07 C
H 02C	F16CPW	M51	52 A	1.15 C
H 03	F20PW	M51	47 B	1.69 C
H 03C	F20CPW	M51	49 B	3.10 C
H 04	F25PW	M51	49 B	0.34 C
H 04C	F25CPW	M51	47 B	0.65 C
H 05	F21PW	M51	52 A	4.39 B
H 05C	F21CPW	M51	52 A	4.71 B
H 06	F66PW	M52	54 A	7.17 B
H 06C	F66CPW	M52	52 A	2.78 C
H 07	F16PW	M52	50 A	5.86 B
H 07C	F16CPW	M52	52 A	4.79 B
H 08	F20PW	M52	39 C	16.39 A
H 08C	F20CPW	M52	38 C	17.66 A
H 09	F25PW	M52	48 B	2.09 C
H 09C	F25CPW	M52	51 A	1.88 C
H 10	F21PW	M52	51 A	8.98 B
H 10C	F21CPW	M52	50 A	14.27 A
Híbridos de L. Férteis			49.3 A	5.18 A
Híbridos de L. Estéreis			49.6 A	5.26 A
Média			49.5	5.22

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Por fim logo, abaixo na Tabela 10, estão as avaliações de doenças foliares conforme escala Agrocerec (1993) adaptada, para as manchas foliares causadas por *Phaeosphaeria mayds* e *Cercospora mayds* respectivamente.

Tabela 10 - Escores¹ de doenças para Mancha de *Phaeosphaeria* e Cercosporiose avaliados em 20 híbridos simples em dois locais na safra de verão 2015/16 e safrinha de 2016.

Híbrido	Fêmea	Macho	PMS		GLS	
H 01	F66PW	M51	5	MS	7	R
H 01C	F66CPW	M51	4	MS	8	R
H 02	F16PW	M51	4	MS	6	MR
H 02C	F16CPW	M51	5	MS	7	R
H 03	F20PW	M51	6	MR	6	MR
H 03C	F20CPW	M51	6	MR	8	R
H 04	F25PW	M51	5	MS	7	R
H 04C	F25CPW	M51	5	MS	8	R
H 05	F21PW	M51	5	MS	7	R
H 05C	F21CPW	M51	5	MS	7	R
H 06	F66PW	M52	5	MS	7	R
H 06C	F66CPW	M52	5	MS	7	R
H 07	F16PW	M52	4	MS	4	MS
H 07C	F16CPW	M52	4	MS	4	MS
H 08	F20PW	M52	5	MS	4	MS
H 08C	F20CPW	M52	4	MS	4	MS
H 09	F25PW	M52	5	MS	8	R
H 09C	F25CPW	M52	6	MR	8	R
H 10	F21PW	M52	6	MR	5	MS
H 10C	F21CPW	M52	6	MR	3	S
Híbridos de L. Férteis			5	MS	6	MR
Híbridos de L. Estéreis			5	MS	6	MR
Média			5	MS	6	MR

Fonte: Elaborada pelo autor (2017)

1- Escala de danos foliares: 9 (0%) AR=altamente resistente; 8 (1%) R=resistente; 7(10%)R=resistente; 6 (20%) MR=medianamente resistente; 5 (30%) MS=medianamente suscetível; 4 (40%) MS=medianamente suscetível; 3 (60%) S=suscetível; 2 (80%) S=suscetível; 1 (>80%)AS= altamente suscetível.

Essas avaliações foram realizadas em Irai de Minas - MG no verão de 2015/16 e Indianópolis - MG na safrinha de 2016.

As notas de mancha de *Phaeosphaeria* oscilaram entre 4 a 6, ou seja, variaram de medianamente suscetível a medianamente resistentes. Os híbridos H 03, H 03C, H 09C, H 10 e H 10C foram os medianamente resistentes, os demais foram classificados como medianamente suscetíveis. Apenas o híbrido H 09 obteve classificação distinta em relação ao seu isogênico de CMS-C.

Para a *Cercospora mayds*, as notas variaram de 3 a 8, e os híbridos foram classificados entre suscetível e resistentes. Embora muitos genótipos apresentassem boa tolerância à cercosporiose nenhum híbrido foi classificado como altamente resistente. Os híbridos H 01, H 04, H 05, H 06 e H 09, obtiveram a classificação de resistentes e não diferiram das versões CMS-C. Nessa mesma lógica, os híbridos H 07 e H 08 foram classificados como

medianamente suscetíveis e não apresentaram diferenças dos seus isogênicos CMS-C. Em contrapartida os híbridos H02, H03 foram classificados como resistentes e medianamente resistentes com uma superioridade à versão CMS-C. Por fim, o híbrido H 10 obteve a classificação medianamente suscetível e suscetível com uma superioridade à versão de citoplasma normal.

5 DISCUSSÕES

Os experimentos foram conduzidos na safra de verão de 2015/16 e safrinha de 2016. A primeira respondeu por mais de 38% da produção nacional de milho, já a safrinha foi responsável por mais de 61% da produção brasileira de milho. Portanto os híbridos foram avaliados nas condições de cultivo do milho no Brasil.

No verão, utilizou-se de locais em que ocorre a maior concentração da produção. Assim envolveu os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Esses estados respondem por mais 40% da produção de milho no verão. Na safrinha, os experimentos foram instalados nos estados do Mato Grosso, Paraná, Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Esses estados são bem representativos no cultivo de milho de segunda safra e respondem por mais de 70% da produção de milho da safrinha (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015).

No verão de 2015/16, a média de produtividade dos experimentos variaram de 9,4 a 13,64 toneladas de grãos por hectare. É oportuno salientar que as condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura e o local de maior produtividade não utilizou irrigação, como ocorreu nos locais de Iguatama - MG, Varjão de Minas - MG, Perdizes - MG e Indianópolis - MG.

Na safrinha, foram registrados baixos índices pluviométricos e, com a escassez das chuvas, houve perdas de produtividade em grande parte das regiões produtoras, principalmente no Sudeste e Centro-oeste do país. Em função disso, as produtividades dos experimentos variaram de 3,15 toneladas a 10,6 toneladas por hectare.

Em qualquer experimento de campo, o que se deseja é que os resultados sejam fidedignos. Se isso ocorre, eles auxiliam os melhoristas, pois as informações podem ser usadas sem maiores restrições. Isso ocorreu em todos os 24 experimentos realizados. Veja que a acurácia experimental variou de 0,81 a 0,97. Segundo Resende e Duarte (2007), a acurácia experimental acima de 0,80 está classificada com o alto grau de precisão experimental.

A interação de híbridos por ambientes foi significativa, mostrando que o comportamento dos mesmos não foi coincidente nos diferentes ambientes, safras, e locais dentro de safras (RAMALHO et al., 2012). A ocorrência de interação híbridos por ambientes é muito frequente na cultura do milho no Brasil (COSTA et al., 2010).

Embora as interações de híbridos por ambientes fossem significativas, os contrastes que avaliam a média dos híbridos de citoplasma C perante sua versão fértil em todos os ambientes foi bem coincidente se for considerado o nível de significância ($P < 0,01$).

