

WALTER ALVARENGA RODRIGUES

VARIABILIDADE PARA TEOR DE TANINO EM SORGO
(*Sorghum bicolor* L.). SEU CONTROLE GENÉTICO E
ASSOCIAÇÃO COM A RESISTÊNCIA À PÁSSAROS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de plantas, apresentação do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

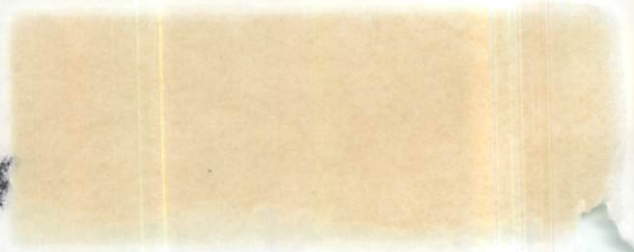
WALTER ALVAREGA RODRIGUES

WALTER ALVAREGA RODRIGUES

ASSOCIAÇÃO COM A RESISTÊNCIA À PASSAROS
SEU CONTROLE GENÉTICO E
DE TANINO EM SORGO

Investigação apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras como parte das
exigências do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, área de conhecimento
em Genética e Melhoramento de plantas, ps
seção do grau de MESTRE.

1991



INSTITUTO DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

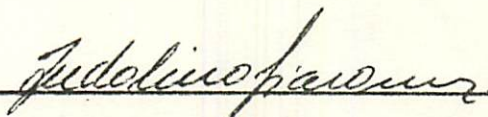
1991

**VARIABILIDADE PARA TEOR DE TANINO
EM SORGO (*Sorghum bicolor* L.),
SEU CONTROLE GENÉTICO E
ASSOCIAÇÃO COM A RESISTÊNCIA A
PÁSSAROS**

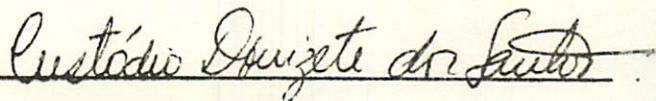
APROVADA:



Dr. Edilson Paiva
Pesquisador III CNPMS/EMBRAPA
(Orientador)



Dr. Fredolino Giacomini dos Santos
Pesquisador III CNPMS/EMBRAPA



Dr. Custódio Donizete dos Santos
Prof. Adjunto IV/ESAL

À minha irmã Solange e
sobrinhas Emília e Eleonora

OFEREÇO

Ao Professor

Luiz Antônio de Bastos Andrade

DEDICO

HOMENAGEM

*À memória de meus pais Orlando e Maria Tereza
e de minha irmã Marília
pelo esforço e sacrifício que dispensaram,
para meu crescimento moral e educacional.*

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) pela oportunidade concedida.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA) pelo apoio e facilidades proporcionadas na condução dos experimentos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Edilson Paiva pela orientação, apoio, estímulo, confiança e consideração demonstrada.

Ao professor Magno A.P. Ramalho pelas valiosas sugestões, amizade, disponibilidade e ensinamentos transmitidos.

Aos professores João Bosco dos Santos e César Augusto Brasil P. Pinto pelos ensinamentos transmitidos.

Aos pesquisadores José Avelino dos Santos Rodrigues e Fredolino Giacomini dos Santos pelas valiosas sugestões e auxílio na condução dos experimentos.

Ao pesquisador Paulo César Magalhães pela amizade, apoio,

estímulo e confiança.

À pesquisadora Vânia Déa de Carvalho pela colaboração, amizade, disponibilidade e confiança.

Aos pesquisadores da AGROCERES Dr. Paulo Ribás e Cláudio P. Zago pela disponibilidade e valiosas sugestões.

Ao pesquisador Antônio Carlos Oliveira pela realização das análises estatísticas.

Ao Pedro Ivo e demais funcionários do setor de melhoramento de sorgo do CNPMS/EMBRAPA pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos laboratoristas do CNPMS/EMBRAPA Miguel Reis e José Eduardo Filho e colegas Alberto Vilarinhos e Cláudio Brondani pelo convívio e amizade.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial Eder F. Arriel, Ronan Gualberto, Fernando Ferreira Leão, Joaquim A. de Azevedo Filho, Nair H.C. de Castro e Andréa L. Cunha pelo companheirismo, convívio e amizade.

Ao amigo Carlos Alberto de Bastos Andrade pelo incentivo, estímulo e companheirismo.

Aos meus irmãos, que participaram ativamente de minha formação.

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

Enfim, a Deus, por tudo.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Natureza química dos compostos fenólicos	3
2.2. Formação do complexo tanino-proteína	8
2.3. Dinâmica dos compostos fenólicos ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão de sorgo	10
2.4. Teor de tanino e resistência A pássaros	12
2.5. Correlações entre o teor de tanino e a cor do grão de sorgo	15
2.6. Efeitos antinutricionais dos taninos	15
2.7. Métodos de determinação do teor de taninos	18
2.8. Controle genético do teor de tanino em sorgo	20
2.9. Cruzamentos dialélicos	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Local e época	25
3.2. Materiais genéticos avaliados	25

3.3. Delineamento experimental	26
3.4. Condução dos experimentos	27
3.5. Características avaliadas	28
3.5.1. Teor de tanino no grão	28
3.5.2. Dano causado por pássaros	30
3.6. Análise dos dados	31
3.7. Análise do dialelo	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Teor de tanino ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	36
4.2. Teor de tanino na matéria verde do grão e correlações com o dano causado por pássaros	42
4.3. Resultado da análise do cruzamento dialélico parcial	53
5. CONCLUSÕES	58
6. RESUMO	59
7. SUMMARY	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Materiais genéticos avaliados nos experimentos .	26
2	Esquema da análise de variância para a percentagem de tanino na matéria verde nas fases de grão pastoso e de colheita	34
3	Resumo das análises de variância para o teor de tanino (%) na matéria seca (MS) e matéria verde (MV) nas fases de grão leitoso, grão pastoso, maturação fisiológica e fase de colheita dos genótipos avaliados em outubro de 1989	37
4	Percentagem de tanino total na matéria seca nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC)	39
5	Percentagem de tanino na matéria seca nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC) nas frações água, metanol 50% e metanol PA	41

Tabela

Página

6	Percentagem de tanino total na matéria verde (T) e dano causado por pássaros (D) nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC) no experimento de outubro de 1989	44
7	Percentagem de tanino na matéria verde nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC) nas frações água, metanol 50% e metanol PA	46
8	Resumo da análise de variância para a percentagem de tanino na matéria verde dos grãos nas fases de grão pastoso e de colheita	54
9	Estimativas da capacidade geral de combinação (\hat{g}) obtida para o teor de tanino no sorgo ; para as linhagens avaliadas nas fases de grão pastoso, de colheita e na média	56
10	Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) obtida para o teor de tanino no sorgo para os híbridos nas fases de grão pastoso, de colheita e na média	57

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fórmulas estruturais do ácido ferúlico e ácido vanílico. A - Ácido ferúlico (ácido 3-metoxi-4-hidroxi-cinâmico) é um exemplo de derivado do ácido cinâmico. B - Ácido vanílico (ácido 3-metoxi-4-hidroxi-benzóico) é um exemplo de derivado do ácido benzóico	4
2	Estrutura básica dos flavonóides	5
3	Estrutura de um polímero de proantocianidina (tanino)	7
4	Representação da formação do complexo tanino-proteína	10
5.I	Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	48
5.II	Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	49

Figura		Página
5.III	Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	50
5.IV	Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	51
5.V	Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão	52

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores causas de redução na produção de sorgo em todo o mundo é a depredação causada pelo ataque de pássaros (BULLARD & YORK, 1984). No Brasil, os pássaros podem provocar grandes perdas à cultura do sorgo principalmente na região sul do país. Devido a esse fato, nessa região, a produção é limitada na maioria das vezes à utilização de cultivares com alto teor de tanino no grão, que confere uma certa resistência (McMILLIAN et alii, 1972; TIPTON et alii, 1970).

Além da resistência a pássaros, o sorgo de alto tanino no grão confere redução na germinação do grão na panícula (HARRIS & BURNS, 1970) e maior resistência ao desenvolvimento de fungos causadores da podridão no grão antes da colheita (HARRIS & BURNS, 1973). Entretanto, seu valor nutritivo é inferior ao sorgo de baixo tanino (HAHN et alii, 1984), isto porque o alto conteúdo de tanino além de reduzir a digestibilidade através da precipitação de proteínas, também reduz a palatabilidade da ração devido à adstringência, causando, em consequência, um menor ganho de peso aos animais (BUTLER & ROGLER, s.d.).

No Brasil, os programas de melhoramento genético que

visam identificar linhagens de sorgo resistentes a pássaros são conduzidos sem um melhor conhecimento da síntese e da dinâmica dos taninos ao longo da maturação dos grãos, bem como da variabilidade existente entre os materiais genéticos para estes compostos.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho é verificar a variabilidade existente entre diversos materiais genéticos quanto ao teor de tanino e resistência a pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão e também obter informações sobre o controle genético do caráter visando orientar futuros trabalhos de melhoramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Natureza química dos compostos fenólicos

Os compostos fenólicos no sorgo compreendem um amplo grupo estruturalmente relacionado, muitos dos quais com estrutura química não definida (BUTLER & ROGLER, s.d.). Estes compostos podem afetar a cor, a aparência e a qualidade nutricional do grão (HAHN et alii, 1984).

Os compostos fenólicos em sorgo podem ser divididos em três grupos básicos: ácidos fenólicos, flavonóides e taninos. Todo sorgo contém ácidos fenólicos e muitos contêm flavonóides. Somente o sorgo com alto teor de tanino e resistente a pássaros contém tanino condensado (HAHN et alii, 1984).

Os ácidos fenólicos são derivados do ácido benzóico (ex. ácido vanílico) ou ácido cinâmico (ex. ácido ferúlico), cujas fórmulas estruturais são apresentadas na Figura 1. Nos grãos dos cereais, os ácidos fenólicos são ácidos livres, solúveis ou insolúveis em ésteres e estão concentrados nas camadas externas dos grãos (pericarpo, testa e aleurona). Somente os insolúveis são encontrados no endosperma do grão e parecem estar associados à

parede celular (HAHN et alii, 1983; BUTLER, 1989b).

Os ácidos fenólicos aparentemente não têm efeito adverso na qualidade nutricional do sorgo mas podem causar cor indesejável a alguns alimentos quando processados em condições alcalinas como as tortilhas (HAHN et alii, 1984).

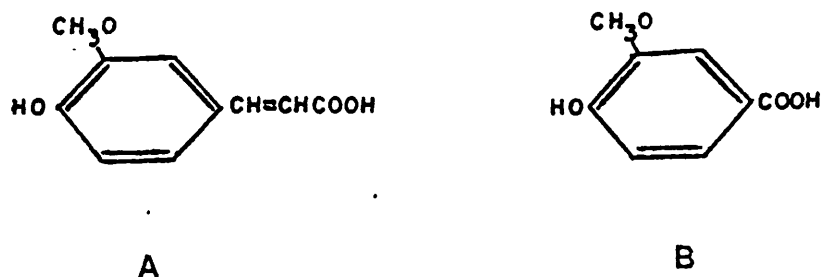


FIGURA 1 - Fórmulas estruturais do ácido ferúlico e ácido vanílico.

A - Ácido ferúlico (ácido 3-metoxi-4-hidroxi-cinâmico) é um exemplo de derivado do ácido cinâmico. B - Ácido vanílico (ácido 3-metoxi-4-hidroxi-benzóico) é um exemplo de derivado do ácido benzóico.

A hidrólise em solução de hidróxido de sódio fornece elevadas quantidades de ácidos fenólicos podendo representar até 14% dos compostos fenólicos extraídos do grão (Ring et alii, 1985 segundo BUTLER, 1989b).

Os flavonóides constituem-se em um amplo grupo de compostos fenólicos encontrado nas plantas. A figura 2 mostra a estrutura geral dos flavonóides (CHEN et alii, 1981).

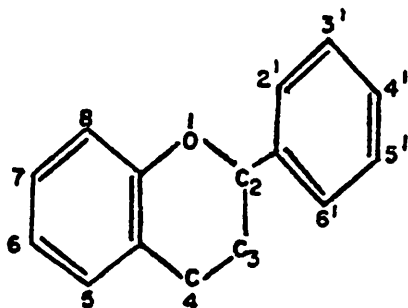


FIGURA 2 - Estrutura básica dos flavonóides.

Compostos denominados flavones, flavonols e flavans são considerados os principais componentes deste grupo, sendo que os flavans são encontrados em maior quantidade no sorgo. Flavan-3-en-3-ols (dupla ligação entre C_3 e C_4 , hidroxila no C_3), é denominado de antocianidina sendo o maior constituinte dos flavans. Flavan-3-ols (hidroxila no C_3) são conhecidos por catequina ou 4-deoxileucoantocianidina. Flavan-3,4-diols (hidroxila no C_3 e C_4) são conhecidos por leucoantocianidina que em presença de ácidos derivados de minerais produz antocianidina de coloração vermelha. Em plantas, antocianidina e leucoantocianidina existem na maioria das vezes como glicosídeos na posição 3 ou 7 e são conhecidos como antocianina e leucoantocianina, respectivamente. Antocianina é um dos principais pigmentos em muitas flores, caules e folhas (CHEN et alii, 1981).

Os taninos compreendem um grupo de compostos fenólicos

encontrados principalmente em frutos verdes e plantas da família *graminae* (HAHN et alii, 1984). No grão de sorgo, são localizadas principalmente na testa (EARP et alii, 1983) mas tem sido verificada sua ocorrência, também, no pericarpo (BULLARD et alii, 1981; GLENNIE, 1983). A testa corresponde a um tecido altamente pigmentado localizado logo abaixo do pericarpo em algumas cultivares de sorgo (ROONEY & SULLINS, 1976). O termo tanino origina-se da expressão "tanning" que significa curtir a pele dos animais transformando-a em couro (HAHN et alii, 1984); Isto é possível porque os taninos se ligam ao colágeno que é uma proteína constituinte da pele dos animais (BUTLER & ROGLER, s.d.).

