AVALIAÇÃO DO TEOR DE TANINO EM LINHAGENS DE SORGO GRANÍFERO
[*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] E SEUS CRUZAMENTOS

JOSÉ FERNANDO MARTINS BORGES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

Dissertação apresentada à
Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de
concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1993

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Borges, José Fernando Martins
B732a Avaliação do teor de tanino em linhagens de sorgo
granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus cruza-
mentos. Piracicaba, 1993.
91p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Sorgo granífero - Cruzamento 2. Sorgo granífero
Teor de tanino 3. Tanino I. Escola Superior de Agricul-
tura Luiz de Queiroz, Piracicaba

6
CDD 63.174

AVALIAÇÃO DO TEOR DE TANINO EM LINHAGENS DE SORGO GRANÍFERO
[*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] E SEUS CRUZAMENTOS

JOSÉ FERNANDO MARTINS BORGES

Aprovada em 11/11/93

Comissão julgadora:

Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

ESALQ/USP

Dr. ROBERT E. SCHAFFERT

CNPMS/EMBRAPA

Prof. Dr. GERALDO A. TOSELLO

ESALQ/USP

Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

- Orientador -

DEDICO,

A meus pais;

A meus irmãos;

A meus sobrinhos.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

- Ao Prof. Dr. Roland Vencovsky pela orientação segura na condução deste trabalho, pelos ensinamentos transmitidos, e pelas sugestões e críticas que muito contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

- À Sementes Agroceres pelo apoio e oportunidade fornecida para a realização deste curso.

- À Dra. Sandra Bonaspetti e ao Dr. Joaquim Machado pela contribuição dada no desenvolvimento das análises para a determinação do teor de tanino .

- Ao Dr. Robert E. Schaffert pelas sugestões e críticas oferecidas.

- Ao Dr. Antonio Carlos da Silva pela revisão do texto e sugestões.

- Aos colegas do curso de pós-graduação, em especial a Roseli T. P. Barbosa pelo auxílio no trabalho de computação.

- Aos professores e funcionários do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

- A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	v
RESUMO	ix
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
2.1. Taninos	05
2.2. Métodos de análise dos taninos	06
2.3. Genética do teor de tanino em sorgo	09
2.4. Tolerância a pássaros	19
2.5. Efeitos dos taninos na nutrição	21
2.6. Efeitos fungicida e bacteriológico dos polife- nóis	24
2.7. Mudanças do teor de tanino durante a maturação do grão	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Tratamentos	29
3.2. Experimentos	30
3.3. Caracteres avaliados	31
3.4. Determinação do teor de tanino	32

3.5. Análises estatísticas	34
3.5.1. Análise dialética	34
3.5.2. Análise do dialeto em dois ambientes ..	36
3.5.3. Análise de parcelas subdivididas	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Teores de tanino nos grãos	37
4.1.1. Teores de tanino nos grãos na fase da colheita e em dois ambientes	37
4.1.2. Teores de tanino em diferentes fases de desenvolvimento do grão	45
4.2. Dados sobre floração, altura da planta e pro- dutividade de grãos	50
5. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE	67

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Pág.

Figura 1.	Representação esquemática das partes que constituem o grão de sorgo. (Adaptado de PAUL, 1990).	68
Figura 2.	Teor de tanino (e.c.) das linhagens masculinas nas fases de maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós-colheita.	87
Figura 3.	Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 1' nas fases de maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós-colheita.	88
Figura 4.	Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 2' nas fases de maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós-colheita.	89
Figura 5.	Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 3' nas fases de maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós-colheita.	90
Figura 6.	Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 4' nas fases de maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós-colheita.	91
Tabela 1.	Teores de tanino, teste F e coeficiente de variação (CV), em sete métodos de análise de tanino em sorgos do grupo I, II e III, sendo oito cultivares de grãos marrons e treze de outras cores (EARP <i>et alii</i> , 1981).	09