Constatou-se que o desempenho dos híbridos variou de acordo com o testador utilizado. Entretanto na média dos 24 ambientes, a diferença não foi expressiva. As linhagens utilizadas apresentaram comportamento diferente de acordo com o testador utilizado.

Neste trabalho, o foco era verificar o possível efeito do citoplasma Charruá ou CMS-C no desempenho produtivo do híbrido e verificar se ele difere entre os ambientes e ou com testador utilizado. Constatou-se em todas as análises, como já mencionado, que a média dos híbridos de citoplasma C foi de 9,68 toneladas/há e, com a versão de citoplasma normal ou fértil, foi de 9,71 toneladas/há.

Considerando o número de repetições por experimento, ambientes de avaliação, linhagens envolvidas e distintos testadores, cada média foi obtida a partir de 480 repetições, o que possibilita uma confiabilidade do resultado obtido.

Além da produtividade, foi possível comparar outros caracteres, tais como: umidade de colheita, altura de planta, altura de espiga, *stand*, doenças foliares, acamamento e quebramento.

A umidade de colheita está diretamente relacionada à produtividade de grãos, e associada ao ciclo de maturação do híbrido (FIORINI et al., 2015). Tal fato, é condição decisiva na escolha da cultivar a ser semeada, principalmente na safrinha, em que ocorrências de geadas e baixas pluviosidades são eminentes e podem provocar elevadas perdas na produtividade de grãos (FRANCO et al., 2013). Após a maturação fisiológica, os híbridos começam a perder água do grão e esse processo pode atrasar ou antecipar a colheita. Essa variação é benéfica quando o híbrido possui uma perda de água facilitada, pois mediante condições adversas como geadas no enchimento de grão ou chuvas intensas na colheita, essa característica pode minimizar perdas na qualidade do grão e diminuir os gastos com secagem e armazenamento (ANDRADE, 2015).

Embora a velocidade na secagem natural seja uma característica almejada pelos melhoristas, os híbridos de citoplasma estéril CMS-C obtiveram a mesma classificação dos híbridos de citoplasma normal ou fértil, ou seja, as alterações no DNA mitocondrial não foram suficientes para reduzir ou estender o ciclo vegetativo do híbrido.

Do mesmo modo o *stand* final não foi alterado em função do tipo de citoplasma. A priori, esperava-se que o *stand* pudesse ser mais homogêneo e uniforme nas parcelas de híbridos CMS-C, uma vez que a genitora feminina estéril poupou energia gasta na produção de pólen e pode cocompensá-la no enchimento do grão (FAGIOLI et al., 2010). Embora o número de locais avaliados não seja tão expressivo, os resultados foram bem coincidentes e a

maioria dos híbridos de citoplasma estéril tiveram a mesma classificação do seu isogênico fértil, salvo raras exceções.

O *stand* também pode interferir no percentual de plantas acamadas e no quebramento de colmo. Estudos com altas populações de plantas por hectare apontam elevados índices de acamamento e quebramento (MARCHAO et al., 2005). O percentual de plantas acamadas e com quebramento de colmo, influi indiretamente na produtividade de grãos, uma vez que essas plantas dificilmente serão captadas pela colhedora, além disso, as plantas que acamam ou quebram precocemente, sofrem má formação do grão, devido à dificuldade na migração de fotoassimilados para a espiga.

Diminuir o porte da planta e a altura de espiga são objetivos evidentes do melhoramento de milho. Revisando a literatura, vê-se que ambas as características sofreram modificações ao longo de décadas (DUVICK, 1984). Essas características estão associadas negativamente ao acamamento de raiz e quebramento do colmo, como apresentado no estudo de reguladores de crescimento de Spitzer et al. (2015).

Os resultados de altura da planta apresentaram fortes evidências que o citoplasma CMS-C promove uma redução no porte da planta e possivelmente a causa seja o encurtamento dos internódios superiores, ou seja, acima da espiga. Jovanovic et al. (2016) publicou resultados similares com linhagens de milho de diferentes citoplasmas.

Para a altura de espiga, embora a média dos híbridos CMS-C fosse de 2 cm mais alto, poucos híbridos apresentaram diferenças estatísticas significativas. Assim, sugere-se que essa diferença ocorreu devido a uma compensação no encurtamento dos internódios superiores, ou seja, houve uma alongação dos internódios inferiores.

A inserção de espiga é um caráter relevante no melhoramento do milho. A posição da espiga na planta altera o seu centro de gravidade e há várias pesquisas correlacionando esse caráter ao quebramento de colmo e acamamento de raiz (LIU et al., 2007). Plantas cuja inserção posicionam-se abaixo do meio da planta são desejadas por melhoristas, em contrapartida, as que estão acima do meio, tendem a sofrer mais com o efeito alavanca e potencializar os índices de quebramento abaixo da espiga e ou acamamento de raiz. Há híbridos comerciais registrados cuja inserção de espiga está posicionada acima do meio da planta (ARAÚJO et al. 2016). Neste caso o colmo e a raiz deverão ser fortes o bastante para suportar a carga da espiga sobre a planta.

Neste estudo o citoplasma causou diferenças significativas na inserção de espiga, embora os dados de quebramento e acamamento não fossem agravados por isso.

Stevanovic et al. (2014) encontraram resultados similares com linhagens para as caracteres porte, inserção de espiga e quebramento. Contudo, ainda não há evidências concretas que comprovam as causas dessas diferenças. Assim, estudos detalhados e conclusivos são requeridos para uma melhor elucidação da interferência do CMS-C nessas variáveis.

Histórico e economicamente, o uso de citoplasma macho estéril tipo T sofreu fortes críticas por conta da suscetibilidade a *Bipolaris maydis* (TATUM, 1971), por isso buscou-se neste trabalho avaliar as principais doenças cuja ocorrência e severidade são comuns nessas regiões durante a safra e safrinha. No entanto, a ocorrência da doença depende da presença do patógeno de um hospedeiro que ofereça baixa resistência genética e de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

Assim enfatiza-se que o uso de fungicidas associado a híbridos adaptados que ofereceram boa tolerância a doenças não permitiu o surgimento e desenvolvimento de outros patógenos como *Puccinia spp.*, *Exserohilum turcicum* e *Bipolaris maydis*, que causam ferrugens e helmintosporioses. Assim, foi feita a uma boa caracterização para Mancha Branca e Cercosporiose mediante uma condição de média a alta severidade.

Atualmente há diversas moléculas de fungicidas registradas para controle de doenças na cultura do milho (GRIGOLLI, 2014). No entanto, quando se trata de mancha branca, a eficácia dos fungicidas ainda é baixa, pois sua ação promove uma leve atenuação na curva de progresso da doença (Pereira et al., 2012). Dessa forma, a resistência genética associada ao uso de fungicidas evidentemente é a melhor ferramenta de controle do patógeno.

Neste estudo, houve uma pequena variação na resposta dos híbridos quanto à tolerância à mancha branca. Isso, nos remete a uma baixa variabilidade dos genótipos testados, uma vez que nenhum híbrido teve comportamento totalmente resistente ou suscetível. Genericamente os híbridos CMS-C não pioraram ou melhoraram o grau de tolerância à mancha branca quando comparados aos seus isogênicos de citoplasma normal ou fértil.