Existem duas classes de taninos: hidrolizáveis e condensados. Os taninos hidrolizáveis (ex. ácido tânico) decompõem-se em açúcares e ácido fenólico (ex. ácido gálico ou ácido elágico) quando tratados com ácidos, bases ou alguma enzima hidrolítica (tanase). Em sorgo, encontra-se predominantemente tanino condensado, que é um polímero resultante da condensação de unidades de flavan-3-ol, (Figura 3). Este polímero é referido como proantocianidina, porque antocianidina é liberada quando ele é tratado com ácidos derivados de minerais (HAHN et alii, 1984).

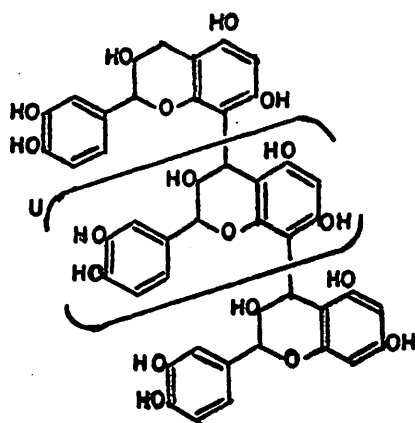


FIGURA 3 - Estrutura de um polímero de proantocianidina (tanino).

Proantocianidina não é detectada no grão de sorgo inicialmente formado. Durante os primeiros estádios de desenvolvimento, monômeros de flavonóides são sintetizados nos grãos, e, com a maturação dos grãos, unidades destes monômeros são condensados para formar polímeros oligoméricos de proantocianidina de 4 a 6 unidades. Os taninos são os compostos fenólicos extraídos em maior proporção nos grãos de sorgo (HAHN et alii, 1984).

2.2. Formação do complexo tanino-proteína

Uma característica importante dos taninos é a sua capacidade de se ligar às proteínas (BUTLER, 1989b). Assim sendo, consideráveis esforços são direcionados no sentido de elucidar o modo específico de interação entre tanino e proteína, e vários mecanismos desta interação são propostos (OH et alii, 1980). Uma das propostas admite que a formação e a estabilidade do complexo tanino-proteína parece ser devido principalmente a formação de pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas (BUTLER et alii, 1984).

Sabe-se também, que os taninos possuem maior afinidade pelas proteínas do grupo das prolaminas, que são ricas no aminoácido prolina, possuem conformação mais aberta e flexível e são relativamente hidrofóbicas (BUTLER et alii, 1984). Esta seletividade dos taninos pelas prolaminas, do ponto de vista nutricional, pode ser considerada menos prejudicial, isto porque o tanino forma complexos, preferencialmente, com proteínas de qualidade nutricional inferior, deficientes em alguns aminoácidos essenciais (BUTLER, 1989c).

A interação entre tanino condensado e poliaminoácidos em solução livre foi estudada por OH et alii (1980). Estes estudos indicaram que o número de radicais metil no polímero de aminoácidos foi positivamente correlacionado com a magnitude da interação.

Quanto à estrutura e propriedade dos polifenóis que são importantes para a formação do complexo tanino-proteína, três

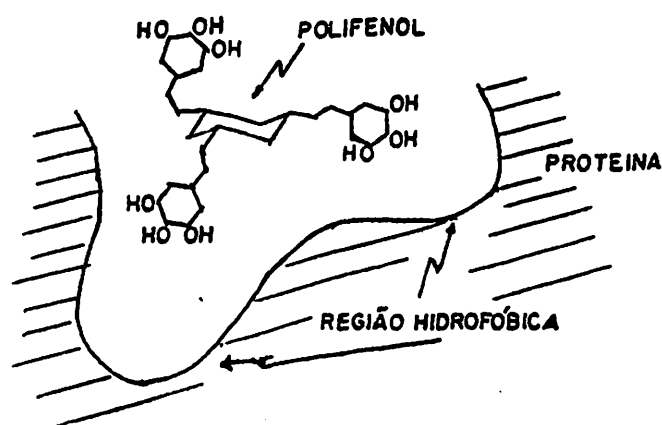
características devem ser consideradas, segundo revisão de SPENCER et alii (1988):

a) Tamanho da molécula do polifenol: moléculas maiores são mais eficazes na associação com a proteína.

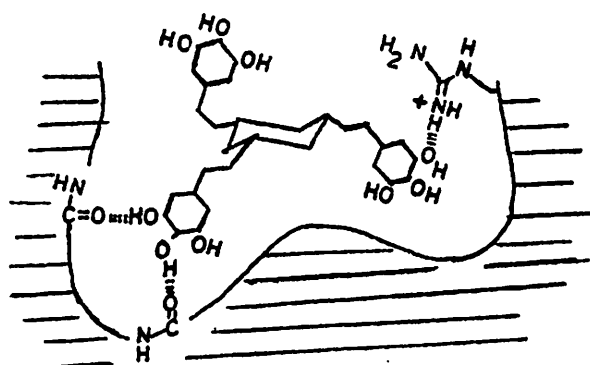
b) Conformação flexível do polifenol: quando a molécula sofre retração, facilita a ligação do polifenol à sítios da proteína.

c) Solubilidade do polifenol: uma relação inversa existe entre a força de associação com a proteína e a solubilidade em água do polifenol. Baixa solubilidade favorece fortemente esta associação.

Em uma descrição detalhada da associação de polifenóis com proteínas, SPENCER et alii (1988) atribuem essa relação a um fenômeno de superfície considerando duas fases distintas: na primeira, a proteína aproxima-se do polifenol por meios de interações hidrofóbicas a sítios ou regiões preferencialmente com anéis aromáticos (Figura 4.I). A segunda fase caracteriza-se pela formação de pontes de hidrogênio entre resíduos fenólicos e grupos polares da proteína (Figura 4.II).



(I)



(II)

FIGURA 4 - Representação da formação do complexo tanino - proteína.

2.3. Dinâmica dos compostos fenólicos ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão de sorgo

A constituição genética e o estágio de maturação são causas de variação no teor de tanino ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão. Pesquisas realizadas com o objetivo de

quantificar o teor de tanino ao longo da maturação do grão são divergentes entre si. Em alguns casos o conteúdo de ácido tânico não variou com a maturação do grão (TIPTON et alii, 1970), porém, em outras situações foram detectadas variações (BUTLER et alii, 1982; DOHERTY et alii, 1987).

Avaliando 12 híbridos de sorgo granífero e forrageiro quanto ao teor de tanino na matéria seca ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão, MONTGOMERY et alii (1986) observaram reduções significativas no teor de tanino entre as fases de grão leitoso, pastoso e maturação fisiológica em sorgo com alto teor de tanino. No entanto, não se observou diferenças significativas entre estas fases para o sorgo com baixo teor de tanino no grão. Por outro lado, TIPTON et alii (1970) não encontraram diferenças significativas entre híbridos de sorgo quanto ao teor de ácido tânico ao longo da maturação do grão.

O conteúdo de tanino na matéria seca do grão em cultivares de sorgo com alto e baixo tanino aos 30 e 60 dias após o florescimento foi determinado por ROGLER & BUTLER (s.d.). Os resultados mostraram maior teor de tanino para o sorgo de alto tanino aos 30 dias após o florescimento que correspondeu a 65% mais de tanino quando comparado aos teores obtidos aos 60 dias. No entanto, o teor de tanino ao longo da maturação do grão não foi alterado nas cultivares de baixo teor de tanino.

Níveis máximos de tanino na matéria seca foram observados por DOHERTY et alii (1987) aos 15 dias após a antese, declinando a seguir com a maturação do grão. Resultados semelhantes foram

obtidos por BUTLER (1982) analisando a matéria verde do grão de sorgo de alto tanino.

Avaliando seis híbridos de sorgo granífero quanto ao teor de ácido tânico na matéria seca do grão aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após o florescimento, RUBIOLLO et alii (1985) observaram diferenças significativas entre épocas de determinação de ácido tânico, sendo que as maiores variações foram observadas para as cultivares que apresentaram alto teor de tanino na fase final de maturação.

2.4. Teor de tanino e resistência a pássaros

O dano causado por pássaros ao sorgo é bastante severo em muitas regiões e a obtenção de linhagens de sorgo resistente a pássaros (não preferência) é parte integrante de muitos programas de pesquisas (McMILLIAN et alii, 1972).

A presença relativa de altos níveis de tanino é muitas vezes associado à resistência ao dano causado por pássaros e o termo alto tanino e resistência a pássaros são usualmente referidos como sinônimos quando aplicados ao sorgo (BUTLER, 1989a).

A resistência a pássaros se deve ao sabor amargo do grão no estágio leitoso e início de grão pastoso (York et alii, 1982 segundo TIPTON et alii, 1970). Assim os pássaros preferem consumir outros alimentos mais palatáveis do que o sorgo de alto teor de tanino (HAHN et alii, 1984).

Cultivares de sorgo resistentes e susceptíveis a pássaros foram avaliadas por TIPTON et alii (1970). Os resultados mostraram que o teor de ácido tânico e compostos adstringentes totais foram oito e quatro vezes maior em híbridos resistentes do que em híbridos susceptíveis a pássaros, respectivamente.

Diversos materiais genéticos foram avaliados por McMILLIAN et alii (1972) que observaram uma correlação negativa ($r = -0,62^{**}$) entre o teor de tanino no grão e o dano causado por pássaros. Entretanto, várias linhagens com teor relativamente baixo de tanino apresentaram dano intermediário.

Genótipos apresentando baixo teor de tanino e resistência a pássaros também foram observados por SUBRAMANIAN et alii (1983), o que confirma a opinião de REED et alii (1987) de que cultivares de sorgo podem ser resistentes a pássaros e possuírem baixo teor de tanino.

A resistência a pássaros devido aos taninos na fase de grão leitoso pode ser resultante da natureza do processo de alimentação do pássaro. Quando o grão está no estágio leitoso, o pássaro sente adstringência ao alimentar-se do grão. No entanto, quando o grão está no estágio pastoso o pássaro não consegue esmagá-lo, mas ele remove o grão da panícula e o ingere integralmente. Tal procedimento alimentício impede a detecção de qualquer substância que lhe seja prejudicial ou de paladar desagradável (Prine et alii, 1967 segundo TIPTON et alii, 1970).

Varietades com panículas abertas parecem oferecer maior resistência ao dano causado por pássaros. Segundo TIPTON et alii

(1970), o empoleiramento dos pássaros seria mais fácil em panículas mais compactas que em panículas mais abertas. Esta situação foi observada em estudos realizados por estes autores em que cultivares de sorgo com panículas mais compactas, em geral, apresentaram maior dano.

A resistência se deve à rejeição, pelos pássaros, do grão contendo tanino. Este comportamento pode ser relativo considerando-se fatores como a população de pássaros e a disponibilidade de outros alimentos mais palatáveis (HARRIS et alii, 1970).

Quando o termo tanino é usado, se refere a sua forma altamente polimerizada. Não existem evidências de efeito antinutricional de outras classes de polifenóis em sorgo. Desta forma a resistência a pássaros pode ser conferida por compostos fenólicos que não são taninos e se encontram na forma não polimerizada, portanto, não comprometendo a qualidade nutritiva do sorgo (BUTLER, 1989b).

Cultivares de sorgo podem ter alto teor de tanino e serem resistentes a pássaros nos estádios iniciais de maturação do grão, quando os pássaros causam maior dano e baixo teor de tanino e provavelmente alta qualidade nutritiva no estágio final de maturação. Isto é possível adotando-se estratégias em programas de melhoramento genético que conduzam a obtenção deste tipo de material (Butler et alii, 1980 citados por SUBRAMANIAM et alii, 1983).

2.5. Correlações entre o teor de tanino e a cor do grão de sorgo

Muitas cultivares de sorgo resistentes a pássaros possuem o pericarpo com a coloração marrom escura. Isto tem conduzido à falsa associação entre a cor do pericarpo e a presença de pigmentos nos tegumentos internos dos grãos. Contudo, tem sido encontrado cultivares de sorgo com coloração branca do tegumento com alto teor de tanino. Provavelmente isso possa estar ocorrendo devido a esses sorgos possuírem pigmentos internamente nos grãos (HOSENEY et alii, 1981).

Várias linhagens de sorgo foram caracterizadas por REICHERT et alii (1988) que verificaram algumas com coloração marrom intensa do grão e possuíam muito pouco tanino. Por outro lado, algumas linhagens com ausência de pigmentação marrom ou avermelhada possuíam mais de 1% de tanino e foram caracterizadas como de alto teor de tanino. Os autores concluíram que a cor do grão como indicador do teor de tanino pode conduzir a erros.

2.6. Efeitos antinutricionais dos taninos

Os taninos são amplamente distribuídos nas plantas e ocorrem em vários tecidos utilizados como alimento pelos animais. A presença de taninos está associada ao menor valor nutritivo e baixa atividade biológica de macromoléculas como proteínas e carboidratos, bem como de aminoácidos, vitaminas e minerais

(Deshpande & Cheryan, 1985; Makkar et alii, 1987, citados por MAKKAR, 1989).

Os taninos produzem vários efeitos indesejáveis na dieta. Produzem cor indesejável à ração e devido à adstringência diminuem sua palatabilidade. Eles podem formar complexos com as proteínas da dieta, interferindo no processo de digestão dos alimentos (BUTLER & ROGLER, s.d.).

A afirmação de que os taninos são inibidores de enzimas digestivas "in vivo" é um equívoco (MOLE & WATERMAN, 1987). As enzimas digestivas podem manter sua atividade "in vivo" em presença de taninos, isto porque substâncias detergentes e condições de pH desfavoráveis impedem os taninos de formarem complexos com as proteínas (Martin et alii, 1987 citados por BUTLER, 1989a). Os níveis de atividades das enzimas dos animais alimentados com dietas contendo tanino apresentam-se normais (Griffiths et alii, 1980, citados por BUTLER, 1989a).

A diferença entre a digestibilidade do sorgo de alto e baixo tanino se deve à formação do complexo tanino-proteína, segundo SHAFFERT et alii (1974). Estes autores concluíram que o principal fator limitante na utilização de sorgo de alto tanino é, aparentemente, a baixa disponibilidade de proteína.

Cultivares de sorgo com grãos de coloração marrom apresentaram menores valores para a digestibilidade da matéria seca, percentagem de proteína e digestibilidade da proteína do que variedades com grãos de coloração branca, vermelha ou amarela em estudos conduzidos por HARRIS et alii (1970), que verificaram

também, uma correlação negativa ($r = -0,90^{**}$) entre o teor de tanino e a digestibilidade da matéria seca.