Tabela 2.	Características das linhagens utilizadas na obtenção do dialelo.	30
Tabela 3.	Tabela genérica do dialelo parcial (MIRANDA FILHO & GERALDI, 1984).	35
Tabela 4.	Teores médios de tanino, em equivalentes de catequina (e.c.), nos locais 1 (Não Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG), e para o conjunto dos locais (Média). 1990/91.	39
Tabela 5.	Análise da variância conjunta do caráter teor de tanino.	41
Tabela 6.	Tabela dialética de médias do teor de tanino (e.c.), dos locais 1 e 2 (Não Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.	42
Tabela 7.	Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter teor de tanino.	44
Tabela 8.	Teores de tanino, em equivalentes de catequina, em três fases de desenvolvimento do grão: maturidade fisiológica, ponto de colheita, e trinta dias após o ponto de colheita. Não Me Toque-RS. 1990/91.	47
Tabela 9.	Análise da variância em parcelas subdivididas da característica teor de tanino, envolvendo as três fases de desenvolvimento do grão.	48
Tabela 10.	Análise da variância da característica teor de tanino nos estádios de maturidade fisiológica, época da colheita, e trinta dias após a época da colheita.	50

Tabela 11. Médias por local (1 e 2) e para o conjunto dos locais(MD) dos tratamentos relativos à: produtividade de grãos (kg/ha), altura da planta (cm), e floração (n° de dias decorridos do plantio até o florescimento) nos ensaios conduzidos nos locais 1 (Nãõ Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG). 1990/91. Os dados estão em ordem decrescente pela média de produção.	52
Tabela 12. Produtividade de grãos em kg/ha e conteúdo de tanino (e.c.) dos seis materiais mais produtivos dos locais 1 (Nãõ Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG). 1990/91.	55
Tabela 13. Teores de tanino, em equivalentes de catequina, obtidos nas três repetições no local 1 (Nãõ Me Toque-RS). 1990/91.	69
Tabela 14. Teores de tanino, em equivalentes de catequina, obtidos nas três repetições no local 2 (Capinópolis-MG). 1990/91.	70
Tabela 15. Peso de grãos, em kg/ha a 13% de umidade, nas três repetições no local 1 (Nãõ Me Toque-RS). 1990/91.	71
Tabela 16. Peso de grãos, em kg/ha a 13% de umidade, nas três repetições no local 2 (Capinópolis-MG). 1990/91.	72
Tabela 17. Número de dias decorridos do plantio ao florescimento nas três repetições, nos locais 1 e 2 (Nãõ Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.	73

Tabela 18. Altura da planta, em cm, nas três repetições, nos locais 1 e 2 (Não Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.	74
Tabela 19. Teores de tanino, nas três repetições, na fase de 30 dias após a colheita (Não Me Toque-RS). 1990/91.	75
Tabela 20. Teores de tanino, nas três repetições, na fase da colheita (Não Me Toque-RS). 1990/91.	76
Tabela 21. Teores de tanino, nas três repetições, na fase de maturidade fisiológica (Não Me Toque-RS). 1990/91.	77
Tabela 22. Análise da variância conjunta do caráter produtividade de grãos.	78
Tabela 23. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter produtividade de grãos.	79
Tabela 24. Análise da variância conjunta do caráter altura da planta.	81
Tabela 25. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter altura da planta.	82
Tabela 26. Análise da variância conjunta do caráter número de dias até a floração.	84
Tabela 27. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter número de dias até a floração.	85

AVALIAÇÃO DO TEOR DE TANINO EM LINHAGENS DE SORGO GRANÍFERO
[*Sorghum bicolor*, (L.) Moench] E SEUS CRUZAMENTOS

Autor: JOSÉ FERNANDO MARTINS BORGES

Orientador: PROF. DR. ROLAND VENCovsky

RESUMO

Com a finalidade de estudar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação e heterose do caráter teor de tanino nos grãos de sorgo, foram conduzidos ensaios em dois locais (Local 1 = Não Me Toque-RS e Local 2 = Capinópolis-MG) no ano agrícola de 1990/91.