Para a cercosporiose, obteve-se uma melhor caracterização dos híbridos avaliados e a classificação dos genótipos variou de suscetível a resistente. No entanto, o citoplasma não contribuiu para essa condição, e no geral, os híbridos de citoplasma fértil ou normal obtiveram a mesma performance dos híbridos CMS-C.

A fim de estabelecer uma compreensão para os resultados discutidos até o presente momento, é sabido que o citoplasma vegetal tem duas organelas que possuem DNA. A organela relacionada com a macho esterilidade é a mitocôndria. Embora a mitocôndria tenha papel fundamental na respiração e na produção de energia, a maior parte do seu desempenho e

função advém da informação que está presente no núcleo. Isto porque o número de genes no DNA mitocondrial é muito pequeno, embora o genoma mitocondrial de milho seja um dos mais complexos, há entre 58 a 60 genes envolvidos em diferentes processos metabólicos (CHEN; LIU 2014; CLIFTON et al., 2004).

Desse modo, para ocorrer diferença entre os híbridos em função do citoplasma há, a princípio, duas possibilidades. Uma delas é que, embora a mitocôndria tenha poucos genes, eles poderiam ser influenciados pelo genótipo da linhagem utilizada como genitor recorrente ou por algum fator ambiental. Como exemplo, cita-se o caso do citoplasma T e a ocorrência de *Bipolaris maydis*. A outra possibilidade é que durante o retrocruzamento para a substituição do núcleo da linhagem doadora do citoplasma pelo núcleo da linhagem comercial, a transferência não foi de 100%. Nesse caso, o efeito desse “resíduo” de informação da linhagem doadora poderia acarretar diferença. Pelos resultados obtidos, através de duas safras bem representativas, número de locais e híbridos de diferentes *backgrounds*, pode-se inferir que o citoplasma C não afetou o desempenho agrônômico do híbrido e que os retrocruzamentos realizados para a transferência do núcleo foram eficientes. Não foram encontrados relatos a esse respeito na literatura que pudessem comprovar ou não os resultados obtidos neste trabalho.

Deve ser enfatizado, contudo, que esses resultados irão se constituir em um estímulo adicional para que as empresas adotem o citoplasma C como uma estratégia eficiente e segura para a redução do emprego de despendimento manual.

6 CONCLUSÕES

O uso do citoplasma charrua ou CMS-C para evitar o despendoamento manual se mostrou promissor porque não afeta o desempenho agronômico do híbrido. O comportamento dos híbridos com citoplasma C foi o mesmo do seu isogênico fértil independente do ambiente, do local, da safra, do parental cujo citoplasma foi incorporado e do testador utilizado.

REFERÊNCIAS

- AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade**. São Paulo: Sementes Agroceres, 1993. 56p.
- ANDRADE, J.C. **Qualidade do milho safrinha em função do tempo de transporte após a colheita**. 2015. 60 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, MS 2015.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2006. 438 p.
- ARAÚJO, L.S.; SILVA, L.G.B.; SILVEIRA, P.M.; RODRIGUES, F.; LIMA, L.M.P.; CUNHA, P.C.R. Desempenho agronômico de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agro@mbiente On-line**. V 10, n 4, p 334-341 . Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS – ABRASEM. **Anuário 2014**. Londrina: Abrasem, 2014. 52 p.
- BECKETT, J. B. Classification of male-sterile cytoplasm in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science Society of America**, New York, v. 11, n. 5, p. 724-727, Mar. 1971.
- BIUDES, G. B. **Eficiência e estabilidade da macho citoplasmática na obtenção de híbridos de milho**. 2012. 140 p. Tese (Doutorado Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- BODNAR, A. Those naughty plants! **Biology Fortified**, Stockton, 2010. Disponível em: <<http://www.biofortified.org/2010/01/naughty-plants/>>. Acesso em: 12 abr. 2012.
- BORÉN, A. **Hibridação artificial de plantas**. 2. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2009. 625 p.
- BOŽINOVIĆ, S. et al. The plus-hybrid effect on the grain yield of two ZP maize hybrids. **Genetika**, Beograd, v. 42, n. 3, 475–484, Jan. 2010.
- BUDAR, F.; PELLETIER, G. Male sterility in plants: occurrence, determinism, significance and use. **Comptes Rendus de L'académie des Sciences. Série III, Sciences de la Vie**, Paris, v. 324, n. 6, p. 543–550, June 2001.
- CHASE, C. D. Cytoplasmic male sterility: a window to the world of plant mitochondrial-nuclear interactions. **Trends in Genetics**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 81–90, Feb. 2007.
- CHEN, L.; LIU, Y. Male sterility and fertility restoration in crops. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 65, n. 5, p. 579–606, 2014.
- CHEN, W. C.; LUO, F. H.; JI, L. Y. Some genetic aspects of the C-type cytoplasmic male-sterility in maize and its use in breeding. **Acta Agronomica Sinica**, Oxford, v. 5, n. 4, p. 21–28, 1979.

CHUAN-GEN, L. et al. Plant temperature for sterile alteration of a temperature-sensitive genic male sterile rice, Peiai64S. **Agricultural Sciences in China**, Essex, v. 6, n. 11, p. 1283–1290, Nov. 2007.

CLASSIFICADOR de grãos e sementes Millex. **Dykrom Optoeletrônica**, Ribeirão Preto, 2017. Disponível em: <<http://www.dykrom.com.br/produtos/millex.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

CLIFTON, S. W. et al. Sequence and comparative analysis of the maize NB mitochondrial genome. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 136, n. 3, 3486–3503, Nov. 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2014. 141 p.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2015. 105 p.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2016. 158 p.

COSMIDES, L.; TOOBY, J. Cytoplasmic inheritance and intragenomic conflict. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 89, n. 1, p. 83-129, Mar. 1981.

COSTA, E. F. N. et al. Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1433-1440, dez. 2010.

CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 87).

_____. **Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade: safras 2008 e 2009**. Sete Lagoas: Embrapa, 2011. 10 p. (Circular Técnica, 160).

DEWEY, R. E.; KORTH, K. L. Molecular aspects of cytoplasmic male sterility in maize. **Biotechnology in Agriculture and Forestry**, Amsterdam, v. 25, p. 402–416, 1994.

DEWEY, R. E.; TIMOTHY, D. H.; LEVINGS, C. S. Chimeric mitochondrial genes expressed in the C male-sterile cytoplasm of maize. **Current Genetics**, New York, v. 20, n. 6, p. 475–482, Dec. 1991.

DOEBLEY, J. F.; SISCO, P. H. On the origin of the maize male sterile cytoplasm: it's completely unimportant, that's why it's so interesting. **Maize Genetics Cooperation News Letter**, Oxford, v. 63, p. 108-109, 1989.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção de milho transgênico**. Sete Lagoas: Embrapa, 2009. 15 p. (Circular Técnica, 127).

DUVICK, D. N.; Genetic Contributions to Yield Gains of U.S. Hybrid Maize, 1930 to 1980. **CSSA Special Publication 7**. p. 15–47, 1984.