A digestibilidade da matéria seca de sorgo com baixo e alto tanino após 48 horas de fermentação foi de 72,5 e 46,4% respectivamente, em trabalhos conduzidos por SCHAFFERT et alii (1974). No entanto, com a adição de uréia, a digestibilidade aumentou para níveis de 93,4 e 79,2% para genótipos de baixo e alto tanino, respectivamente.

Avaliando híbridos de sorgo, MONTGOMERY et alii (1986) verificaram uma correlação negativa ($r = -0,66^{**}$) entre o teor de tanino e a digestibilidade da matéria seca no estágio de grão pastoso, cujo resultado foi semelhante ao obtido por REED et alii (1987).

De acordo com BUTLER (1989b), não existem evidências de efeito antinutricional de outras classes de polifenóis que não seja tanino na sua forma polimerizada. Entretanto, Rostango (1972) citado por SCHAFFERT et alii (1974), verificou que a disponibilidade de aminoácidos foi reduzida quando ácido tânico foi adicionado à dieta. O autor verificou também que o sorgo de alto tanino apresentou aproximadamente 66% menos aminoácidos disponíveis do que sorgo de baixo tanino. O ganho de peso e a eficiência alimentar dos pintos em ambos, sorgo de alto e de baixo tanino, melhorou significativamente quando aminoácidos essenciais foram adicionados à dieta a níveis encontrados no milho (*Zea mays* L.).

É essencial, especialmente em países em desenvolvimento, manter as vantagens agronômicas associadas ao tanino e ao mesmo

tempo encontrar meios para vencer sua característica antinutricional. Para tanto, pode-se realizar a remoção química ou mecânica de pigmentos fenólicos da camada externa do grão de sorgo com alto tanino (MWASARU et alii, 1988).

Vários trabalhos em que os autores obtiveram sucesso utilizando a remoção química dos taninos com água, HCl ou substâncias básicas como hidróxido de amônio, hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio são relacionados por HOSENEY et alii (1981). Por outro lado, a remoção mecânica de pigmentos fenólicos das camadas externas do grão de variedades de sorgo de alto e baixo tanino foi avaliada por CHIBBER et alii (1978). O procedimento permitiu a remoção de até 37% das camadas externas do grão e redução de 98% de tanino do grão.

2.7. Métodos de determinação do teor de taninos

Os métodos disponíveis para quantificar taninos podem ser divididos em duas classes: aqueles que utilizam as propriedades químicas, ou seja, a capacidade dos compostos fenólicos reagirem com outras substâncias com o desenvolvimento de cor e aqueles que utilizam as propriedades físicas, isto é, a capacidade dos compostos fenólicos de precipitar as proteínas. A vantagem do método de precipitação de proteínas é que eles medem a atividade biológica dos taninos nos alimentos ou forragem. Geralmente as facilidades disponíveis e o número de amostras a serem analisadas

determinam o método a ser utilizado (MAKKAR, 1989).

A determinação do conteúdo de tanino em cereais apresenta vários problemas. O primeiro é que os taninos são contaminados por compostos fenólicos que não precipitam proteínas. Assim, métodos que medem compostos fenólicos totais não são satisfatórios. O segundo maior problema é a dificuldade de isolamento de taninos, com estrutura conhecida, para usá-los como padrão. Terceiro, ambos tanino hidrolizável e tanino condensado precipitam proteínas, mas eles são do ponto de vista químico, completamente diferentes (HOSENEY et alii, 1981).

Muitos trabalhos são realizados utilizando-se o método de precipitação de proteínas para estimar o teor de taninos em sorgo. Entretanto, diferenças no peso e conformação molecular dos taninos podem influenciar a interação entre tanino e proteína e assim causar resultados divergentes (HOSENEY et alii, 1981).

Métodos para determinar o conteúdo de taninos utilizando a propriedade dos taninos de precipitarem as proteínas são propostos por HAGERMAN & BUTLER (1978), MAKKAR et alii (1988) e MARKS et alii (1987).

Métodos colorimétricos são amplamente utilizados, principalmente devido a sua simplicidade e sensibilidade. Estes incluem: Folin-Ciocalteu, Folin-Denis e Azul da Prússia para fenóis totais; Vanilina-HCl para catequina e butanol-HCl para protoantocianidina. Entretanto, estes não são específicos e não distinguem fenóis de baixo peso molecular (que não têm efeito adverso na qualidade nutricional) de polifenóis que afetam a qualidade

nutricional (Deshapande et alii, 1986 citado por MAKKAR, 1989).

O método vanilina-HCl descrito por BURNS (1971) parece ser o melhor método para se determinar o teor de tanino em sorgo (HOSENEY et alii, 1981). PRICE et alii (1978) faz críticas ao método pelo fato de o mesmo superestimar o conteúdo de tanino. No entanto, os resultados obtidos com este método são altamente correlacionados com a digestibilidade da matéria seca (HOSENEY et alii, 1981).

Em estudos conduzidos por BANDA-NYIRENDA et alii (1987), diversos materiais genéticos de sorgo foram avaliados quanto ao teor de tanino no grão, utilizando-se diferentes métodos. O método Azul da Prússia descrito por PRICE & BUTLER (1977) apresentou valores menores. Por sua vez o método Folin-Denis (A.O.A.C., 1960) apresentou valores mais altos. O método vanilina-HCl (PRICE et alii, 1978; EARP et alii, 1981) apresentou valores intermediários para o teor de tanino no grão. EARP et alii (1981), também encontraram diferenças significativas no teor de tanino dependendo do método utilizado.

2.8. Controle genético do teor de tanino em sorgo

A pigmentação do pericarpo e testa no grão de sorgo se deve a compostos fenólicos. A cor e provavelmente os fenóis em sorgo são controlados por combinações dos genes R, Y, I, B₁, B₂, S e pelo gene T_p (HAHN et alii, 1984).

Os genes R e Y determinam quando o pericarpo é branco, bronze ou vermelho. O pericarpo é branco quando os alelos do gene Y são recessivos (rryy ou R__yy). O pericarpo é bronze quando um dos alelos do gene Y é dominante e os alelos do gene R são recessivos (rrY__). O pericarpo será vermelho quando um ou ambos os alelos dos genes R e Y são dominantes (R__Y__). Há ainda o gene I que controla a intensidade de cor do pericarpo. Este efeito é mais pronunciado quando a cor do pericarpo é vermelha (R__Y__) (HAHN et alii, 1984).

A presença dos pigmentos na testa é controlada pelos genes complementares B₁ e B₂. Quando ambos são dominantes (B₁__B₂__) existirá pigmentação na testa. Se um ou ambos os genes possuem alelos recessivos (b₁b₁ B₂__, B₁__ b₂b₂ ou b₁b₁ b₂b₂) a pigmentação na testa é ausente. Os alelos dominantes dos genes B₁ e B₂ parecem controlar a polimerização de flavans (antocianidina) para polímeros de flavan-3-ol (taninos). Se a testa está presente, a cor do pericarpo é marrom quando um dos alelos do gene S é dominante. A intensidade da cor marrom depende da constituição genética do pericarpo (branco, bronze ou vermelho). O gene S controla a presença de pigmentos e possível síntese de tanino no pericarpo. Quando um dos alelos do gene S é dominante, mais fenóis e taninos são sintetizados no pericarpo e testa (HAHN et alii, 1984). Por seu turno, a cor púrpura da testa ocorre quando os alelos do gene Tp são recessivos (tp tp) e marrom quando é dominante (Tp__) (HAHN et alii, 1984).

Sorgo sem pigmentação na testa (b₁b₁ B₂__, B₁__ b₂b₂ ou

b_1, b_1, b_2, b_2) são classificados como sorgo do grupo I de acordo com o Serviço de Inspeção Federal de Grãos (FGIS-USDA) dos Estados Unidos. Sorgo com pigmentação na testa, com os alelos do gene S recessivos ($B_1_ B_2_ ss$) são classificados como grupo I e aqueles com pigmentação na testa e um dos alelos do gene S dominante ($B_1_ B_2_ S_$) são classificados como grupo III e possuem altos teores de tanino com grande redução do valor nutritivo (HAHN et alii, 1984).

A herança do teor de tanino em sorgo foi estudada por WOODRUFF et alii (1982) que avaliaram 13 populações F_2 e verificaram valor intermediário a alto para a herdabilidade no sentido amplo. O alto teor de tanino foi dominante em relação a baixo teor de tanino e estes resultados estão coerentes com aqueles apresentados por BOORA & LODHI (1982) que verificaram a predominância de variância genética não aditiva controlando o caráter teor de tanino em forragem de sorgo.

2.9. Cruzamentos dialélicos

Os cruzamentos dialélicos são considerados uma técnica importante pelos melhoristas de plantas, pois auxiliam na escolha de parentais para a condução de um programa de melhoramento por hibridação (GARDNER & EBERHART, 1966).

Um sistema de cruzamentos dialélicos se referem a todos os possíveis cruzamentos dois a dois entre um grupo de parentais

(n), gerando n^2 combinações possíveis que correspondem aos n parentais, $n(n-1)/2$ híbridos simples e $n(n-1)/2$ recíprocos dos híbridos simples (JINKS & HAYMAN, 1953; GRIFFING, 1956). A exclusão dos recíprocos normalmente é realizada, uma vez que seus efeitos são desprezíveis para a maioria dos caracteres das plantas e neste caso tem-se $n(n+1)/2$ tratamentos experimentais, ou seja $n(n-1)/2$ híbridos e os n parentais.

Entretanto, devido ao excessivo número de parentais ou a falta de interesse em se avaliar todos os possíveis cruzamentos, mas apenas algumas combinações, pode-se avaliar, por exemplo, um grupo de materiais cruzado com outro grupo, tendo assim o que se denomina de cruzamento dialélico parcial (KEMPTHORNE & CURNOW, 1961; FYFE & GILBERT, 1963). Esses cruzamentos podem ser avaliados em vários ambientes de acordo com a metodologia proposta por OLIVEIRA et alii (1987), que permite obter estimativas de interações dos componentes de médias por ambientes, os quais auxiliam o melhorista na condução de seu programa.

Existem basicamente três métodos de análise dos cruzamentos dialélicos: JINKS & HAYMAN (1953); GRIFFING (1956) e GARDNER & EBERHART (1966). Esses métodos são escolhidos em função, principalmente, do tipo de informação que se deseja obter. Assim o método proposto por JINKS & HAYMAN (1953) permite obter os componentes de variância genética e estimar parâmetros que forneçam informações sobre o controle genético dos caracteres, tais como o número de genes, grau médio de dominância, direção da dominância e outras. A metodologia desenvolvida por GRIFFING (1956) possibilita

estimar a capacidade geral e específica de combinação que são informações úteis na escolha dos pais para hibridação ou mesmo das populações híbridas para iniciar a seleção. Finalmente, o modelo proposto por GARDNER & EBERHART (1966) detalha um pouco mais as análises e possibilita estimar o efeito de parentais "per se" e as causas da heterose.

Quanto à análise de cruzamento dialélico parcial, alguns métodos são propostos, como por exemplo o método desenvolvido por MIRANDA FILHO & GERALDI (1984) adaptado ao modelo de GARDNER & EBERHART (1966), que permite a obtenção de informações sobre o efeito dos dois grupos de parentais, da diferença desses grupos e do efeito de heterose. Outra metodologia proposta por GERALDI & MIRANDA FILHO (1988) desenvolvida a partir do método 2 do modelo de GRIFFING (1956) permite obter informações quanto a significância da capacidade geral de combinação dos grupos de parentais e da capacidade específica de combinação dos híbridos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e época

Foram conduzidos dois experimentos com épocas de semeadura em outubro de 1989 e março de 1990 no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA) em Sete Lagoas-MG, que se localiza na Zona Metalúrgica a 732 m de altitude, 19°29'S de latitude e 44°15'W de longitude.

3.2. Materiais genéticos avaliados

No presente trabalho, foram utilizados 10 híbridos experimentais, obtidos dos cruzamentos entre duas linhagens macho-estéreis (A), cinco linhagens restauradoras da fertilidade (R) e sete linhagens parentais, constituindo assim, um dialelo parcial e mais 10 genótipos considerados como testemunhas (Tabela 1).

TABELA 1 - Materiais genéticos avaliados nos experimentos.

Materiais genéticos		Cor do grão	Instituição
CMSXS	101 A	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	114 R	bronze	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	116 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	178 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	180 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	181 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	101 A x CMSXS 114 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	101 A x CMSXS 116 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	101 A x CMSXS 178 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	101 A x CMSXS 180 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	101 A x CMSXS 181 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A x CMSXS 114 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A x CMSXS 116 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A x CMSXS 178 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A x CMSXS 180 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	142 A x CMSXS 181 R	vermelha	CNPMS-EMBRAPA
CMSXS	102 A x CMSXS 180 R	bronze	CNPMS-EMBRAPA
** CMSXS	102 A x CMSXS 181 R	bronze	CNPMS-EMBRAPA
** CMSXS	156 A x CMSXS 180 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
** CMSXS	156 A x CMSXS 181 R	branca	CNPMS-EMBRAPA
* BAG	2109	vermelho-escuro	CNPMS-EMBRAPA
* BAG	014	vermelho-escuro	CNPMS-EMBRAPA
	CONTIGRÃO 111	vermelho-escuro	CONTIBRASIL
	SAVANA 5	vermelho-escuro	BRAZISUL
	DK 48	vermelho-escuro	BRASKALB
	PIONEER B 815	vermelho-escuro	PIONEER

(*) materiais genéticos avaliados apenas em outubro de 1989

(**) materiais genéticos avaliados apenas em março de 1990.

3.3. Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos no delineamento blocos casualizados com 3 repetições. As parcelas foram constituídas de 3 linhas de 5 metros com 15 plantas por metro linear.

3.4. Condução dos experimentos

Na linha central de cada parcela, panículas de 25 plantas foram protegidas com sacolas de tela para a coleta de amostras destinadas ao laboratório para análise do teor de tanino no grão.

As amostras foram obtidas coletando-se 5 panículas em média, por parcela em cada fase de avaliação. Foram consideradas as fases de grão leitoso, grão pastoso, maturação fisiológica e colheita.