Os tratamentos, oriundos de um esquema de cruzamentos dialélicos parciais, estavam assim constituídos: quatro linhagens macho estéreis (conjunto I), seis linhagens restauradoras (conjunto II), os 24 híbridos obtidos do cruzamento destes dois conjuntos e duas testemunhas (AG-3001 e P-815B).

O teor de tanino dos grãos foi estimado através do método da vanilina hidrocloreídrica ácida proposto por BURNS (1971) e modificado por MAXON & ROONEY (1972) e PRICE *et alii* (1978).

Houve diferenças significativas no valor estimado do tanino entre tratamentos e na interação por locais. O valor médio foi de 1,53 equivalentes de catequina

(e.c.) no local 1 e 1,67 e.c. no local 2. As maiores variações ocorreram nos materiais antipássaros, com teores variando de 2,89 e.c. a 4,29 e.c. O alto conteúdo de tanino foi dominante sobre o baixo. Os componentes da capacidade geral de combinação (CGC) dos conjuntos I e II foram significativos, mas somente os do conjunto I interagiram com locais, talvez devido à maior heterogeneidade genética deste grupo.

Houve pronunciada heterose nos cruzamentos, com média de 1,33 e.c. ou de 249,60% em relação à média dos pais. Os componentes que mais contribuíram para a manifestação heterótica foram a heterose média e a heterose do conjunto I. A heterose específica (ou capacidade específica de combinação) também apresentou efeitos significativos, não interagindo com locais, todavia.

Confrontando estes resultados com aqueles encontrados na literatura em sorgo forrageiro, verificou-se que o conteúdo de tanino no grão e nas partes verdes da planta, provavelmente, estão sob controle genético distinto.

Observou-se que a produtividade de grãos não foi influenciada pela presença de tanino, mostrando ser possível a seleção de materiais produtivos com ou sem tanino.

No local 1 mediu-se o tanino em diferentes fases de desenvolvimento do grão, a saber: maturidade fisiológica, época da colheita e 30 dias após a colheita.

O valor médio mais alto foi obtido na maturidade fisiológica (2,27 e.c.), com redução acentuada até os dois estágios subsequentes (1,53 e.c.). e (1,27 e.c.), respectivamente. Detectou-se significância da interação tratamentos x fases, mostrando que o percentual de redução não foi uniforme entre os tratamentos. Desses resultados concluiu-se ser possível selecionar materiais com valores altos de tanino na maturidade fisiológica, quando o ataque de pássaros é mais intenso, e que tenham teores relativamente baixos na colheita, considerando que este decréscimo tenha ocorrido em função da degradação deste fenol.

EVALUATION OF TANNIN CONTENT IN GRAIN SORGHUM LINES

[*Sorghum bicolor*, (L.) Moench] AND THEIR CROSSES

Author: JOSÉ FERNANDO MARTINS BORGES

Adviser: PROF. DR. ROLAND VENCOVSKY

SUMMARY

With the purpose of studying the effects of general and specific combining ability and heterosis of tannin content in grain sorghum, two trials were grown at Não Me Toque, RS. (site 1) and Capinópolis, MG. (site 2) in 1990/91.

Treatments evaluated were derived from a partial diallel crossing scheme, and comprised: four male-sterile female lines (set I), six male lines (set II), the 24 hybrids obtained from crossings between these two sets, and two check treatments (AG-3001 and P-815B).

Tannin content of seeds was measured through the vanillin-hydrochloric acid method proposed by BURNS (1971) and modified by MAXON & ROONEY (1972) and PRICE *et alii* (1978).

Average tannin content differed significantly between sites (1.53 c.e. at site 1 and 1.67 c.e. at site 2). The greatest variance occurred in bird resistant materials, with contents ranging from 2.89 c.e.

to 4.29 c.e. High tannin content was dominant over low tannin content. In set I and II components of general combining ability (gca) effects were significant, but only for set I these effects interacted with sites, possibly due to its greater genetic heterogeneity.

Crosses showed pronounced heterosis, averaging 1.33 c.e. or 249.60% relative to the parental overall mean. Components which contributed most to heterotic response were average heterosis and heterosis of set I lines. Specific heterosis (or specific combining ability) was also statistically significant, not interacting with sites, however.