DUVICK, D. N. Cytoplasmic pollen sterility in corn. **Advances in Genetics**, New York, v. 13, p. 1–56, 1965.

_____. Major United States crops in 1976. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 287, p. 86–96, Feb. 1977.

_____. Potential usefulness of new cytoplasmic male sterile and sterility system. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 27., 1972, Washington. **Proceedings...** Washington: **American Seed Trade Association**, 1972. p. 197–201.

_____. The use of cytoplasmic male-sterility in hybrid seed production. **Economic Botany**, Bronx, v. 13, n. 3, p. 167–195, July/Sept. 1959.

DUVICK, D. N.; SNYDER, R. J.; ANDERSON, E. C. The chromosomal location of Rf1, a restorer gene for cytoplasmic pollen sterile maize. **Genetics**, Austin, v. 46, n. 10, p. 1245–1252, Oct. 1961.

FAGIOLI, M.; SOUZA, N. O. S.; COSTA, E. N. Efeito do despendoamento e da desfolha na produtividade de milho híbrido e na qualidade fisiológica das sementes. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 1792–1798.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P. **Ocorrência e manejo de doenças foliares**. Brasília: Agroceres, 2013. 35 p.

FENG, P. C. C. et al. Improving hybrid seed production in corn with glyphosate-mediated male sterility. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 70, n. 2, p. 212–218, Feb. 2014.

FRANCO, A.N. et al. Sistemas de produção de milho safrinha no Paraná. **XII Seminário nacional de milho safrinha**. Dourados, MS p. 1–33, 2013.

FUJII, S. et al. Discovery of global genomic re-organization based on comparison of two newly sequenced rice mitochondrial genomes with cytoplasmic male sterility-related genes. **BMC Genomics**, London, v. 11, p. 209, 2010.

GABAY-LAUGHNAN, S. et al. Characterization of a novel thermosensitive restorer of fertility for cytoplasmic male sterility in maize. **Genetics**, Austin, v. 182, n. 1, p. 91–103, May 2009.

_____. Molecular-genetic characterization of CMS-S restorer-of-fertility alleles identified in mexican maize and teosinte. **Genetics**, Austin, v. 166, n. 2, p. 959–970, Feb. 2003.

GABAY-LAUGHNAN, S.; ZABALA, G.; LAUGHNAN, J. R. S-type cytoplasmic male sterility in maize. **Molecular Biology of Plant Mitochondria**, Essex, p. 395–432, 1995.

GIULIANI, C. et al. Programmed cell death during embryogenesis in maize. **Annals of Botany**, Oxford, v. 90, n. 2, p. 287–292, Aug. 2002.

GRAY, J. et al. Light-dependent death of maize lls1 cells is mediated by mature chloroplasts. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 130, n. 4, p. 1894–1907, Dec. 2002.

GRIGOLLI, J.F.J. – Fundação MS. **Doenças do milho safrinha**. [S.l.: s.n], 2014. Disponível em: < <http://www.fundacaoms.org.br/publicacoes>>. Acesso: 11 jun. 2017.

HERBOLD, H. **Agroceres 70 anos**. Brasília: DBA Editora, 2015. 89 p.

HORN, R.; FRIEDT, W. CMS sources in sunflower: different origin but same mechanism? **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 98, n. 2, p. 195–201, Feb. 1999.

HORN, R.; GUPTA, K. J.; COLOMBO, N. Mitochondrion role in molecular basis of cytoplasmic male sterility. **Mitochondrion**, Amsterdam, v. 19, p. 198–205, Nov. 2014.

HOWAD, W.; KEMPKEN, F. Cell type-specific loss of atp6 RNA editing in cytoplasmic male sterile *Sorghum bicolor*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 94, n. 20, p. 11090–11095, Sept. 1997.

HU, J.; HUANG, W.; HUANG, Q. Mitochondria and cytoplasmic male sterility in plants. **Mitochondrion**, Amsterdam, v. 19, p. 282–288, Nov. 2014.

HU, Y. M. et al. Identification and mapping of Rf-I an inhibitor of the Rf5 restorer gene for Cms-C in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 113, n. 2, p. 357–360, July 2006.

_____. Mitochondria and cytoplasmic male sterility in plants. **Mitochondrion**, Essex, v. 19, p. 282–288, 2014.

HUANG, L. et al. Expression characterization of genes for CMS-C in maize. **Protoplasma**, Leipzig, v. 249, n. 4, p. 1119–1127, Oct. 2012.

IRELAND, D. S. et al. Managing reproductive isolation in hybrid seed corn production. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 46, n. 4, p. 1445–1455, July 2006.

ISLAM, M. S. et al. Genetics and biology of cytoplasmic male sterility and its applications in forage and turf grass breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 133, n. 3, p. 299–312, June 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal**. São Paulo: IBGE, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/839>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

IVANOV, M. K.; DYMSHITS, G. M. Cytoplasmic male sterility and restoration of pollen fertility in higher plants. **Genetika**, Moskva, v. 43, n. 4, p. 451–468, Apr. 2007.

JAN, C. C.; VICK, B. A. Inheritance and allelic relationships of fertility restoration genes for seven new sources of male-sterile cytoplasm in sunflower. **Plant Breeding**, Berlin, v. 126, n. 2, p. 213–217, Apr. 2007.

JONES, D. F. The effect of inbreeding and crossbreeding upon development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 4, n. 8, p. 246–250, Aug. 1918.

JONES, D.; STINSON, H. T.; KHOO, H. Transmissible variations in the cytoplasm within species of higher plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 43, n. 7, p. 598–602, July 1957.

JONES, P. C. et al. Matching supply and demand: the value of a second chance in producing hybrid seed corn. **Manufacturing & Service Operations Management**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 122–137, 2001.

JOSEPHSON, L. M.; MORGAN, T. E. Genetics and inheritance of fertility restoration of male sterile cytoplasm in corn. In: CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 33., 1978, Washington. **Proceedings...** Washington: **American Seed Trade Association**, 1978.

JOVANOVIĆ, S. V.; et al. Effects of different types of cytoplasm on plant height of maize inbred. **VII International Scientific Agricultural Symposium . Agrosym 2016** p 525-530 Belgrado, Servia.

KAPOOR, S.; KOBAYASHI, A.; TAKATSUJI, H. Silencing of the tapetum-specific zinc finger gene TAZ1 causes premature degeneration of tapetum and pollen abortion in petunia. **The Plant Cell**, Rockville, v. 14, n. 10, p. 2353–2367, Oct. 2002.

KE, X. U. et al. Differential expression of mitochondrial proteins between C-type cytoplasmic male sterility line C48-2 and its maintainer line in maize. **Acta Agronomica Sinica**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 232–237, 2008.

KEMPE, K.; GILS, M. Pollination control technologies for hybrid breeding. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 27, n. 4, p. 417–437, Apr. 2011.

KHEYR-POUR A.; GRACEN, V. E.; EVERETT, H. L. Genetics of fertility restoration in the C-group of cytoplasmic male sterility in maize. **Genes**, Austin, v. 98, n. 2, p. 379–388, 1981.