A identificação destas fases foi feita a partir de observações no campo considerando-se a metade superior da panícula. A fase de grão leitoso caracterizou-se pelo aspecto aquoso do grão. A fase de grão pastoso foi considerada aquela em que o grão apresentava-se com a consistência pastosa. Estas fases foram identificadas pressionando-se uma amostra de grãos entre os dedos. A fase de maturação fisiológica foi observada quando se formava a camada preta na base do grão. As amostras referentes à fase de colheita, foram obtidas quinze dias após a maturação fisiológica da planta.

Após a coleta das amostras, os grãos foram retirados das panículas, pesados e posteriormente secos em estufa à 75°C durante 48 horas. A seguir as amostras foram moídas em moinho com peneira de 20 mesh e armazenadas em "freezer".

3.5. Características avaliadas

3.5.1. Teor de tanino no grão

Em cada fase de avaliação determinou-se a percentagem de taninos dos grãos. A extração destes compostos fenólicos, foi feita pelo método proposto por SWAIN & HILLIS (1959) e o doseamento pelo método de Folin-Denis citado pela A.O.A.C. (1960).

- Extração dos taninos

Em erlenmeyer de 250 ml contendo 3 g da amostra, adicionou-se 35 ml do líquido extrator (água, metanol 50% e metanol PA), sendo uma amostra para cada líquido extrator. As amostras foram refluxadas por 10 minutos em chapa elétrica com exceção da extração em água que foi agitada por 1 hora.

A seguir as amostras foram filtradas em papel de filtro nº 2 e evaporadas em chapa elétrica até um volume de aproximadamente 5 ml, quando então foram transferidas para uma proveta completando-se o volume para 20 ml com água destilada. Novamente as amostras foram filtradas em algodão obtendo-se o extrato (SWAIN & HILLIS, 1959).

- Doseamento dos taninos

O doseamento dos taninos foi realizado adicionando-se em

um tubo de ensaio 0,1 ml do extrato, 8,4 ml de água destilada, 1,0 ml de solução saturada de carbonato de sódio e 0,5 ml do reagente de Folin-Denis (A.O.A.C., 1960). Os tubos foram agitados e após 30 minutos determinou-se a absorvância em espectrofotômetro a 760 nm.

- Curva padrão para doseamento de taninos

A curva padrão para doseamento de taninos foi feita utilizando-se diferentes concentrações de ácido tânico. Para tanto, em balão volumétrico de 1000 ml adicionou-se 100 mg de ácido tânico completando-se o volume com água destilada. Alíquotas de 0 a 1,0 ml com diferenças de 0,1 ml foram pipetadas em tubos de ensaio contendo 7,5 ml de água destilada. A seguir adicionou-se em cada tubo 0,5 ml do reagente de Folin-Denis, 1,0 ml de solução saturada de carbonato de sódio completando-se o volume para 10 ml com água destilada. Os tubos foram agitados e após 30 minutos fez-se a leitura de absorvância em espectrofotômetro a 760 nm, construindo-se a seguir a curva de absorvância vs. concentração de ácido tânico.

A partir da curva padrão de ácido tânico determinou-se a percentagem de taninos totais em cada amostra, através da soma das percentagens de taninos extraídos em água, metanol 50% e metanol PA.

3.5.2. Dano causado por pássaros

As duas linhas laterais de cada parcela foram utilizadas para avaliar o dano causado por pássaros por ocasião em que as amostras foram coletadas para a análise no laboratório.

No experimento de outubro de 1989, estas avaliações foram realizadas por quatro pessoas que atribuíram notas conforme o grau de dano causado por pássaros às parcelas utilizando-se a seguinte escala de notas:

- 0 : nenhum dano à parcela
- 1 : até 20% de dano à parcela
- 2 : de 20 a 40% de dano à parcela
- 3 : de 40 a 60% de dano à parcela
- 4 : de 60 a 80% de dano à parcela
- 5 : de 80 a 100% de dano à parcela

No experimento de março de 1990, procurou-se avaliar a evolução do dano em função do número de dias após 50% do florescimento das plantas na parcela. Neste caso 5 plantas de cada parcela foram marcadas, medindo-se com uma régua graduada, o tamanho inicial da panícula. Após o início do dano, que inicia-se do ápice para a base da panícula, a quantidade de grãos que permanecia na panícula foi medida diariamente em cada uma das 5 plantas marcadas. Os valores obtidos para as 15 plantas, envolvendo as 3 repetições, foram somados e após o início do dano foram estimados os percentuais médios de redução de grãos em relação ao tamanho inicial da panícula. Gráficos foram construídos

considerando-se como referência inicial o florescimento médio nas três repetições para cada material genético.

3.6. Análise dos dados

Os dados referentes ao teor de tanino na matéria seca e matéria verde ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão no experimento de outubro de 1989 foram analisados conforme o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + g_i + f_j + b_k + (gb)_{ik} + (fb)_{jk} + (gf)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

- Y_{ijk} : observação do genótipo i , na fase j e repetição k
- m : média geral
- g_i : efeito do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, 24$)
- f_j : efeito da fase j ($j = 1, 2, 3, 4$) que representa as fases de avaliação
- b_k : efeito do bloco k ($k = 1, 2, 3$)
- $(gb)_{ik}$: efeito da interação do genótipo i como bloco k
- $(fb)_{jk}$: efeito da interação fase j com o bloco k
- $(gf)_{ij}$: efeito da interação genótipo i com a fase j
- e_{ijk} : erro experimental associado ao genótipo i , na fase j e repetição k .

3.7. Análise do dialelo

Considerando-se que o desejável é ter uma cultivar de sorgo que apresente alto teor de tanino no estágio de grão pastoso, quando os pássaros causam maior dano, e baixo teor na fase de colheita e conseqüentemente maior valor nutritivo do sorgo, foi realizada a análise do cruzamento dialélico parcial considerando o teor de tanino na matéria verde do grão, envolvendo essas duas fases para detectar uma possível ocorrência de interação material genético x fase de maturação.

Neste estudo as duas linhagens A representaram o grupo de parentais 1 e as cinco linhagens R o grupo de parentais 2 (Tabela 1), formando portanto um dialelo parcial 5 x 2.

A análise de variância foi conduzida conforme o seguinte modelo matemático:

$$C_{ijkl} = m + b_r + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijr} + f_k + (fb)_{kr} + (gf)_{ik} + (gf)_{jk} + (sf)_{ijk} + e_{ijk r}$$

onde:

$C_{ijk r}$: média do híbrido entre a linhagem i do grupo 1 (A) de parentais e a linhagem j do grupo 2 (R) de parentais na fase k e repetição r ;

$i=1,2$; para as linhagens do grupo 1;

$j=1',2',3',4',5'$; para as linhagens do grupo 2;

$k=1,2$; para as fases de grão pastoso e de colheita, respectivamente;

te;

$r=1,2,3$; número de repetições;

m : média dos híbridos;

b_r : efeito da repetição r ;

g_i e g_j : são os efeitos da capacidade geral de combinação do parental de ordem i (linhagem A) e j (linhagem R), respectivamente;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação do híbrido C_{ij} ;

e_{ijr} : erro experimental associado ao híbrido C_{ij} na repetição r ;

f_k : efeito da fase de maturação k ;

$(fb)_{kr}$: efeito da interação entre a fase de maturação k e repetição r

$(gf)_{ik}$: efeito da interação entre a capacidade geral de combinação do parental de ordem i e a fase de maturação k ;

$(gf)_{jk}$: efeito da interação entre a capacidade geral de combinação do parental j e a fase de maturação k ;

$(sf)_{ijk}$: efeito da interação entre a capacidade específica de combinação de cada híbrido C_{ij} e a fase de maturação k ;

$e_{ijk r}$: erro experimental associado à média do híbrido C_{ij} na fase de maturação k e repetição r .

A análise de variância foi realizada conforme o modelo apresentado na Tabela 2, utilizando metodologia semelhante a apresentada por GRIFFING (1956), modelo IV e adaptada por GERALDI & MIRANDA FILHO (1988). O "software" para a análise conjunta desse

dialelo parcial foi desenvolvido por FERREIRA (1991)¹.

As estimativas da capacidade geral de combinação ($\hat{\theta}$) e capacidade específica de combinação (s_{ij}) na fase de maturação k foram obtidas pelas seguintes expressões:

$$\hat{\theta}_{ik} = C_{i..k} - C_{..k}$$

$$\hat{\theta}_{jk} = C_{.jk} - C_{..k}$$

$$s_{ijk} = C_{ijk} - C_{i..k} - C_{.jk} + C_{..k}$$

TABELA 2 - Esquema da análise de variância para a percentagem de tanino na matéria verde nas fases de grão pastoso e de colheita.

F.V.	GL	QM	F
Blocos (B)	2	QM ₁	QM ₁ /QM ₆
Híbridos (H)	(9)	QM ₂	QM ₂ /QM ₆
CGC ₁	1	QM ₃	QM ₃ /QM ₆
CGC ₂	4	QM ₄	QM ₄ /QM ₆
CEC	4	QM ₅	QM ₅ /QM ₆
Erro a	18	QM ₆	
Fases (F)	1	QM ₇	QM ₇ /QM ₈
F x B (erro b)	2	QM ₈	
H x F	(9)	QM ₉	QM ₉ /QM ₁₃
CGC ₁ x Fase	1	QM ₁₀	QM ₁₀ /QM ₁₃
CGC ₂ x Fase	4	QM ₁₁	QM ₁₁ /QM ₁₃
CEC x Fase	4	QM ₁₂	QM ₁₂ /QM ₁₃
Erro c	18	QM ₁₃	

onde:

$C_{i..k}$ e $C_{.jk}$: média dos cruzamentos em que participa cada um dos paren-

¹ Comunicação pessoal.

tais de ordem i e j , respectivamente na fase de maturação k ;

$C_{..k}$: média dos IJ cruzamentos entre os dois grupos de parentais na fase de maturação k ;

C_{ijk} : média do cruzamento entre os parentais de ordem i e j na fase de maturação k .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teor de tanino ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão

As análises de variância considerando o teor de tanino na matéria seca e matéria verde do grão, envolvendo os 24 materiais genéticos avaliados no experimento de outubro de 1989, mostraram valores altamente significativos para o efeito de genótipos, fases de avaliação e interação genótipo x fase de avaliação (Tabela 3). Isso mostra que os materiais genéticos diferiram entre si quanto ao teor de tanino na matéria seca e na matéria verde do grão, apresentando valores diferentes entre as fases de maturação e que o comportamento desses materiais não foi coincidente nas diferentes fases.

A caracterização das fases de coleta das amostras para análise no laboratório, constitui-se em uma importante fonte de erro a ser considerada. Desta forma, a precisão do experimento avaliada pelo coeficiente de variação apresentado na Tabela 3, pode ser considerada boa, uma vez que estas fases foram identificadas a partir de observações no campo utilizando-se do tato para

determinar as fases de grão leitoso e pastoso e de observações visuais para as fases de maturação fisiológica e de colheita.

TABELA 3 - Resumos das análises de variância para o teor de tanino (%) na matéria seca (MS) e matéria verde (MV) nas fases de grão leitoso, grão pastoso, maturação fisiológica e fase de colheita dos genótipos avaliados em outubro de 1989.

FV	GL	QM	
		MS	MV
Blocos (B)	2	0,055	0,032 *
Genótipos (G)	23	11,916 **	4,848 **
Erro a	46	0,090	0,027
Fase (F)	3	46,271 **	0,279 **
G x F	69	0,897 **	0,435 **
F x B	6	0,054	0,020
Erro b	138	0,086	0,025
CV %		15,67	14,90

**, * Significativos a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente.

O teor de tanino na matéria seca ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão pode ser observado na Tabela 4. Nota-se que todos os materiais genéticos avaliados apresentaram, em geral, maior teor de tanino na fase de grão leitoso, decrescendo nas fases seguintes. No entanto, alguns materiais genéticos como

a linhagem CMSXS 114 R e o híbrido CMSXS 142 A x CMSXS 114 R não apresentaram reduções significativas no teor de tanino ao longo da maturação do grão. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por MONTGOMERY et alii (1986) e ROGLER & BUTLER (s.d.) que verificaram redução no teor de tanino ao longo da maturação do grão quando se avalia sorgo de alto teor de tanino. Por outro lado, quando se considera sorgo de baixo teor de tanino, esses resultados diferem daqueles obtidos por esses autores que não observaram diferenças significativas para o teor de tanino ao longo da maturação do grão.

A redução do teor de tanino ao longo da maturação do grão, provavelmente se deve ao fato de que os compostos fenólicos em sorgo são substâncias precursoras de outros compostos como a lignina que é um componente da parede celular em vegetais. Compostos fenólicos como o ácido cinâmico, ácido ferúlico e outros são citados por VANCE et alii (1980) como substâncias intermediárias da síntese de lignina.

TABELA 4 - Percentagem de tanino total na matéria seca nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC).