Confronting our results with those found in the literature on forage sorghum, permits concluding that tannin content of seeds and of the green parts of the sorghum plant are probably under different genetic control.

It was observed that grain yield was not influenced by the presence of tannin, showing the possibility of selecting productive materials with or without tannin.

At location 1 tannin was measured in different stages of development of the grain, namely: at physiological maturity, at harvest time and 30 days after harvesting.

The highest average content was found at physiological maturity (2.27 c.e.). In the two subsequent stages this content was reduced to 1.53 c.e. and 1.27 c.e.,

respectively. The significance of the treatments x stages effects indicated that this reduction was not constant over treatments. It could hence be inferred that obtaining genetic materials with high tannin content at physiological maturity but relatively low content at harvest time, when bird damage is higher, might be possible in breeding programs, considering this reduction occurred as function of tannins degradation.

1. INTRODUÇÃO

O sorgo é uma planta herbácea, da família Gramineae, tribo Andropogoneae, e gênero *Sorghum*. Segundo DOGGETT (1988), este gênero contém três espécies: *Sorghum halepense* (Linn.) Pers., *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitch., *Sorghum bicolor* (Linn.) Moench. Dentro da espécie *bicolor* estão, entre outras, as subespécies *drummondii* (Seteud.) de Wet, *verticilliflorum* (Seteud.) Piper, e *bicolor*. Os sorgos cultivados, graníferos e forrageiros para silagem, são classificados botanicamente como: *Sorghum bicolor* subsp. *bicolor*.

O sorgo é originário da África, sendo que as formas cultivadas atualmente tiveram uma evolução rápida e recente, quando comparadas com outras espécies cultivadas, possuindo uma alta variabilidade genética.

No início deste século, o sorgo granífero se estabeleceu nas planícies do Estado do Texas nos EUA. Os híbridos, que proporcionaram um grande impulso à cultura, surgiram a partir de 1952 com a descoberta da macho esterilidade citoplasmática por Stephens e Holland.

Na década de 60, os híbridos de sorgo

chegaram ao Brasil, e nos anos 70 surgiram os primeiros programas de melhoramento da cultura no país. Atualmente, o sorgo vem obtendo progressos consideráveis, sendo que muitos trabalhos de pesquisa, nas diversas áreas, estão sendo desenvolvidos tanto em empresas do setor público como privado. Os programas de melhoramento genético têm contribuído decisivamente para a criação de materiais bem ajustados aos diversos sistemas de produção existentes no país, alcançando níveis de alta produtividade tanto em sorgos forrageiros como em sorgos graníferos. Segundo RODRIGUES (1990), o progresso conseguido no melhoramento genético do sorgo granífero no Brasil, no período de 1974 a 1988, foi de 1,8 % ao ano (557 kg de grãos/ha).

A planta de sorgo se adapta a uma ampla gama de ambientes e produz grãos mesmo sob condições desfavoráveis para a maioria dos outros cereais. Devido à sua tolerância ao estresse hídrico, é considerado o cultivo mais apto para regiões áridas e com chuvas mal distribuídas. Seu potencial produtivo em condições normais é semelhante ao do milho.

O sorgo, diferentemente dos outros cereais, produz grande quantidade de compostos fenólicos, inclusive os taninos condensados. Estes, quando presentes nos grãos de sorgo, imprimem uma maior tolerância aos danos de pássaros e insetos. Também conferem maior resistência a outras adversidades tais como fungos e a germinação dos grãos na panícula antes da colheita (WOODRUFF, *et alii*, 1982).

Do ponto de vista nutricional, os taninos trazem consequências indesejáveis, pois formam complexos com a proteína da dieta e enzimas digestivas, reduzindo a digestibilidade. Alguns são absorvidos pelo organismo onde eles aparentemente alteram o metabolismo e inibem o crescimento (BUTLER, 1982).