KHOO, U.; STINSON JUNIOR, H. T. Free amino acid differences between cytoplasmic male sterile and normal fertile anthers. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 43, n. 7, p. 603–607, July 1957.

KLAAS, M. et al. Progress towards elucidating the mechanisms of self-incompatibility in the grasses: further insights from studies in *Lolium*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 108, n. 4, p. 677–685, Sept. 2011.

KLADNIK, A. et al. In situ detection of programmed cell death in the maize caryopsis. **Periodicum Biologorum**, Zagreb, v. 107, n. 1, p. 11–16, 2005.

KLOTZ-INGRAM, C. et al. Farm-level production effects related to the adoption of genetically modified cotton for pest management. **AgBioForum**, Missouri, v. 2, n. 2, p. 73–84, 1999.

KOHL, S. **Unraveling genetic factors controlling the restoration of fertility of C-type cytoplasmic male sterility in maize**. 2010. 101 p. Thesis (Doctor of Sciences) -Universität Hohenheim, Zurich, 2010.

KOMATUDA, A. S. et al. Influência de métodos de despedimento na produtividade e na qualidade das sementes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 359–368, 2006.

- KUMAR, A.; GUPTA, N. Applications of triploids in agriculture. (2015). In: BAHADUR, B. et al. (Ed.). **Plant biology and biotechnology**: volume 2. Amsterdam: Springer, 2015. p. 385-396.
- LASER, K. D.; LERSTEN, N. R. Anatomy and cytology of microsporogenesis in cytoplasmic male sterile angiosperms. **The Botanical Review**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 425-454, July 1972.
- LAUGHNAN, J. R.; GABAY-LAUGHNAN, S. Cytoplasmic male sterility in maize. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 17, p. 27-48, 1983.
- LAUGHNAN, J. R.; GABAY, S. J. Mutations leading to nuclear restoration of fertility in S male-sterile cytoplasm in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 43, n. 3/4, p. 109-116, Jan. 1973.
- LEVINGS, C. S. C. Thoughts on cytoplasmic male sterility in cms-T maize. **The Plant Cell**, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1285-1290, Oct. 1993.
- LEVINGS, C. S. et al. Cytoplasmic reversion of cms-S in maize: association with a transpositional event. **Science**, New York, v. 209, n. 4460, p. 1021-1023, Aug. 1980.
- LIU, Z.; PETER, S. O.; LONG, M. A PCR assay for rapid discrimination of sterile cytoplasm types in maize. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 45, p. 566-569, Mar. 2002.
- LU, Y. et al. Variation and patterns of DNA methylation in maize C-type CMS lines and their maintainers. **Journal Plant Biochemistry & Biotechnology**, Essex, v. 19, n. 1, p. 43-50, Jan. 2010.
- LI, Y. et al. The genetics relationships among plant-height traits found using multiple trait QTL mapping of a dent corn and popcorn cross. **Genome**; Toronto, v.50, n.4, p.357-364, 2007.
- LUNA, S. et al. Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1551-1557, June 2001.
- MAGALHÃES, P. C. et al. Efeito de diferentes técnicas de despedoamento na produção de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; DUARTE, J.B.; GUIMARÃES, C.M.; GOMES, J.A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entrelinhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, p.93- 101, 2005.
- NEWTON, K. J. et al. Involvement of S2 episomal sequences in the generation of NCS4 deletion mutation in maize mitochondria. **Developmental Genetics**, New York, v. 19, n. 3, p. 277-286, 1996.
- NEWTON, K. J. Mitochondrial mutations in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 50, n. 3, p. 349-359, 2005.

OJIEWO, C. O. et al. Effects of day-length and temperature on floral structure and fertility restoration in a season-dependent male-sterile *Solanum villosum* Mill. mutant. **Euphytica**, Wageningen, v. 158, n. 1, p. 231–240, Nov. 2007.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 650 p.

PELLETIER, G.; BUDAR, F. The molecular biology of cytoplasmically inherited male sterility and prospects for its engineering. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 18, n. 2, p. 121–125, Apr. 2007.

PEREIRA, F. H. **Influência do despedoamento e da desfolha na produção e na qualidade de sementes do milho**. 2007. 38 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Jaboticabal, 2007.

PEREIRA, J.L.; UZAN, J.; REZENDE, E.S.J.; UZAN, B.Z.; ALEXANDRE, N.O.; BATISTA, E.C. **Controle químico da mancha branca na cultura do milho**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, p. 504-510 Águas de Lindóia, SP, 2012.

PEREZ-PRAT, E. et al. Hybrid seed production and the challenge of propagating male-sterile plants. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 7, n. 5, p. 199–203, May 2002.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora da UFLA, 2012. 572 p.

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

RICE, M. E.; PILCHER, C. D. Potential benefits and limitations of transgenic Bt corn for management of the European corn borer (Lepidoptera: Crambidae). **American Entomologist**, Lanham, v. 44, n. 2, p. 75–78, July 1998.

RHOADES, M. M. Cytoplasmic inheritance of male sterility in *zea mays*. **Science**, New York, v. 73, n. 1891, p. 340–341, May 1931.

ROBLEDO, M. T. et al. Productivity of different combinations of two maize hybrids with andro-sterile and fertile seed. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, Texcoco, v. 1, n. 3, p. 273–287, jul./set. 2010.

_____. Eliminación de espiga y hojas en progenitores androestériles y fértiles de los híbridos trilineales de maíz H-47 y H-49 tassel and leaves removal in male sterile and male-fertile parental genotypes of three-way maize hybrids H-47 and H-49. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 36, n. 3, p. 245–250, jul./set. 2013.

ROGERS, J. S.; EDWARDSON, J. R. The utilization of cytoplasmic male-sterile inbreds in the production of corn hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, p. 8-13, 1952.

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

SHAMEL, A. D. “The effect of inbreeding in plants.” **Yearbook U. S. D. A.**, Baldwin City, p. 377-392, 1905.

SISCO, P. H. Duplications complicate genetic mapping of Rf4, a restorer gene for cms-C cytoplasmic male sterility in corn. **Crop Science Society of America**, New York, v. 31, n. 5, p. 1263-1266, Aug. 1991.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2001. 756 p.

SHULL, G. For a good discussion of inbreeding see. **The Journal of Heredity**, Uttar Pradesh, v. 4, n. 1, p. 296-301, 1908.

SILVA, N. O. et al. Genetic control of traits associated with maize seed quality. **Maydica**, Bergamo, v. 53, n. 1, p. 55–62, 2008.

SOFI, P.; RATHER, A.; WANI, S. Genetic and molecular basis of cytoplasmic male sterility in maize. **Communications in Biometry and Crop Science**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 49–60, 2007.

SOUZA, I. R. et al. **Ajuste de protocolo para detecção molecular do tipo de macho-esterilidade citoplasmática em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 22 p.

SOUZA, I. R. P. de. **Análise genética da restauração da fertilidade em milho (*Zea mays* L.) com macho-esterilidade citoplasmática tipo C**. 1988. 83 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

SOUZA, I. R. P. de; SARAIVA, L. S. Análise genética da restauração da fertilidade em milho (*Zea mays* L.) com citoplasma macho estéril do tipo C. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 303-312, 1989.

SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Cultivar development of allogamous crops. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, nesp., p. 8–15, jun. 2011.

SOUZA, V. F. de. **Microsporogênese em milho forrageiro (*Zea mays* L.)**. 2010. 47 p. Dissertação - (Mestrado em Genética em Melhoramento) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010a.

SOUZA, V. F. de. **Microsporogênese em milho forrageiro (*Zea mays* L.)**. 2010. 47 p. Dissertação - (Mestrado em Genética em Melhoramento) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010a.

SOUZA, V. F. **Microsporogênese em milho forrageiro**. 2010. 41 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010b.

SPITZER, T.; MISA, P.; BILOVSKY, J.; KAZDA, J. Management of maize stand height using growth regulators. **Plant Protection Science**, Praga, v. 51, p. 223–230, 2015.

STAMP, P. et al. Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 1587, n. 6, p. 1586–1587, 2000.

STAMP, P.; GUERRA-PERAZA, O.; NGUYEN, H. T. Low temperature stress in maize (*Zea mays* L.) induces genes involved in photosynthesis and signal transduction as studied by suppression subtractive hybridization. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 47, n. 2, p. 116–122, Feb. 2009.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1960. 481 p.

STEVANOVIC, M.; PAVLOV, J.; STANKOVIC, G.; CAMDZIJA, Z.; BOZINOVIC, S.; CREVAR, M.; VANCETOVIC J. A. **The effect of cytoplasmic male sterility on morphological traits of maize inbred line**. Fifth International Scientific Agricultural Symposium . Agrosym 2014 p 235-239 Belgrado, Servia.

TAGUCHI, K. et al. Hybrid breeding skewed the allelic frequencies of molecular variants derived from the locus for cytoplasmic male sterility in sugar beet (*L.*). **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 54, n. 4, p. 1407, Nov. 2014.

TANG, H. V. et al. Fertility restoration of the sorghum A3 male-sterile cytoplasm through a sporophytic mechanism derived from sudangrass. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 943–950, Aug. 2007.

TATUM, L. A. The southern corn leaf blight epidemic. **Science**, New York, v. 171, n. 3976, p. 1113–1116, Mar. 1971.

TIE, S.; XIA, J.; QIU, F. Genome-wide analysis of maize cytoplasmic male sterility-S based on QTL mapping. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 24, n. 1, p. 71–80, Mar. 2006.

TIMOFEJEVA, L. et al. Cytological characterization and allelism testing of anther developmental mutants identified in a screen of maize male sterile lines. **G3: genes - genomes – genetics**, Bethesda, v. 3, n. 2, p. 231–49, Feb. 2013.

TOLLENAAR, M.; AHMADZADEH, A.; LEE, E. A. Physiological basis of heterosis for grain yield in maize. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 44, n. 6, p. 2086–2094, Oct. 2004.

TOLLENAAR, M.; DWYER, L. M. Physiology of maize. In: SMITH, D. L.; HAMEL, C. (Ed.). **Crop yield, physiology and processes**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. p. 169–204.

TOUZET, P.; MEYER, E. H. Cytoplasmic male sterility and mitochondrial metabolism in plants. **Mitochondrion**, Amsterdam, v. 19, p. 166–171, Nov. 2014.

TRANEL, D.; KNAPP, A.; PERDOMO, A. Chilling effects during maize tassel development and the lack of compensational plasticity. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 49, n. 5, p. 1852–1858, 2009.

UATE, J. V. **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. 2016. 77 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Overview**. [S.l.: s.n], 2010. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/topics/farm-practices-management/biotechnology/>>. Acesso: 15 mar. 2016.

VANCETOVIC, J. et al. Combined S1-TC-RRS with consideration of cms and di-haploids in maize. **Genetika**, Moskva, v. 44, n. 1, p. 69–79, 2012a.

_____. Plus-hybrid system in maize (*Zea mays* L.) production: a new approach combining the effects of cytoplasmic male sterility and xenia for grain yield increase. In: JIMENEZ-LOPEZ, J. C. **Maize: cultivation, uses and health benefits**. New York: Nova Science, 2012b. p. 15-26.

_____. Potentially a new subtype of the cytoplasmic male sterility s- type in maize. **Genetika**, Moskva, v. 45, p. 145–151, 2013.

_____. The effects of cytoplasmic male sterility and xenia on the chemical composition of maize grain. **Genetika**, Moskva, v. 44, n. 1, p. 95–106, 2009.

_____. The structure of sterile cytoplasm types within a maize gene bank collection. **Genetika**, Moskva, v. 46, n. 7, p. 940–944, July 2010.

VASCONCELOS, C. A. et al. Práticas de despedimento em milho tropical e seus efeitos na nutrição mineral e eficiência nutricional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 353–358, 1995.

VENCOVSKY, R. et al. Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa, 1988. p. 300-307.

VENKATESH, T. V. et al. Compositional analysis of grain and forage from MON 87427, an inducible male sterile and tissue selective glyphosate-tolerant maize product for hybrid seed production. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 62, n. 8, p. 1964–1973, Feb. 2014.

VIDAKOVIC, M. Genetics of fertility restoration in cytoplasmic male sterility of the C-type (Cms-c) in maize. **Maydica**, Bergamo, v. 33, p. 51–64, 1988.

VIDAKOVIC, M.; VANCETOVIC, J.; VIDAKOVIC, M. The existence of a duplicated or parallel genetic system for fertility restoration in cmsC of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 42, p. 313–316, Jan. 1997.

WARMKE, H. E.; LEE, S. L. Pollen abortion in t cytoplasmic male-sterile corn (*Zea mays*): a suggested mechanism. **Science**, New York, v. 200, n. 4341, p. 561–563, May 1978.

- WEIDER, C. et al. Stability of cytoplasmic male sterility in maize under different environmental conditions. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 77–84, Jan. 2009.
- WEINGARTNER, U. et al. Combining cytoplasmic male sterility and Xenia increases grain yield of maize hybrids. **Crop Science Society of America**, Amsterdam, v. 42, n. 6, p. 1848–1856, Aug. 2002.
- WEINGARTNER, U.; CAMP, K.; STAMP, P. Impact of male sterility and xenia on grain quality traits of maize. **European Journal of Agronomy**, Essex, v. 21, n. 2, p. 239–247, Aug. 2004.
- XIE, H. et al. Genetic analysis of the related traits of flowering and silk for hybrid seed production in maize. **Genes and Genomics**, Oxford, v. 32, n. 1, p. 55–61, Feb. 2010.
- ZABALETA, E. et al. Transgenic male-sterile plant induced by an unedited atp9 gene is restored to fertility by inhibiting its expression with antisense RNA. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 93, n. 20, p. 11259–11263, Oct. 1996.
- ZHAN, X.; WU, H.; CHEUNG, A. Nuclear male sterility induced by pollen-specific expression of a ribonuclease. **Sexual Plant Reproduction**, Berlin, v. 9, n. 1, p. 35–43, Jan. 1996.

APÊNDICE A - TABELAS

Tabela 01A - Resumo da análise individual de variância para produtividade de grãos (toneladas/há) dos onze ambientes da safra de verão de 2015/16.