Materiais genéticos	Fases			
	GL	GP	MF	FC
CMSXS 101 A	2,48 a	1,24 b	0,99 b	0,72 b
CMSXS 142 A	2,12 a	0,92 b	0,74 b	0,54 b
CMSXS 114 R	1,72 a	1,34 a	1,13 a	1,21 a
CMSXS 116 R	2,26 a	0,81 b	0,48 b	0,42 b
CMSXS 178 R	3,07 a	1,15 b	0,70 bc	0,49 c
CMSXS 180 R	3,00 a	0,87 b	0,54 b	0,39 b
CMSXS 181 R	4,99 a	1,56 b	0,98 bc	0,82 c
CMSXS 101 A x CMSXS 114 R	3,66 a	3,76 a	3,48 ab	2,88 b
CMSXS 101 A x CMSXS 116 R	2,92 a	1,02 b	0,64 b	0,60 b
CMSXS 101 A x CMSXS 178 R	2,29 a	0,81 b	0,73 b	0,59 b
CMSXS 101 A x CMSXS 180 R	2,86 a	1,23 b	0,89 bc	0,60 c
CMSXS 101 A x CMSXS 181 R	2,90 a	1,44 b	0,84 bc	0,70 c
CMSXS 142 A x CMSXS 114 R	2,25 a	2,82 a	2,31 a	2,32 a
CMSXS 142 A x CMSXS 116 R	2,05 a	1,14 b	0,51 c	0,40 c
CMSXS 142 A x CMSXS 178 R	2,58 a	1,28 b	0,68 bc	0,56 c
CMSXS 142 A x CMSXS 180 R	2,11 a	0,97 b	0,58 b	0,40 b
CMSXS 142 A x CMSXS 181 R	2,85 a	1,27 b	0,86 b	1,02 b
CMSXS 102 A x CMSXS 180 R	3,10 a	1,18 b	0,63 bc	0,44 c
CMSXS 102 A x CMSXS 181 R	2,80 a	1,39 b	0,80 b	0,86 b
CMSXS 156 A x CMSXS 180 R	2,62 a	0,92 b	0,59 b	0,53 b
CMSXS 156 A x CMSXS 181 R	3,19 a	1,08 b	0,79 b	0,77 b
BAG 2109	4,24 b	5,97 a	5,52 a	4,07 b
BAG 014	4,06 a	4,03 a	2,72 b	1,30 c
CONTIGRÃO 111	2,49 a	1,82 b	1,59 bc	1,16 c
SAVANA 5	4,01 a	3,45 ab	2,83 b	1,70 c
DK 48	4,06 a	3,08 b	3,31 b	1,86 c
PIONEER B 815	3,32 a	2,37 b	2,29 b	1,63 c

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

A opinião de HOSENEY et alii (1981) de que cultivares de sorgo com grãos de coloração clara podem ter alto teor de tanino foi confirmada neste estudo, uma vez que a linhagem CMSXS 114 R que possui cor bronze e o híbrido CMSXS 142 A x CMSXS 114 R cor branca do grão apresentaram valores maiores que 1% para o teor de tanino no estágio final de maturação do grão. Estes resultados também estão coerentes com aqueles obtidos por REICHERT et alii (1988) que identificaram linhagens com grãos de coloração clara e alto teor de tanino. Por outro lado, observa-se que os materiais genéticos com grãos de coloração vermelho escura apresentaram alto teor de tanino.

O conteúdo de tanino extraído da matéria seca ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão nas frações água, metanol 50% e metanol PA pode ser observado na Tabela 5. Verifica-se que houve redução no teor de tanino ao longo da maturação do grão para estas frações de forma semelhante para os taninos totais apresentados na Tabela 4.

Segundo GOLDSTEIN & SWAIN (1963), os taninos que são extraídos em água se referem a sua forma polimerizada e os taninos monoméricos ou oligoméricos, que são adstringentes, são extraídos em álcool. Portanto, verifica-se na Tabela 5, que o sorgo possui maior teor de taninos adstringentes ao longo da maturação do grão do que taninos poliméricos.

TABELA 5 - Percentagem de tanino na matéria seca nas fases de grão leitoso (GL), grão Pastoso (GP), maturação fisiológica (NF) e fase de colheita (FC) nas frações água, metanol 50% e metanol PA.

Materiais Genéticos	Fases											
	GL			GP			NF			FC		
	H ₂ O	M50	NPA	H ₂ O	M50	NPA	H ₂ O	M50	NPA	H ₂ O	M50	NPA
CMSXS 101 A	0,65	1,00	0,83	0,29	0,41	0,54	0,27	0,38	0,34	0,14	0,27	0,31
CMSXS 142 A	0,75	0,80	0,57	0,22	0,27	0,43	0,16	0,24	0,34	0,13	0,16	0,25
CMSXS 114 R	0,55	0,60	0,57	0,27	0,48	0,59	0,14	0,44	0,55	0,08	0,49	0,64
CMSXS 116 R	0,71	0,82	0,73	0,23	0,27	0,31	0,15	0,15	0,18	0,14	0,14	0,14
CMSXS 178 R	0,72	1,51	0,84	0,25	0,54	0,36	0,15	0,32	0,23	0,12	0,18	0,19
CMSXS 180 R	0,88	1,09	1,03	0,30	0,28	0,29	0,19	0,14	0,21	0,13	0,11	0,15
CMSXS 181 R	0,81	2,61	1,57	0,38	0,66	0,52	0,23	0,44	0,31	0,17	0,39	0,26
CMSXS 101 A x CMSXS 114 R	0,69	1,88	1,09	0,81	1,65	1,30	0,41	1,28	1,79	0,34	0,94	1,60
CMSXS 101 A x CMSXS 116 R	0,73	1,26	0,93	0,25	0,46	0,31	0,17	0,26	0,21	0,15	0,23	0,22
CMSXS 101 A x CMSXS 178 R	0,54	1,03	0,72	0,19	0,32	0,30	0,18	0,37	0,29	0,15	0,27	0,70
CMSXS 101 A x CMSXS 180 R	0,68	1,15	1,03	0,34	0,45	0,65	0,20	0,29	0,40	0,13	0,23	0,24
CMSXS 101 A x CMSXS 181 R	0,86	1,12	0,92	0,37	0,59	0,48	0,18	0,37	0,29	0,15	0,27	0,28
CMSXS 142 A x CMSXS 114 R	0,54	0,96	0,75	0,32	1,32	1,18	0,22	0,85	1,24	0,16	0,82	1,34
CMSXS 142 A x CMSXS 116 R	0,68	0,78	0,59	0,34	0,33	0,47	0,15	0,18	0,18	0,10	0,11	0,19
CMSXS 142 A x CMSXS 178 R	0,64	1,32	0,62	0,24	0,49	0,55	0,16	0,24	0,28	0,13	0,21	0,22
CMSXS 142 A x CMSXS 180 R	0,83	0,69	0,59	0,23	0,27	0,47	0,17	0,19	0,22	0,11	0,12	0,17
CMSXS 142 A x CMSXS 181 R	0,74	1,31	0,80	0,34	0,52	0,41	0,11	0,33	0,42	0,20	0,54	0,28
CMSXS 102 A x CMSXS 180 R	0,65	1,60	0,85	0,27	0,46	0,45	0,18	0,23	0,22	0,12	0,16	0,16
CMSXS 102 A x CMSXS 181 R	0,69	1,23	0,88	0,34	0,64	0,41	0,16	0,33	0,31	0,20	0,44	0,22
CMSXS 156 A x CMSXS 180 R	0,74	1,11	0,77	0,26	0,37	0,29	0,10	0,26	0,23	0,22	0,19	0,12
CMSXS 156 A x CMSXS 181 R	0,85	1,39	0,95	0,28	0,48	0,32	0,11	0,38	0,30	0,16	0,41	0,20
BAG 2109	0,92	1,95	1,37	1,15	2,82	2,00	1,10	2,26	2,16	0,44	1,47	2,16
BAG 014	0,69	2,08	1,29	0,79	1,90	1,34	0,39	1,30	1,03	0,20	0,46	0,64
CONTIGRÃO 111	0,64	1,22	0,63	0,32	0,64	0,86	0,24	0,61	0,74	0,13	0,53	0,50
SAYANA 5	0,79	2,20	1,02	0,54	1,72	1,19	0,35	1,30	1,18	0,22	0,73	0,75
DK 48	0,63	2,10	1,33	0,33	1,45	1,30	0,32	1,20	1,79	0,24	0,63	0,99
PIONEER B 815	0,51	1,85	0,96	0,36	1,16	0,91	0,24	0,97	1,08	0,15	0,76	0,72

É importante salientar que neste estudo a extração dos taninos foi realizada separadamente, ou seja, pesou-se uma amostra para cada líquido extrator (água, metanol 50% e metanol PA). Este procedimento pode resultar em superestimação do tanino total, se por exemplo, o líquido extrator metanol 50% extrair taninos solúveis em água e/ou metanol PA. Portanto, sugere-se estudar a possibilidade de extração em série. No entanto, durante o processo de centrifugação necessário a uma extração em série, poderia ocorrer a superestimação ou subestimação das diferentes frações uma vez que os taninos têm a propriedade de formar complexos e precipitar com as proteínas. Contudo, como todos os materiais foram submetidos ao mesmo procedimento, mesmo que tenha ocorrido uma superestimação, é muito provável que ela tenha uma magnitude proporcional ao teor de tanino do material. Portanto, em termos de avaliação da variabilidade, que foi o objetivo primeiro desse trabalho, essa superestimação provavelmente não causou maiores consequências.

4.2. Teor de tanino na matéria verde do grão e correlações com o dano causado por pássaros

A percentagem de tanino na matéria verde e o dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão estão apresentados na Tabela 6. Percebe-se que houve, em geral, redução no teor de tanino ao longo da maturação do grão para os materiais

genéticos que apresentaram baixo teor de tanino (valores menores que 1%) na última fase de avaliação. No entanto, ocorreu aumento no teor de tanino ao longo da maturação quando se considera aqueles materiais com alto teor de tanino (valores maiores que 1%) na fase de colheita, o que difere dos resultados apresentados por BUTLER (1982) que verificou redução no teor de tanino na matéria verde do grão em uma cultivar de sorgo de alto teor de tanino.

Na fase de grão leitoso, que possui maior teor de taninos, não se observou nenhum dano, o que ocorreu somente a partir da fase de grão pastoso, sendo que nesta fase os materiais genéticos com alto teor de tanino foram resistentes.

Percebe-se na Tabela 6 que os materiais genéticos avaliados podem ser divididos em duas classes fenotípicas: sorgo de alto teor de tanino no grão com valores maiores que 1% e resistentes a pássaros e sorgo de baixo teor de tanino com valores menores que 1% e susceptíveis a pássaros. Estes resultados evidenciam a não preferência como mecanismo de resistência a pássaros (McMILLIAN et alii, 1972), visto que os pássaros preferiram consumir outros alimentos disponíveis no campo que fossem mais palatáveis do que sorgo de alto teor de tanino no grão (HAHN et alii, 1984).

Verificou-se uma correlação negativa entre o teor de tanino na matéria verde do grão e o dano causado por pássaros nas fases de grão pastoso ($r = -0,67 **$), maturação fisiológica e fase de colheita ($r = -0,77 **$).

TABELA 6 - Percentagem de tanino total na matéria verde (T) e dano causado por pássaros (D) nas fases de grão leitoso (GL), grão pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC) no experimento de outubro de 1989.

Materiais genéticos	Fases							
	GL		GP		MF		FC	
	T %	D	T %	D	T %	D	T %	D
CMSXS 101 A	1,03	0,0	0,74	4,4	0,70	5,0	0,64	5,0
CMSXS 142 A	0,77	0,0	0,51	3,0	0,50	4,5	0,47	5,0
CMSXS 114 R	0,59	0,0	0,73	0,0	0,74	0,0	1,10	0,0
CMSXS 116 R	0,97	0,0	0,50	3,7	0,38	5,0	0,31	5,0
CMSXS 178 R	1,39	0,0	0,69	3,8	0,57	4,8	0,36	5,0
CMSXS 180 R	1,04	0,0	0,53	4,9	0,48	5,0	0,30	5,0
CMSXS 181 R	1,85	0,0	0,97	5,0	0,76	5,0	0,62	5,0
CMSXS 101 A x CMSXS 114 R	1,33	0,0	2,09	0,0	2,48	0,0	2,54	0,0
CMSXS 101 A x CMSXS 116 R	1,13	0,0	0,61	5,0	0,44	5,0	0,53	5,0
CMSXS 101 A x CMSXS 178 R	0,90	0,0	0,53	5,0	0,50	5,0	0,53	5,0
CMSXS 101 A x CMSXS 180 R	1,04	0,0	0,69	4,5	0,67	5,0	0,51	5,0
CMSXS 101 A x CMSXS 181 R	1,11	0,0	0,79	4,7	0,56	5,0	0,61	5,0
CMSXS 142 A x CMSXS 114 R	0,76	0,0	1,51	0,0	1,55	0,0	2,05	0,0
CMSXS 142 A x CMSXS 116 R	0,77	0,0	0,63	4,9	0,33	5,0	0,36	5,0
CMSXS 142 A x CMSXS 178 R	1,04	0,0	0,75	3,0	0,51	3,9	0,48	4,8
CMSXS 142 A x CMSXS 180 R	0,77	0,0	0,58	2,8	0,39	4,2	0,33	4,9
CMSXS 142 A x CMSXS 181 R	1,10	0,0	0,69	3,4	0,68	4,5	0,88	4,9
CMSXS 102 A x CMSXS 180 R	1,30	0,0	0,67	2,9	0,43	4,2	0,39	4,6
BAG 2109	1,70	0,0	3,38	0,0	3,90	0,0	3,56	0,0
BAG 014	1,30	0,0	1,92	0,0	1,88	0,0	1,14	0,0
CONTIGRÃO 111	0,81	0,0	0,99	0,0	1,16	0,0	1,01	0,0
SAVANA 5	1,32	0,0	1,76	0,0	2,06	0,0	1,50	0,0
DK 48	1,10	0,0	1,68	0,0	2,34	0,0	1,61	0,0
PIONEER B 815	1,31	0,0	1,33	0,0	1,66	0,0	1,38	0,0

Nota-se que alguns materiais genéticos apresentaram valores semelhantes para o teor de tanino no grão e dano causado por pássaros completamente diferentes, como pode ser observado, por exemplo, na fase de grão pastoso em que a linhagem CMSXS 181 R foi susceptível e o híbrido comercial CONTIGRÃO 111 resistente, e apresentaram teores de tanino de 0,97% e 0,99%, respectivamente. Situação semelhante também ocorre quando se compara diferentes materiais genéticos em diferentes fases, neste caso, verifica-se que o híbrido experimental CMSXS 142 A x CMSXS 116 R que foi resistente na fase de grão leitoso e o híbrido experimental CMSXS 101 A x CMSXS 181 R que na fase de grão pastoso foi susceptível, apresentaram valores semelhantes para o teor de tanino, 0,77% e 0,79%, respectivamente. Estes materiais genéticos também apresentaram níveis semelhantes para o teor de tanino na matéria verde do grão nas frações água, metanol 50% e metanol PA (Tabela 7). Diante disso, provavelmente, ocorreu superestimação do teor de tanino para os materiais genéticos que foram susceptíveis a pássaros.

O dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão, no experimento de março de 1990, pode ser observado nas figuras 5.I a 5.V. Nota-se que alguns materiais genéticos sofreram danos com apenas 18 dias após a antese quando se encontravam na fase de grão leitoso.

Verifica-se que todos os materiais sofreram 100% de dano, exceto a linhagem CMSXS 114 R que possui alto teor de tanino no grão.

TABELA 7 - Percentagem de tanino na matéria verde nas fases de grão leitoso (GL), grão Pastoso (GP), maturação fisiológica (MF) e fase de colheita (FC) nas frações água, metanol 50% e metanol PA.