Em algumas regiões onde o sorgo é cultivado, os danos causados pelos pássaros chegam a ser consideráveis e, às vezes, há ocorrência de períodos chuvosos na época da colheita. Nestas regiões, como no sul do Brasil, são cultivados sorgos com tanino. Ao contrário, quando o problema de pássaros não é tão importante e a época da colheita coincide com períodos de estiagem, condição esta que acontece no plantio de "safrinha" no Brasil Central, recomenda-se o plantio de sorgos sem tanino.

As vantagens agronômicas e as desvantagens nutricionais conferidas pelos taninos geram um conflito entre produtores que cultivam sorgos antipássaros e os consumidores que preferem sorgos sem tanino.

O sorgo com tanino tem acentuado os problemas de mercado interno e externo, pois os compradores preferem adquirir o produto de regiões ou países que cultivam sorgos sem tanino.

Como os polifenóis são compostos secundários, não essenciais para o crescimento normal e reprodução da planta, eles variam muito mais intensamente entre genótipos que os constituintes primários da semente

como amidos, proteínas e lípidios (BUTLER, 1989a). Portanto, uma maior compreensão da genética dos polifenóis ajudaria na seleção de variedades que atenderiam tanto o interesse dos produtores como dos consumidores.

O presente trabalho tem como objetivo principal o estudo do comportamento de uma série de linhagens em cruzamentos dialélicos parciais, para as características de teor de tanino no grão e produtividade.

Para sintetizar híbridos de sorgos granífero com e sem tanino é importante que se conheça a herança desta característica.

Este estudo visa estimar a heterose, a capacidade geral e específica de combinação e verificar a presença de dominância para o caráter conteúdo de tanino nos grãos de sorgos graníferos.

Outro objetivo é o de verificar o teor de tanino em diferentes fases de desenvolvimento do grão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Taninos

Os taninos são substâncias encontradas em quase todos os gêneros de vegetais. Na planta, estão presentes nas folhas, lenho, flores, frutos e sementes. São fenóis solúveis em água com peso molecular entre 500 e 3.000, os quais além das reações fenólicas, têm a propriedade de precipitar alcalóides, gelatinas e proteínas (LEINMÜLLER *et alii*, 1991).

Os polifenóis do sorgo compreendem um grande número de compostos estruturalmente relacionados, a muitos dos quais não foram atribuídas uma estrutura química definida (BUTLER, 1982).

Os taninos são grupos de compostos hidroxil-fenólicos que têm a capacidade de interagir fortemente com as proteínas. Estão acompanhados, em geral, por outros compostos aromáticos, como fenóis, ácidos fenólicos, catequinas, leucoantocianidinas, etc., que não possuem as propriedades dos taninos mas podem aparecer integrados nas suas moléculas (BUTLER, 1989b).

Os taninos podem ser divididos em dois grupos: hidrolisáveis e condensados ou não hidrolisáveis. Os taninos hidrolisáveis são compostos de carboidratos que têm cadeias fenólicas laterais. Por hidrólise fornecem glicose e ácidos fenólicos, dos quais o mais conhecido é o ácido gálico. Os taninos condensados consistem de polímeros de derivados fenólicos mais complexos, ligados por pontes carbono-carbono, denominados leucoantocianinas (BUTLER, 1989a).

A maioria dos polifenóis encontrados em sorgo granífero antipássaro são os taninos condensados. A estrutura proposta para os taninos do sorgo é um oligômero de cinco a sete unidades de flavan-3-ol. Em ácidos fortes estes despolimerizam-se produzindo pigmentos de antocianidinas monoméricas (cianidina no caso do sorgo) também chamadas de proantocianidinas (BUTLER, 1982).

Todos os sorgos, não somente aqueles ricos em taninos, produzem outros tipos de polifenóis (ácidos fenólicos, flavanóides, ligninas, hidroquinonas, etc.)

2.2. Métodos de análises dos taninos

A determinação absoluta dos níveis de taninos condensados através de métodos químicos é difícil de se obter. Os reagentes padrões usados são menos efetivos que o tanino puro, cuja obtenção é trabalhosa e cara (CHAGERMAN & BUTLER, 1980).

Os taninos têm uma estrutura não unificada, por isso numerosos métodos estão disponíveis para a sua determinação, tais como: métodos colorimétricos, gravimétricos, físico-químicos, de precipitação de proteínas, etc..