Fontes de Variação	GL	QM / Significância										
		Cascavel-PR	Castro-PR	Guarda Mor-MG	Iguatama-MG	Ind (1)-MG	Ind (2)-MG	Itararé-SP	Perdizes-MG	P. Olegário-MG	Uberaba-MG	V. de Minas-MG
Blocos (B)	1	0.008 ^{ns}	1.45 ^{ns}	0.589 ^{ns}	0.736 ^{ns}	0.043 ^{ns}	0.005 ^{ns}	2.172 ^{ns}	0.126 ^{ns}	0.156 ^{ns}	4.467*	3.248 ^{ns}
Híbridos (H)	19	15.53 ^{****}	16.412 ^{****}	17.285 ^{****}	25.382 ^{****}	13.296 ^{****}	14.469 ^{****}	9.376 ^{****}	12.695 ^{***}	20.178 ^{****}	17.484 ^{****}	12.072 ^{****}
Linhagens (L)	9	17.115 ^{****}	18.223 ^{****}	11.448 ^{****}	26.277 ^{****}	17.511 ^{****}	13.118 ^{****}	10.796 ^{****}	17.267 ^{****}	29.122 ^{****}	18.496 ^{****}	12.17 ^{****}
Linhagen Estéril (LE)	4	28.655 ^{****}	19.474 ^{****}	10.158 ^{***}	34.802 ^{***}	13.004 ^{**}	14.407 ^{***}	15.064 ^{****}	20.339 ^{**}	32.824 ^{****}	21.193 ^{***}	19.09 ^{ns}
Linhagen Fértil (LF)	4	9.185 ^{****}	21.039 ^{****}	15.421 ^{***}	24.135 ^{**}	26.02 ^{****}	15.043 ^{***}	9.157 ^{***}	18.311 ^{***}	30.827 ^{****}	20.401 ^{****}	8.07 ^{**}
LE vs LF	1	2.678 ^{ns}	1.957 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.92 ^{ns}	1.508 ^{ns}	0.267 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.802 ^{ns}	7.489*	0.087 ^{ns}	0.886 ^{ns}
Testadores (T)	1	22.517 ^{****}	12.84 ^{***}	34.928 ^{****}	102.113 ^{****}	0.238 ^{ns}	14.015 ^{**}	34.057 ^{****}	0.769 ^{ns}	25.902 ^{****}	25.586 ^{****}	13.826 ^{***}
T x L	9	13.169 ^{****}	14.997 ^{****}	21.162 ^{****}	15.961 ^{***}	10.533 ^{***}	15.871 ^{****}	5.213 ^{****}	9.448 ^{**}	10.597 ^{****}	15.573 ^{****}	11.778 ^{****}
T x LE	4	17.807 ^{***}	19.671 ^{****}	25.337 ^{****}	16.943 ^{**}	9.585 ^{**}	17.112 ^{***}	9.007 ^{***}	14.768*	13.554 ^{***}	17.268 ^{***}	11.231 ^{ns}
T x LF	4	11.803 ^{****}	13.688 ^{****}	22.042 ^{***}	18.841 ^{**}	14.021 ^{***}	18.541 ^{***}	2.721*	5.421 ^{**}	10.249 ^{****}	17.426 ^{****}	14.865 ^{***}
T (LS vs LF)	1	0.083 ^{ns}	1.54 ^{ns}	0.94 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.374 ^{ns}	0.227 ^{ns}	0 ^{ns}	4.276 ^{ns}	0.167 ^{ns}	1.375 ^{ns}	1.622 ^{ns}
Resíduo	19	1.01	0.92	1.70	3.31	2.11	1.73	0.73	2.85	1.94	1.16	1.46
Média		11.695	12.739	10.685	12.901	11.847	11.446	11.962	10.987	9.408	13.645	13.240
r _{gg}		0.967	0.971	0.950	0.933	0.917	0.938	0.960	0.881	0.951	0.966	0.938

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

****, ***, **, *: Significativo pelo teste F a 0.1%, 1%, 5% e 10% respectivamente

Tabela 2^a - Resumo da análise individual de variância para produtividade de grãos (toneladas/há) nos treze ambientes da safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM / Significância												
		Sta T. Itaipu-PR	Cascavel-Pr	Cambé-Pr	Palotina-PR	Maracá-SP	Guaíra-SP	Araguari-MG	Indianópolis-MG	Montividiu-GO	N. Mutum-MT	P. Leste-MT	Sapezal-MT	Sorriso-MT
Blocos (B)	1	0.2 ^{ns}	6.32 ^{**}	0.926 ^{ns}	2.755 ^{ns}	3.859 ^{**}	1.09 ^{ns}	0.189 ^{ns}	0.051 ^{ns}	1.67 ^{ns}	1.008 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.868 ^{ns}	1.326 ^{ns}
Híbridos (H)	19	25.994 ^{****}	9.1 ^{****}	7.301 ^{****}	12.271 ^{****}	4.262 ^{****}	17.614 ^{****}	5.947 ^{****}	8.706 ^{****}	6.757 ^{****}	5.118 ^{****}	1.137 ^{***}	5.478 ^{**}	6.275 ^{****}
Linhagens (L)	9	32.469 ^{****}	8.754 ^{****}	7.351 ^{***}	9.765 ^{****}	3.906 ^{****}	18.566 ^{****}	5.531 ^{****}	6.294 ^{***}	6.786 ^{***}	7.63 ^{****}	0.773 ^{**}	5.827 ^{**}	4.442 ^{****}
Linhagen Estéril (LE)	4	31.936 ^{****}	11.51 ^{**}	10.139 ^{***}	10.82 ^{****}	6.01 ^{***}	14.955 ^{****}	7.317 ^{***}	6.099 ^{**}	8.117 ^{***}	3.288 ^{**}	1.328 ^{**}	10.515 ^{**}	8.228 ^{****}
Linhagen Fértil (LF)	4	39.934 ^{****}	7.747 ^{****}	6.379 [*]	11.083 ^{***}	2.776 ^{**}	26.047 ^{****}	3.872 ^{**}	8.052 ^{***}	6.59 ^{**}	13.382 ^{****}	0.287 ^{ns}	1.539 ^{ns}	1.484 [*]
LE vs LF	1	4.74 [*]	1.754 ^{ns}	0.084 ^{ns}	0.271 ^{ns}	0.011 ^{ns}	3.089 ^{ns}	5.024 ^{**}	0.045 ^{ns}	2.243 ^{ns}	1.466 [*]	0.039 ^{ns}	4.223 ^{ns}	0.088 ^{ns}
Testadores (T)	1	55.5 ^{****}	12.982 ^{***}	22.99 ^{****}	13.179 ^{***}	17.334 ^{****}	11.779 ^{**}	3.013 [*]	2.102 ^{ns}	0.452 ^{ns}	0.487 ^{ns}	0.456 ^{ns}	3.359 ^{ns}	6.047 ^{***}
T x L	9	15.02 ^{****}	9.014 ^{****}	5.509 ^{***}	14.676 ^{****}	3.166 ^{***}	17.273 ^{****}	6.69 ^{****}	11.851 ^{****}	7.429 ^{****}	2.549 ^{****}	1.736 ^{***}	5.332 ^{**}	8.365 ^{****}
T x LE	4	18.884 ^{****}	6.278 ^{ns}	3.628 ^{**}	21.058 ^{****}	5.039 ^{***}	23.366 ^{****}	9.149 ^{***}	16.756 ^{***}	6.516 ^{**}	4.013 ^{**}	2.977 ^{***}	7.685 [*]	10.15 ^{****}
T x LF	4	13.691 ^{***}	13.911 ^{****}	8.657 ^{**}	11.953 ^{***}	1.798 [*]	14.897 ^{**}	5.872 ^{***}	9.489 ^{***}	10.187 ^{***}	0.526 ^{ns}	0.556 ^{ns}	0.295 ^{ns}	7.804 ^{****}
T (LS vs LF)	1	3.55 ^{ns}	0.371 ^{ns}	0.444 ^{ns}	0.041 ^{ns}	1.148 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.125 ^{ns}	1.683 ^{ns}	0.049 ^{ns}	0.272 ^{ns}	2.619 ^{***}	5.998 [*]	0.7 ^{ns}
Resíduo	19	1.201	1.40	1.49	0.99	0.63	1.78	0.80	1.17	1.31	0.48	0.26	1.87	0.44
Média		10.679	10.30	7.72	8.09	6.34	10.48	5.27	7.52	8.56	6.02	3.15	9.00	7.85
r _{gg}		0.977	0.920	0.892	0.959	0.923	0.948	0.930	0.930	0.898	0.952	0.878	0.812	0.964