Materiais Genéticos	Fases											
	GL			GP			MF			FC		
	H ₂ O	M50	MPA	H ₂ O	M50	MPA	H ₂ O	M50	MPA	H ₂ O	M50	MPA
CNSXS 101 A	0,27	0,41	0,35	0,18	0,24	0,32	0,19	0,27	0,24	0,12	0,24	0,28
CNSXS 142 A	0,27	0,29	0,21	0,12	0,15	0,24	0,11	0,16	0,23	0,11	0,14	0,22
CNSXS 114 R	0,19	0,20	0,20	0,15	0,26	0,32	0,09	0,29	0,36	0,07	0,45	0,58
CNSXS 116 R	0,30	0,35	0,32	0,14	0,17	0,19	0,12	0,12	0,14	0,10	0,10	0,11
CNSXS 178 R	0,33	0,68	0,38	0,15	0,32	0,22	0,12	0,26	0,19	0,09	0,13	0,14
CNSXS 180 R	0,30	0,38	0,36	0,18	0,17	0,18	0,17	0,12	0,19	0,10	0,08	0,12
CNSXS 181 R	0,30	0,97	0,58	0,24	0,41	0,32	0,18	0,34	0,24	0,13	0,29	0,20
CNSXS 101 A x CNSXS 114 R	0,25	0,68	0,40	0,45	0,92	0,72	0,29	0,91	1,28	0,30	0,83	1,41
CNSXS 101 A x CNSXS 116 R	0,28	0,49	0,36	0,15	0,28	0,18	0,12	0,18	0,14	0,13	0,20	0,20
CNSXS 101 A x CNSXS 178 R	0,21	0,40	0,29	0,12	0,21	0,20	0,10	0,23	0,17	0,11	0,17	0,25
CNSXS 101 A x CNSXS 180 R	0,24	0,45	0,35	0,19	0,25	0,25	0,17	0,23	0,27	0,11	0,20	0,20
CNSXS 101 A x CNSXS 181 R	0,33	0,43	0,35	0,20	0,33	0,26	0,12	0,25	0,19	0,13	0,24	0,24
CNSXS 142 A x CNSXS 114 R	0,18	0,32	0,26	0,17	0,71	0,63	0,15	0,57	0,83	0,14	0,72	1,19
CNSXS 142 A x CNSXS 116 R	0,26	0,29	0,22	0,19	0,18	0,26	0,10	0,11	0,12	0,09	0,10	0,17
CNSXS 142 A x CNSXS 178 R	0,26	0,53	0,25	0,14	0,29	0,32	0,12	0,18	0,21	0,11	0,18	0,19
CNSXS 142 A x CNSXS 180 R	0,30	0,25	0,22	0,14	0,16	0,28	0,11	0,13	0,15	0,09	0,10	0,14
CNSXS 142 A x CNSXS 181 R	0,28	0,51	0,31	0,18	0,28	0,23	0,09	0,26	0,33	0,17	0,47	0,14
CNSXS 102 A x CNSXS 180 R	0,27	0,67	0,36	0,15	0,26	0,26	0,12	0,16	0,15	0,11	0,14	0,14
CNSXS 102 A x CNSXS 181 R	0,28	0,49	0,35	0,19	0,35	0,22	0,11	0,23	0,22	0,17	0,38	0,20
CNSXS 156 A x CNSXS 180 R	0,27	0,41	0,28	0,14	0,20	0,16	0,07	0,19	0,17	0,19	0,16	0,10
CNSXS 156 A x CNSXS 181 R	0,29	0,47	0,33	0,16	0,28	0,20	0,09	0,28	0,22	0,14	0,36	0,17
BAG 2109	0,37	0,78	0,55	0,65	1,60	1,13	0,78	1,60	1,52	0,39	1,28	1,89
BAG - 014	0,22	0,67	0,41	0,38	0,90	0,64	0,27	0,90	0,71	0,18	0,40	0,56
CONTIGRÃO 111	0,21	0,40	0,20	0,17	0,35	0,47	0,17	0,45	0,54	0,11	0,46	0,44
SAVANA 5	0,26	0,72	0,33	0,27	0,88	0,61	0,25	0,95	0,86	0,19	0,65	0,66
DK 48	0,17	0,57	0,36	0,18	0,79	0,71	0,23	0,85	1,26	0,21	0,54	0,86
PIONEER B 815	0,20	0,73	0,38	0,17	0,65	0,51	0,18	0,70	0,78	0,13	0,64	0,61

Alguns híbridos com alto teor de tanino no grão como CMSXS 142 A x CMSXS 114 R, DK 48, SAVANA 5, PIONEER B 815 e CONTIGRÃO 111, apresentaram nível de dano igual a 30% por um período superior a 30 dias após o florescimento das plantas. Este fato mostra que é possível a obtenção de cultivares de sorgo com alto teor de tanino no grão e resistente a pássaros nos estádios iniciais de formação do grão, com possibilidade de realizar a colheita na fase de maturação fisiológica, antes que ocorra maiores danos à cultura.

É importante ressaltar que no experimento de março de 1990, por ocasião em que ocorreu a formação de grãos na panícula, havia pouco alimento disponível, na região, que fosse mais palatável aos pássaros do que sorgo de alto teor de tanino no grão. Isso contribuiu para a susceptibilidade de todos os materiais genéticos quando avaliados nesta época.

Os pássaros que causaram maiores danos às parcelas nos dois experimentos são conhecidos na região como maritacas. No entanto, outros pássaros como pardal, papa-arroz e melro também causaram danos principalmente no experimento de outubro de 1989.

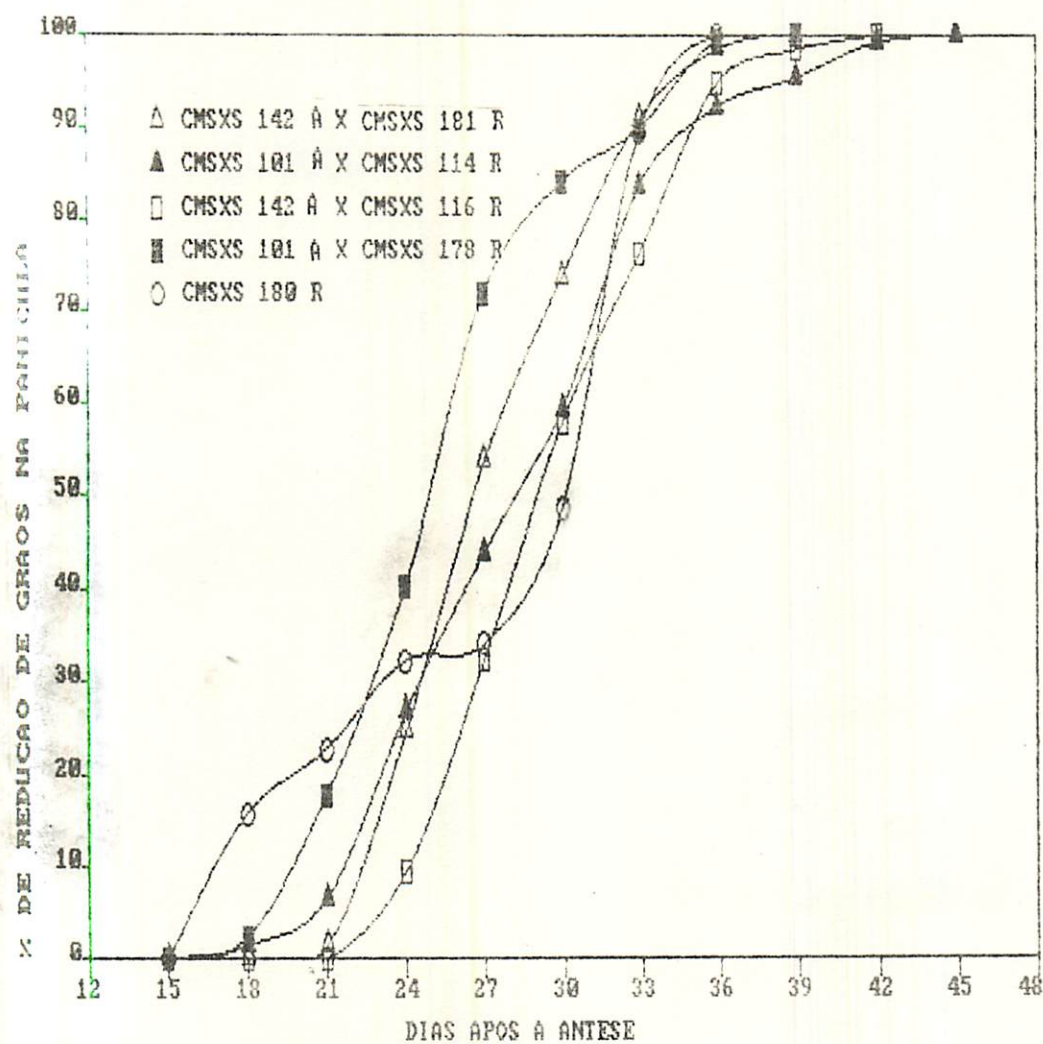


FIGURA 5.I. - Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão.

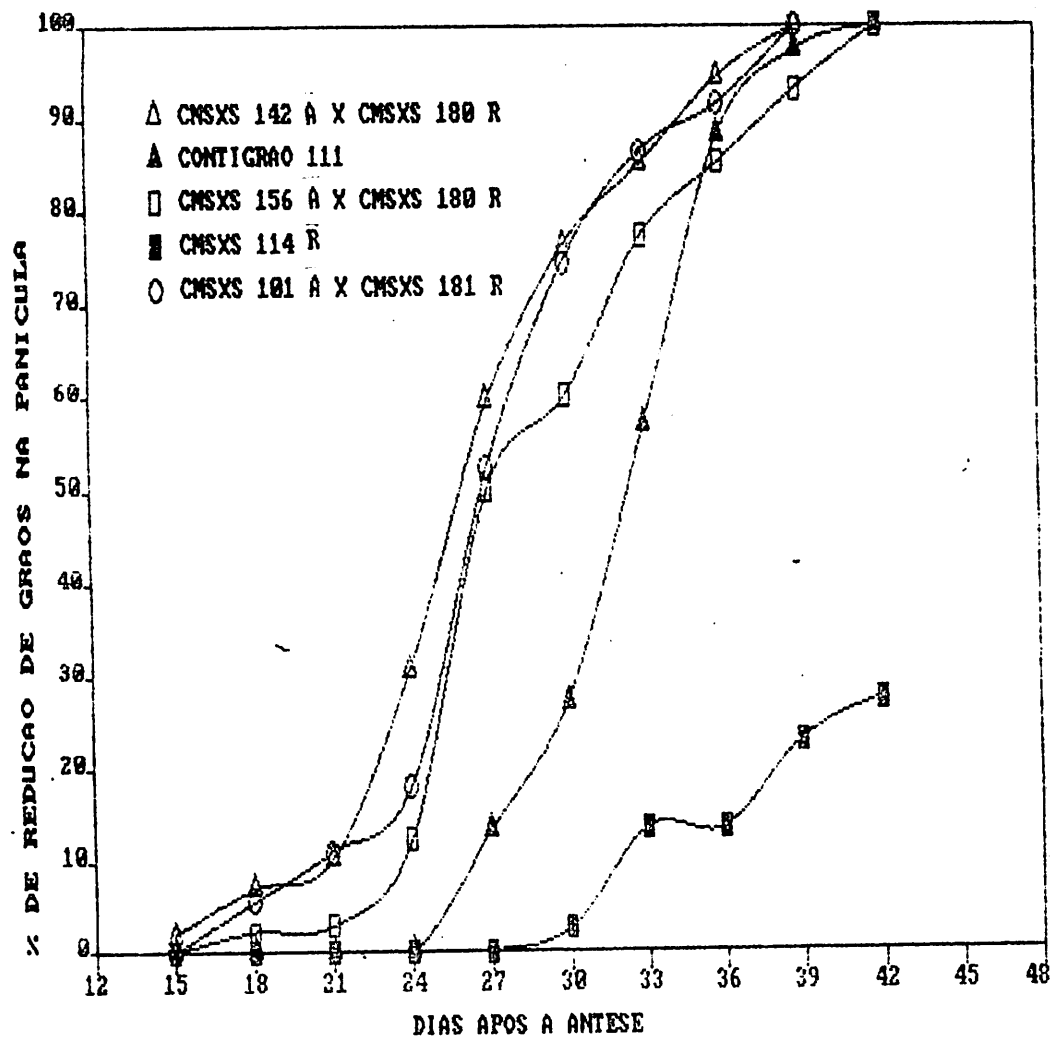


FIGURA 5.II. - Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão.