A determinação química está baseada na capacidade dos taninos de formarem complexos coloridos com íons metálicos ou outras substâncias, os quais podem ser identificadas colorimetricamente. Segundo BURNS (1963) e LEINMÜLER *et alii* (1991), os principais métodos colorimétricos para determinação dos polifenóis em geral, são:

a) Vanilina - HCl

Determina principalmente os taninos condensados e suas formas monoméricas. Envolve a reação da vanilina em solução acidificada com o anel "A" dos flavan-3-4-dióis, produzindo uma cor avermelhada. É amplamente usado para a determinação quantitativa dos taninos condensados em sorgo granífero. Usa como reagente padrão a catequina.

b) Folin-Denis

Este método baseia-se no princípio de que o ácido fosfomolibdico-fosfotungstático é reduzido em solução alcalina pelos fenóis, ocasionando a formação de um complexo de coloração azul. Também há reação com xantinas, aminoácidos e proteínas. Os resultados são expressos em equivalentes de ácido tânico.

c) Azul da prússia

Neste método, os taninos e outros fenóis reduzem o Fe^{3+} a Fe^{2+} , os quais formam assim um complexo de cor azul com o potássio ferrohexacianoférrico. Usa como reagente padrão o ácido tânico.

d) n-Butanol HCl

Determina principalmente os taninos condensados. Pelo aquecimento em n-butanol-HCl, os mesmos são transformados em antocianidinas coloridas. O reagente padrão usado é a cianidina.

EARP *et alii* (1981) avaliaram sete métodos indicados para a determinação do teor de tanino em sorgo. Os métodos avaliados foram: azul da prússia, V-HCl (vanilina hidrocloreídrica ácida) com e sem prova em branco e com um tempo de extração de 20 minutos, MV-HCl (vanilina hidrocloreídrica ácida modificado) com e sem prova em branco e com um tempo de extração de 20 minutos, MV-HCl (vanilina hidrocloreídrica ácida modificado) com um tempo de extração de 24 horas e, inibição de α -amilase. Dos sete métodos estudados pelos autores, o da MV-HCl (24 h de extração) apresentou o maior valor do teste F e o menor coeficiente de variação (CV), como é mostrado na Tabela 1. Isto indicou que este método é o mais sensível em detectar diferenças no conteúdo de tanino devidas às variações genéticas. O método da V-HCl (20 min. de extração) com subtração da prova em branco, foi o segundo em precisão. Este último, por ser um método mais rápido, é recomendado para uso em programas de

melhoramento, onde se necessita estudar um grande número de amostras.

Tabela 1: Teores de tanino, teste F e coeficiente de variação (CV), em sete métodos de análise de tanino em sorgos do grupo I, II e III, sendo oito cultivares de grãos marrons e treze de outras cores (EARP *et alii*, 1981).

Métodos ^a	Grupo			Cor do grão			
	I ^c	II ^d	III ^e	marrom		outras	
	Teor de tanino ^b			F	CV	F	CV
Azul prus.	0,07	0,07	0,39	203,7	13,3	105,8	9,5
V-HCl c/br.	0,03	0,03	2,39	375,3	14,5	206,6	8,0
V-HCl s/br.	0,12	0,19	2,68	363,9	13,4	191,5	8,2
MV-HCl c/br.	0,02	0,07	1,10	186,0	21,5	149,9	11,2
MV-HCl s/br.	0,37	0,52	1,75	118,7	16,4	72,4	13,0
MV-HCl 24-hr	0,55	0,98	2,14	1004,7	6,8	1735,7	2,7
α -amilase	3,7	6,0	31,7	288,0	42,3	20,6	25,3

^a V-HCl = método da vanilina hidrocloreídrica ácida, MV-HCl = método da vanilina hidrocloreídrica ácida modificado.

^b V-HCl e MV-HCl: em equivalentes de catequina, α -amilase: porcentagem de inibição.

^c Sorgos sem a camada testa.