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

****, ***, **, * : Significativo pelo teste F a 0.1%, 1% , 5% e 10% respectivamente
ns = não significativo.

Tabela 03 A - Resumo da análise conjunta de variância da produtividade de grãos (toneladas/hectare) obtidos nas avaliações dos 11 ambientes do verão 2015/2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)
Ambientes (A)	10	61.02	0.00
Híbridos (H)	19	141.25	0.00
Repetição (Amb)	11	1.21	0.73
Linhagen (L)	9	154.45	0.00
Linhagen Estéril (LE)	4	186.20	0.00
Linhagen Fértil (LF)	4	161.28	0.00
LE vs LF	1	0.00	0.95
Testador (T)	1	210.35	0.00
T x L	9	120.45	0.00
T x LE	4	141.08	0.00
T x LF	4	129.25	0.00
T x (LE vs LF)	1	2.70	0.21
A x H	190	3.29	0.00
A x L	90	3.71	0.00
A x T	10	7.23	0.00
A x L x T	90	2.43	0.02
Resíduo	207	1.70	
Média		11.86	
r_{gg}		0.99	

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 04 A - Resumo da análise conjunta de variância da produtividade de grãos (toneladas/hectare) obtidos nas avaliações dos 13 ambientes da Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)
Ambientes (A)	12	172.00	0.00
Híbridos (H)	19	86.02	0.00
Repetição (Amb)	13	1.41	0.21
Linhagen (L)	9	88.00	0.00
Linhagen Estéril (LE)	4	103.13	0.00
Linhagen Fértil (LF)	4	94.68	0.00
LE vs LF	1	0.70	0.41
Testador (T)	1	76.69	0.00
T x L	9	85.02	0.00
T x LE	4	108.85	0.00
T x LF	4	82.35	0.00
T x (LE vs LF)	1	0.20	0.67
A x H	217	2.28	0.00
A x L	107	2.33	0.00
A x T	12	6.33	0.00
A x L x T	98	1.74	0.00
Resíduo	234	1.08	
Média		7.83	
r_{gg}		0.99	

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 5A - Resumo da análise conjunta de variância para umidade de grãos (%) obtidos nas avaliações de vinte e quatro locais no verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	24	1.79	0.03	
Ambientes (A)	23	1114.90	0.00	
Híbridos (H)	9	279.84	0.00	
Citoplasma (C)	1	0.57	0.47	
	H x C	9	2.29	0.03
	A x H	207	6.88	0.00
	A x C	23	1.48	0.12
	A x H x C	206	1.52	0.00
Resíduo	449	1.08		
Média		19.12		
r_{gg}		0.998		

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 6A - Resumo da análise conjunta de variância para altura de planta (cm) obtidos nas avaliações de três locais do verão de 2015/16 e safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	3	212.10	0.00	
Ambientes (A)	2	23827.70	0.00	
Híbridos (H)	9	2723.20	0.00	
Citoplasma (C)	1	700.80	0.00	
	H x C	9	130.90	0.00
	A x H	18	162.20	0.00
	A x C	2	87.70	0.12
	A x H x C	18	50.40	0.24
Resíduo	57	39.70		
Média		205.17		
r_{gg}		0.993		

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 7A - Resumo da análise conjunta de variância da altura de espiga (cm) obtidos das avaliações de 4 ambientes nas safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	4	41.10	0.53	
Ambientes (A)	3	18283.80	0.00	
Híbridos (H)	9	1113.70	0.00	
Citoplasma (C)	1	230.40	0.04	
	H x C	9	124.70	0.02
	A x H	27	92.10	0.03
	A x C	3	144.80	0.05
	A x H x C	27	50.00	0.52
Resíduo	76	51.70		
Média		128.08		
		0.977		
r_{gg}				

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 8A - Resumo da análise conjunta de variância da inserção de espiga (AE/AP) obtidos das avaliações de 3 ambientes das safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	3	0.00	0.72	
Ambientes (A)	2	0.03	0.00	
Híbridos (H)	9	0.01	0.00	
Citoplasma (C)	1	0.01	0.00	
	H x C	9	0.00	0.02
	A x H	18	0.00	0.53
	A x C	2	0.00	0.11
	A x H x C	18	0.00	0.29
Resíduo	57	0.00		
Média		0.58		
		0.923		
r_{gg}				

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 9A - Resumo da análise conjunta de variância do número de plantas da parcela obtidos das avaliações de 13 ambientes das safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	13	13.40	0.94	
Ambientes (A)	12	1138.31	0.00	
Híbridos (H)	9	1007.60	0.00	
Citoplasma (C)	1	14.89	0.48	
	H x C	9	38.64	0.22
	A x H	108	50.55	0.00
	A x C	12	43.03	0.13
	A x H x C	108	30.37	0.39
Resíduo	247	29.17		
Média		49.46		
		0.985		
r_{gg}				

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)

Tabela 10A - Resumo da análise conjunta de variância do percentual de plantas acamadas e/ou quebradas nas avaliações de 13 ambientes das safras verão de 2015/16 e Safrinha de 2016.

Fontes de Variação	GL	QM	Pr (>F)	
Blocos (Amb)	14	80.31	0.41	
Ambientes (A)	13	791.86	0.00	
Híbridos (H)	9	1516.38	0.00	
Citoplasma (C)	1	1.03	0.91	
	H x C	9	84.76	0.36
	A x H	117	386.23	0.00
	A x C	13	78.04	0.44
	A x H x C	117	93.44	0.10
Resíduo	266	77.15		
Média		5.22		
		0.974		
r_{gg}				

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016)