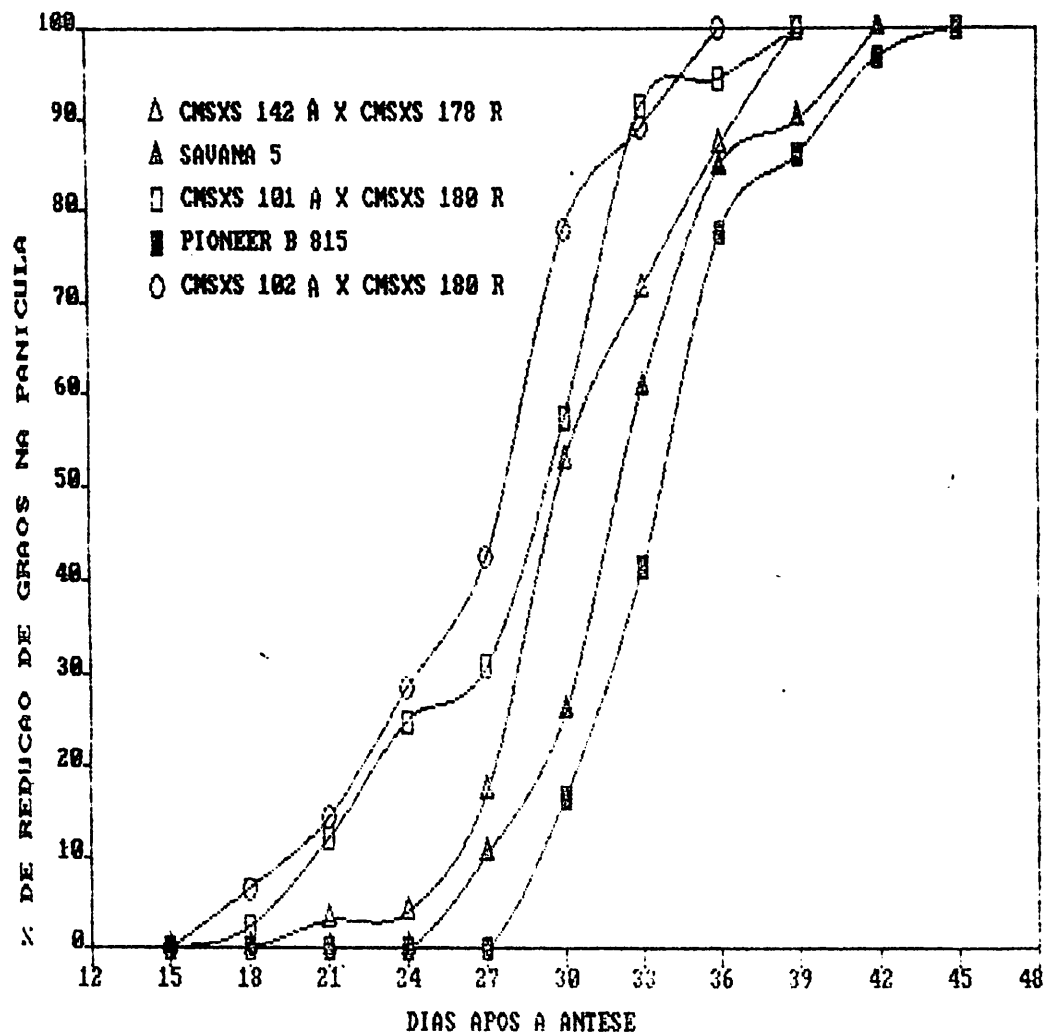


FIGURA 5.III. - Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão.

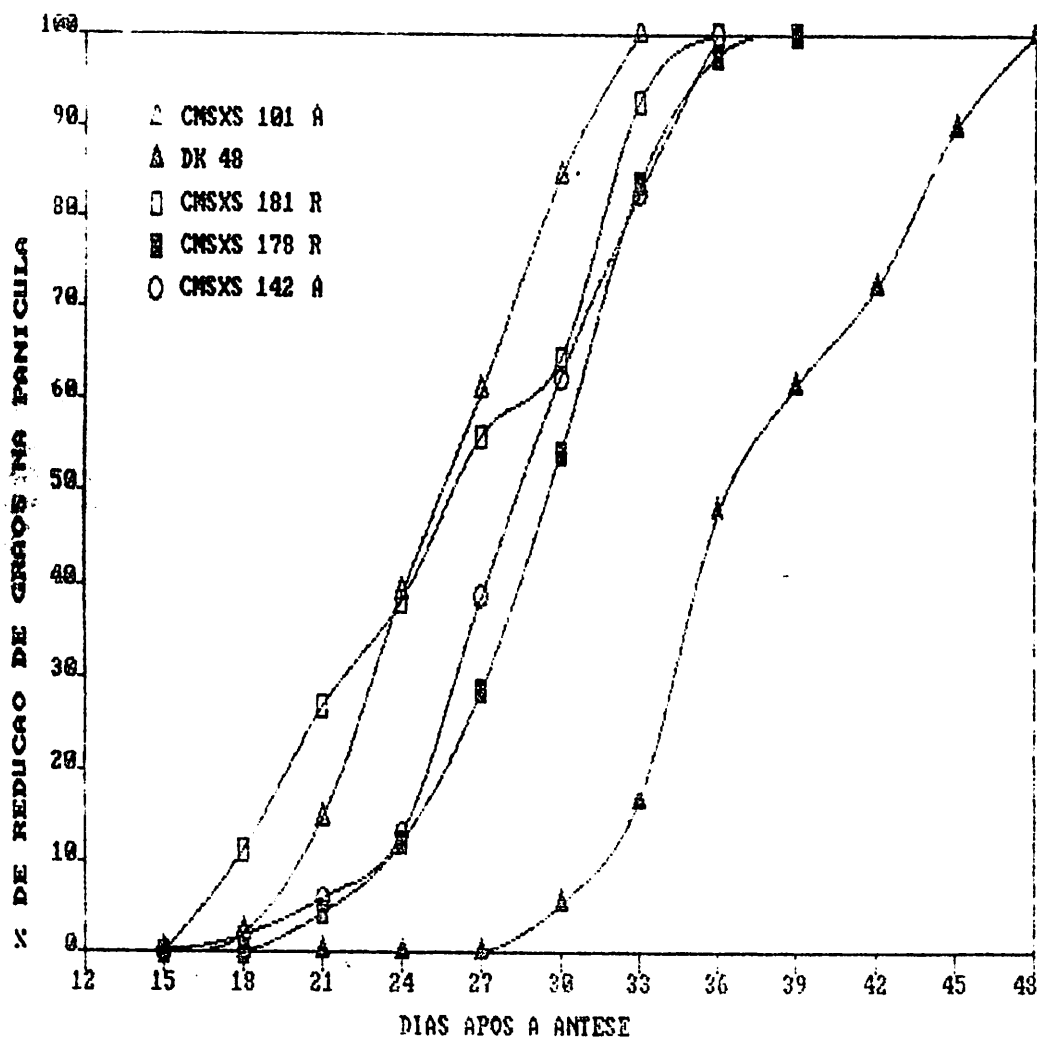
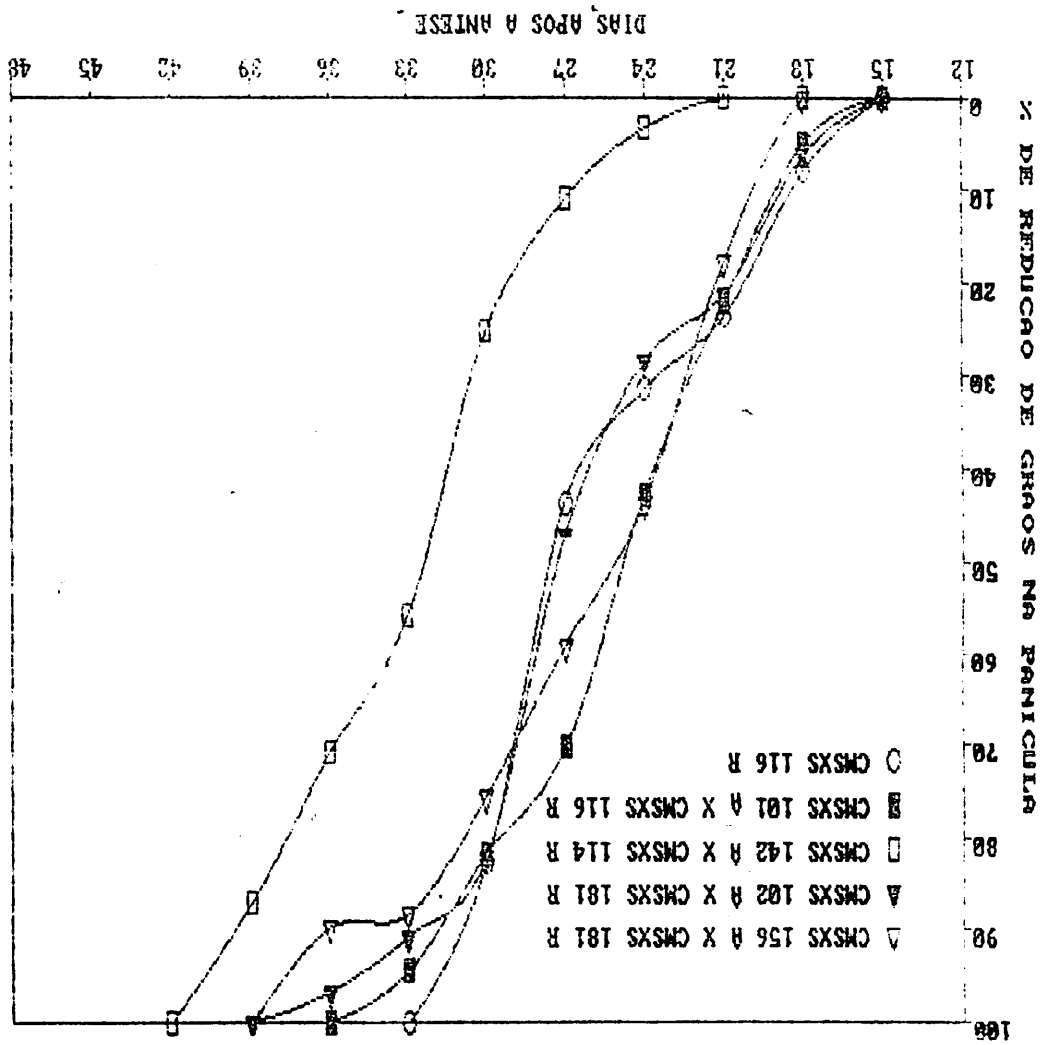


FIGURA 5.IV. - Dano causado por pássaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão.

FIGURA 5. V. - Dano causado por passaros ao longo do desenvolvimento fisiológico do grão.



4.3. Resultado da análise do cruzamento dialélico parcial

O resumo da análise de variância para a percentagem de tanino na matéria verde do grão nas fases de grão pastoso e de colheita, é apresentado na Tabela 8. Observa-se que, independente da fase, o teste F foi significativo ($P < 0,01$) para a fonte de variação capacidade geral de combinação (CGC) dos parentais relativos ao grupo 1 e 2, o que significa que as linhagens envolvidas neste estudo são contrastantes. Nota-se também que a fonte de variação capacidade específica de combinação (CEC) mostrou teste F significativo ($P < 0,01$), o que significa que os híbridos avaliados neste estudo, apresentaram em geral, desempenho diferente em relação ao esperado com base no comportamento médios dos parentais envolvidos. Verificou-se também que houve interação entre híbridos e fases de avaliação, sendo que na decomposição dessa interação constatou-se que ela só ocorreu para a CGC dos parentais do grupo 2.

TABELA 8 - Resumo da análise de variância para a percentagem de tanino na matéria verde dos grãos nas fases de grão pastoso e de colheita.

FV	GL	QM
Blocos (B)	2	0,01115
Híbridos (H)	(9)	0,80434**
CGC ₁	1	0,06780**
CGC ₂	4	1,72845**
CEC	4	0,06437**
Erro a	18	0,00629
Fases (F)	1	0,00011
F x B (erro b)	2	0,00425
H x F	(9)	0,04481**
CGC ₁ x Fase	1	0,00031
CGC ₂ x Fase	4	0,08445**
CEC x Fase	4	0,01630
Erro c	18	0,00628

** Significativo a 1% pelo teste F.

As estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens nas fases de grão pastoso e de colheita e na média destas duas fases são apresentadas na Tabela 9. Verifica-se que a linhagem do grupo 2 de parentais, CMSXS 114 R, apresentou a maior estimativa para a CGC nas duas fases consideradas. Desta forma, se o melhorista desejar obter um material genético com alto teor de tanino no grão e resistente a pássaros, na fase de grão pastoso, quando ocorre maior dano, esta linhagem poderá ser utilizada em combinações híbridas. Contudo, deve-se ressaltar que esta linhagem e os híbridos em que ela participa, apresentaram alto teor de

tanino na fase de colheita. Por outro lado, se o melhorista desejar um material genético com baixo teor de tanino na fase de colheita, as linhagens CMSXS 180 R e CMSXS 116 R poderão ser utilizadas em cruzamentos, uma vez que apresentaram as menores estimativas para a CGC, para a característica estudada.

Como já mencionado, o maior ataque de pássaros ocorre na fase de grão pastoso, assim seria interessante a obtenção de materiais genéticos com alto teor de tanino nesta fase e baixo teor por ocasião da colheita, favorecendo, desta forma, a utilização deste sorgo em rações sem reduzir seu valor nutritivo. Apesar da significância da interação CGC x fase para o grupo 2 (Tabela 8), o comportamento relativo dos parentais nas duas fases foi semelhante (Tabela 9). Nota-se, por exemplo, que a linhagem CMSXS 114 R apresentou as maiores estimativas para a CGC em ambas as fases. Observa-se que mesmo o sinal da CGC permaneceu inalterado nas duas condições. Em realidade a significância da interação foi detectada principalmente devido a uma alteração na classificação das linhagens com relação a estimativa da CGC nas duas fases. Na fase de grão pastoso a linhagem CMSXS 116 R apresentou a menor estimativa, já na fase de colheita o parental com menor CGC para o teor de tanino foi a linhagem CMSXS 180 R.

TABELA 9 - Estimativas da capacidade geral de combinação ($\hat{\theta}$) obtida para o teor de tanino no sorgo para as linhagens avaliadas nas fases de grão pastoso, de colheita e na média.

Linhagens	Fases		Média
	GP	FC	
CMSXS 114 R	0,9167	1,4142	1,1654
CMSXS 116 R	-0,2679	-0,4408	-0,3543
CMSXS 178 R	-0,2474	-0,3804	-0,3139
CMSXS 180 R	-0,2512	-0,4574	-0,3543
CMSXS 181 R	-0,1504	-0,1356	-0,1430
CMSXS 101 A	0,0542	0,0622	0,0582
CMSXS 142 A	-0,0542	-0,0622	-0,0582

As estimativas da capacidade específica de combinação de cada cruzamento (CEC) são apresentadas na Tabela 10. Verifica-se que os híbridos em que participa a linhagem CMSXS 114 R apresentaram as maiores estimativas para a CEC em ambas as fases. Observa-se que a linhagem CMSXS 142 A, que apresentou estimativas negativas para a CGC (Tabela 9), quando cruzada com as linhagens CMSXS 178 R e CMSXS 181 R, que também apresentaram estimativas negativas para a CGC, resultaram em híbridos com estimativas positivas para a CEC, evidenciando que estas linhagens se complementam bem para aumentar o teor de tanino no grão. Nota-se também que o híbrido CMSXS 142 A x CMSXS 116 R apresentou estimativa positiva na fase de grão pastoso e estimativa negativa

para a CEC na fase de colheita, o que é um fato desejável como já salientado. Contudo, a estimativa foi muito pequena na fase de grão pastoso, indicando que, possivelmente esse híbrido não seria eficiente com relação à resistência a pássaros.

TABELA 10 - Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) obtida para o teor de tanino no sorgo para os híbridos nas fases de grão pastoso, de colheita e na média.