^d Com a camada testa presente mas sem o gene dispersor S.

^e Com a camada testa e o gene dispersor presentes.

2.3. Genética do teor de tanino em sorgo

A cor do grão e provavelmente os fenóis do sorgo são determinados pela pigmentação do pericarpo, da testa e do endosperma. Segundo SCHERTZ & STEPHENS (1966) e GOLMIRZAI & YORK (1992) os principais genes para estas

características são:

- B_1 e B_2 : São genes complementares que determinam a presença de uma camada testa. (B_1-B_2 - presença da testa; $B_1-b_2b_2$, $b_1b_1B_2-$, e $b_1b_1b_2b_2$ testa ausente).
- S: Gene dispensor de um pigmento marrom no pericarpo quando a camada testa está presente. (B_1-B_2-S - cor marrom; B_1-B_2-ss e $b_1b_1b_2b_2--$ outras cores).
- Y: Determina a coloração amarela do grão, sendo o amarelo dominante sobre o branco.
- R: Determina a cor vermelha do grão. O vermelho é dominante sobre o amarelo. ($R-Y$ - vermelho; rrY - amarelo; $--yy$ branco).
- Tp: Determina a cor da testa. (Tp - testa marrom, $tp tp$ testa púrpura).
- Q: Determina uma cor púrpura arroxeadada na planta.
- Ce: Permite que a cor púrpura se manifeste na camada nucelar e na gluma.
- I: Intensifica a cor do pericarpo.
- M: Origina uma descoloração da semente.
- Pb: Causa uma mancha púrpura na semente.
- Pt: Origina uma pigmentação púrpura na ponta da semente.
- Z: Gene que determina a espessura do mesocarpo.

Para uma melhor compreensão das partes que constituem o grão de sorgo, estas estão representadas esquematicamente na Figura 1 do APÊNDICE.

Segundo HAHN *et alii* (1984) as variedades de

sorgo podem ser subdivididas em três grupos, de acordo com os níveis de fenóis presentes, tipos de taninos e o genótipo do grão:

Grupo 1: Sorgos sem a camada testa, com baixos níveis de fenóis e sem nenhum tanino. ($b_1 b_1 B_2 ---$, $B_1 - b_2 b_2 --$ ou $b_1 b_1 b_2 b_2 --$).

Grupo 2: Com a camada testa presente, mas sem o gene dispersor S. São extraídas quantidades significativas de taninos somente com metanol ácido (1% HCl). ($B_1 - B_2 - ss$).

Grupo 3: Tanto a camada testa e o gene dispersor S estão presentes. Os taninos são extraídos em grande quantidade tanto com metanol como metanol ácido. ($B_1 - B_2 - S -$).

HAHN & ROONEY (1986) estudaram os efeitos do genótipo nos taninos e fenóis do pericarpo e da testa de algumas variedades de sorgo que diferiam nos genes R, Y, B_1 , B_2 , e S. Estes genes influenciaram tanto o nível como a localização dos compostos fenólicos nos grãos de sorgo. R e Y influenciaram principalmente os fenóis no pericarpo; quando ambos eram dominantes (pericarpo vermelho), aumentaram a quantidade dos pigmentos de antocianidinas. Os genes dominantes B_1 e B_2 controlaram a presença de uma camada testa pigmentada e taninos, determinando quantidades significativas deste fenol tanto no pericarpo como na testa. O gene S, quando dominante e na presença de B_1 e B_2 , também aumentou o nível de fenóis nestas duas partes. O nível de pigmentos de antocianidinas foram semelhantes em

pericarpos vermelho e branco dos sorgos do grupo III. As diferenças na extração dos taninos dos sorgos dos grupos II e III indicam que há dois tipos de taninos presentes no grupo III e somente um no grupo II. Houve variabilidade nos teores de taninos e fenóis em sorgos com genótipos iguais, indicando que outros fatores influenciaram estes caracteres.

Os genótipos de sorgo diferem significativamente na mistura particular dos componentes do tanino (BRANDON *et alii*, 1982) e o mesmo genótipo pode produzir misturas distintas de acordo com o local (HAHN & ROONEY, 1986).