Linhagens	Fases		Média
	GP	FC	
CMSXS 101 A x CMSXS 114 R	0,2355	0,1812	0,2083
CMSXS 101 A x CMSXS 116 R	-0,0671	0,0228	-0,0221
CMSXS 101 A x CMSXS 178 R	-0,1656	-0,0369	-0,1012
CMSXS 101 A x CMSXS 180 R	0,0018	0,0278	0,0148
CMSXS 101 A x CMSXS 181 R	-0,0046	-0,1949	-0,0997
CMSXS 142 A x CMSXS 114 R	-0,2355	-0,1812	-0,2083
CMSXS 142 A x CMSXS 116 R	0,0671	-0,0228	0,0221
CMSXS 142 A x CMSXS 178 R	0,1656	0,0369	0,1012
CMSXS 142 A x CMSXS 180 R	-0,0018	-0,0278	-0,0148
CMSXS 142 A x CMSXS 181 R	0,0046	0,1949	0,0997

5. CONCLUSÕES

Os materiais genéticos avaliados neste estudo apresentaram maior teor de tanino na matéria seca do grão na fase de grão leitoso.

Todos os materiais genéticos que foram resistentes a pássaros apresentaram alto teor de tanino no grão.

As linhagens CMSXS 116 R e CMSXS 180 R podem ser utilizadas em cruzamentos se o objetivo do melhorista for obter cultivares de sorgo com baixo teor de tanino no grão.

A linhagem CMSXS 114 R mostrou ser o parental mais promissor para o programa de melhoramento quando o objetivo do melhorista é aumentar o teor de tanino nos grãos visando a resistência a pássaros.

6. RESUMO

Com o objetivo de verificar a variabilidade existente entre diversos materiais genéticos de sorgo quanto ao teor de tanino e resistência a pássaros nas fases de grão leitoso, grão pastoso, maturação fisiológica e fase de colheita, e também, obter informações sobre o controle genético do teor de tanino, foram conduzidos dois experimentos no delineamento blocos casualizados com três repetições, com semeadura em outubro de 1989 e março de 1990 no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA) em Sete Lagoas, MG. Os resultados mostraram redução no teor de tanino na matéria seca do grão ao longo da maturação. O dano causado por pássaros no experimento de outubro/89 ocorreu a partir da fase de grão pastoso, sendo que na fase de colheita, todos os materiais genéticos resistentes apresentaram alto teor de tanino na matéria verde do grão (valores maiores que 1%). No experimento de março/90 o dano causado por pássaros iniciou-se na fase de grão leitoso, sendo que nas fases seguintes todos os materiais genéticos foram susceptíveis. As linhagens CMSXS 116 R e CMSXS 180 R apresentaram as menores estimativas da capacidade geral de combinação (CGC), podendo ser utilizadas em cruzamentos se

o objetivo do melhorista for obter cultivares de sorgo com baixo teor de tanino no grão. Por outro lado, a linhagem CMSXS 114 R, que apresentou a maior estimativa da CGC, mostrou ser o parental mais promissor para o programa de melhoramento quando o objetivo do melhorista é aumentar o teor de tanino nos grãos visando a resistência a pássaros.

7. SUMMARY

VARIABILITY AND GENETIC CONTROL OF TANNIN CONTENT IN GRAIN SORGHUM AND THEIR ASSOCIATION TO BIRDS RESISTANCE

The objectives of this study were to evaluate the variability for tannin content in grain sorghum and the resistance to birds in the following grain stages: milk, dough, physiological maturity and harvesting time. Information about the genetic control of tannin content was also sought. Two experiments were planted in randomized complete blocks design with three replications. Sowings were done in October 1989 and March 1990 in the National Maize and Sorghum Research Center (CNPMS/EMBRAPA) in Sete Lagoas, State of Minas Gerais, Brazil. Results showed that tannin content reduced as the grain maturation check. The damage caused by birds in the October-1989 experiment started at the dough stage. All resistant genetic materials presented high levels of tannin in the grain fresh matter (content higher than 1%). In the experiment of March-1990, bird damage started at the milk stage and all genetic materials were susceptible thereafter. Lines CMSXS 116 R and CMSXS 180 R presented the least estimates for general

combining ability (gca) and should be used in crosses if the breeder aims at low tannin content in the grain. Otherwise, line CMSXS 114 R, which presented the highest estimate for gca, is the most promising parental if the objective is to increase grain tannin content for bird resistance.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 9th ed. Washington, 1960. p.111.
02. BANDA-NYIRENDA, D.B.G.; VOHRA, P. & INGEBRETSON, K.H. Nutritional evaluation of some varieties of sorghums [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 64(6): 413-7, Nov./Dec. 1987.
03. BOORA, K.S. & LODHI, G.P. Combining ability for toxic constituents in forage sorghum. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 52:211-4, 1982.
04. BULLARD, R.W. & YORK, J.O. Breeding for bird resistance in sorghum and maize. In: RUSSEL, G.E. *Progress in plant breeding*. Cambridge, 1984. v.1, p.193-222.
05. —————; ————— & KILBURN, S.R. Polyphenolic changes in ripening bird-resistant sorghums. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 29:973-81, 1981.

06. BURNS, R.E. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agronomy Journal*, Madison, 63:511-2, May/June 1971.
07. BUTLER, L.G. New perspective on the antinutritional effects of tannins. In: KINSELLA, J.E. & SOUCIE, B. *Foods products*. Champaign, American Oil Chemistry Society, 1989a. Cap. 22, p.402-9.
08. ————. Relative degree of polymerization of sorghum tannin during seed development and maturation. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 30:1090-4, 1982.
09. ————. Sorghum polyphenols: assays and nutritional significance. *Proceedings of the 16th biannual grain research and utilization: Conference*, Lubbock, 1989c. p.39-42.
10. ————. Sorghum polyphenols. *Toxicants of plant origin*, Boca Raton, 4:95-121, 1989b.
11. ————; RIEDL, D.J.; LEBRYK, D.G. & BLYTT, H.J. Interaction of proteins with sorghum tannin: Mechanism, specificity and significance. *Journal American Oil Chemistry Society*, Champaign, 61(5):916-20, May 1984.

12. BUTLER, L.G. & ROGLER, J. Enhancements of high tannin sorghum utilization: characterization, metabolism, and detoxification of sorghum tannins and other polyphenols. *Intsormil Fighting Hunger with Research*, Lincoln, s.d. p.140-5.
13. CHEN, L.J. & HRAZDINA, G. Structural aspects of anthocyanin-flavonoid complex formation and role in plant color. *Phytochemistry*, Oxford, 20:297-303, 1981.
14. CHIBBER, B.A.K.; MERTZ, E.T. & AXTELL, J.D. Effects of dehulling on tannin content, protein distribution, and quality of high and low tannin sorghum. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 26:679-83, 1978.
15. DOHERTY, C.A.; WANISKA, R.D.; ROONEY, L.W.; EARP, C.F. & POE, J.H. Free phenolic compounds and tannins in sorghum caryopsis and glumes during development. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 64(1):42-6, Jan./Feb. 1987.
16. EARP, C.F.; AKINGBALA, J.O.; RING, S.H. & ROONEY, L.W. Evaluation of several methods to determine tannins in sorghum whit vaying kernel characteristics. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 58(3):234-8, May/June 1981.

17. EARP, C.F.; DOHERTY, C.A. & ROONEY, L.W. Fluorescence microscopy of the pericarp, aleurone layer and endosperm cell walls of these sorghum cultivars. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 60(5):408-10, Sept./Oct. 1983.
18. FYFE, J.L. & GILBERT, N. Partial diallel crosses. *Biometrics*, Raleigh, 19(2):278-86, 1963.
19. GARDNER, C.O. & EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, Raleigh, 22(3):439-52, 1966.
20. GERALDI, I.O. & MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 11(2):419-30, 1988.
21. GLENNIE, C.W. Polyphenol changes in sorghum grain during malting. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 31:1295-9, 1983.
22. GOLDSTEIN, J.L. & SWAIN, T. Changes in ripening fruits. *Phytochemistry*, Oxford, 2:371-83, 1963.

23. GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*, Melbourne, 9(4):463-93, 1956.
24. HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 26:809-12, 1978.
25. HAHN, D.H.; ROONEY, L.W. & EARP, C.F. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World*, St. Paul, 29(12):776-9, Dec. 1984.
26. —————; ————— & FAUBION, J.M. Sorghum phenolic acids, their HPLC separation, and their relation to fungal resistance. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 60(4):255-9, July/Aug. 1983.
27. HARRIS, H.B. & BURNS, R.E. Influence of tannin content on preharvest seed germination in sorghum. *Agronomy Journal*, Madison, 62:835-6, 1970.
28. ————— & —————. Relationship between tannin content of sorghum grain and preharvest seed molding. *Agronomy Journal*, Madison, 65:957-9, 1973.

29. HARRIS, H.B.; CUMMINS, D.G. & BURNS, R.E. Tannin content and digestibility of sorghum grain as influenced by bagging. *Agronomy Journal*, Madison, 62:633-5, Sept./Oct. 1970.
30. HOSENEY, R.C.; VARRIANO-MARSTON, E. & DENDY, D.A.V. Sorghum and millets. *Advances in Cereal Science and Technology*, St. Paul, 4:71-144, 1981.
31. JINKS, J.L. & HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, Ithaca, 27:48-54, 1953.
32. KEMPTHORNE, O. & CURNOW, R.N. The partial diallel cross. *Biometrics*, Raleigh, 17(2):229-50, 1961.
33. MAKKAR, H.P.S. Protein precipitation methods for quantitation of tannins: A review. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 37:1197-202, 1989.
34. ———; DAWRA, R.K. & SINGH, B. Determination of both tannin and protein in tannin-protein complex. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 36:523-5, 1988.
35. MARKS, D.; GLYPHIS, J. & LEIGHTON, M. Measurement of protein in tannin-protein precipitation using ninhidrin. *Journal Science Food Agriculture*, London, 38:255-61, 1987.

36. McMILLIAN, W.W.; WISEMAN, B.R.; BURNS, R.E.; HARRIS, H.B. & GREENE, G.L. Bird resistance in diverse germplasm of sorghum. *Agronomy Journal*, Madison, 64:821-2, Nov./Dec. 1972.
37. MIRANDA FILHO, J.B. de & GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 7(4):677-88, Dec. 1984.
38. MOLE, S. & WATERMAN, P.G. Tannic acid and proteolytic enzyme inhibition or substrate the deprivation? *Phytochemistry*, Oxford, 26(1):99-102, 1987.
39. MONTGOMERY, C.R.; NELSON, B.D.; JOOST, R. & MASON, L.F. Tannin concentration and quality changes in sorghum as affected by maturity and sorghum type. *Crop Science*, Madison, 26:372-5, Mar./Apr. 1986.
40. MWASARU, M.A.; REICHERT, R.D. & MUKURU, S.Z. Factors affecting the abrasive dehulling efficiency of high tannin sorghum. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 65(3):171-4, 1988.
41. OH, H. IL; HOFF, J.E.; ARMSTRONG, G.S. & HAFF, L.A. Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 28:394-8, 1980.

42. OLIVEIRA, A.C. de; MORAIS, A.R. de; SOUZA JÚNIOR, C.L. de & GAMA, E.E.G. Análise de cruzamentos dialélicos parciais repetidos em vários ambientes. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 10(3):517-33, 1987.
43. PRICE, M.L. & BUTLER, L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 25:1268-73, 1977..
44. ———; SCOYOC, A.V. & BUTLER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 26:1214-8, 1978.
45. REED, J.D. & TEDLA, A. Phenolics, fibre and fibre digestibility in the crop residue from bird resistant and non-bird resistant sorghum varieties. *Journal Science Food Agriculture*, London, 39:113-21, 1987.
46. REICHERT, R.D.; MWASARU, M.A. & MUKURU, S.Z. Characterization of colored-grain sorghum lines and identification of high-tannin lines with good dehulling characteristics. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 65(3):165-70, May/June 1988.

47. ROGLER, J.C. & BUTLER, L.G. Enhancement of high tannin sorghum utilization: biological effects of dietary tannins. *Intsormil Fighting Hunger with Research*, Lincoln, s.d. p.145-9.
48. ROONEY, L.W. & SULLINS, R.D. The structure of sorghum and its relation to processing and nutritional value. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY, Viena, 1976. *Sorghum and millets for human food*. Viena, IACC, 1976. p.91-109.
49. RUBIOLO, O.J.; RDEINAUDI, N.B.; TROIANI, R.M. de; VAQUERO, J & DOMINGUES, R.A. Incidencia del estado de madurez sobre el contenido de acido tanico en el grano de sorgo. *Turrialba, Costa Rica*, 35(2):127-9, 1985.
50. SCHAFFERT, R.E.; LECHTENBERG, V.L. & WHYKERD, C.L. Effect of tannin on in vitro dry matter and protein disappearance in sorghum grain. *Crop Science*, Madison, 14:640-3, Sept./ Oct. 1974.
51. SPENCER, C.M.; CAI, Y.; MARTIN, R.; GAFFNEY, S.H.; GOLDING, P.N.; MAGNOLATO, D.; LILLEY, T.H. & HASLAM, E. Polyphenol complexation - some thoughts and observations. *Phytochemistry*, Oxford, 27(8):2397-409, 1988.

52. SUBRAMANIAN, V.; BUTLER, L.G.; JAMBUNATHAN, R. & PRASADA RAO, K.E. Some agronomic and biochemical characters of brown sorghums and their possible role bird resistance. *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, 31(6):1303-7, 1983.
53. SWAIN, T. & HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. II. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal Science Food Agriculture*, London, 10:135-44, Jan. 1959.
54. TIPTON, K.W.; FLOYD, E.H.; MARSHALL, J.G. & McDEVITT, J.B. Resistance of certain grain sorghum hybrids to bird damage in Louisiana. *Agronomy Journal*, Madison, 62:211-3, Mar./Apr. 1970.
55. VANCE, C.P.; KIRK, T.K. & SHERWOOD, R.T. Lignification as a mechanism of disease resistance. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 18:259-88, 1980.
56. WOODRUFF, B.J.; CANTRELL, R.P.; AXTELL, J.D. & BUTLEER, L.G. Inheritance of tannin quantity of sorghum. *Journal Heredity*, Baltimore, 73(3):214-8, May/June 1982.