EARP *et alii* (1981) encontraram níveis significativos de polifenóis e inibição de α -amilase somente naqueles cultivares com um gene dispersor (S) e um pericarpo fenotipicamente marrom, quer este fosse geneticamente vermelho ou branco.

Embora HAHN & ROONEY (1986) e WATTERSON & BUTLER (1983) citassem que aparentemente os taninos não ocorrem no endosperma ou em outros tecidos da planta, REYES-DISCUA (1979) relatou que as folhas e bainhas foram em geral, as partes com os maiores níveis de taninos. Outros trabalhos, citados abaixo, também indicaram diferentes resultados quando o tanino foi estudado no grão ou nas partes verdes da planta.

PARODA *et alii* (1975) estudaram o teor de tanino nos pais e na geração F_1 de um dialelo 6 x 6, de

espécies *Fu-Sorghum* conforme a classificação de Snowden (*S. vulgare*, *S. durra*, *S. caudatum*, *S. roxburghii*, *S. virgatum* e *S. sudanense*). Analisaram plantas inteiras antes do florescimento, encontrando alta significância para capacidade geral e específica de combinação (com um quadrado médio de 222,18 e 95,83, respectivamente). Baseados na proporção CGC/CEC concluíram que o conteúdo de tanino foi governado, principalmente, por efeitos genéticos aditivos, embora os não aditivos estivessem também presentes em uma proporção razoável. A heterobeltiose variou de -14,89% a 149,84%. O caráter foi governado principalmente por efeitos de dominância. Encontrou-se que, para cada gene recessivo controlando o teor de tanino, havia dois ou três genes dominantes e que, um gene dominante, pelo menos, foi responsável pela expressão desta característica. A estimativa da herdabilidade no sentido restrito foi alta (60,88%), e o caráter pareceu ser altamente herdável devido ao fato da variância genética aditiva também estar presente. Tanto os componentes aditivos como de dominância pareceram ser responsáveis pelo conteúdo de tanino em sorgo, indicando que métodos de melhoramento explorando estes componentes poderiam ser usados. Como o baixo teor de tanino foi dominante sobre o alto, métodos de retrocruzamento usando pai de baixo teor como progenitor recorrente seria recomendável.

BOORA & LODHI (1982) estudaram a heterose e a capacidade de combinação para substâncias tóxicas, em

forragem de sorgo, entre as quais, o tanino. Usaram um conjunto de 17 linhagens e cinco testadores e seus híbridos, plantados em dois ambientes. Os quadrados médios devidos a linhagens, testadores e híbridos foram altamente significativos, indicando que houve considerável variação entre pais e híbridos no conteúdo de tanino. Heterobeltioses negativas foram observadas na maioria dos cruzamentos, nos dois locais, variando de -72,63% a 121,47%. A variância devida à capacidade específica de combinação foi maior do que a devida à capacidade geral, indicando que a ação gênica do tipo não aditiva predominou na herança desta característica. Para o desenvolvimento de variedades forrageiras de baixos teores de tanino são desejáveis efeitos negativos de capacidade geral de combinação.

DANGI & LUTHRA (1978), trabalhando com linhagens de baixo teor de tanino, determinaram a heterose para esta característica na forragem de alguns híbridos promissores. Estas variaram de -29,35% a 77,77%. Observaram que quando um dos pais era de baixo conteúdo de tanino o híbrido também o era, sugerindo esse baixo teor ser dominante sobre o alto teor. A heterose também foi negativa na maioria daqueles cruzamentos em que um pai de baixo teor de tanino estava envolvido. Os autores sugerem ainda que podem ser desenvolvidos genótipos com altos rendimentos de forragem e com baixos teores de tanino, pois a maioria dos cruzamentos que tiveram heterose negativa para tanino

apresentaram alta heterose para o rendimento de matéria seca.

KAAN & BOYAT (1984) pesquisaram o conteúdo de tanino do grão em 60 linhagens puras de sorgo e 82 híbridos entre estas. Encontraram uma herdabilidade no sentido amplo muito alta. O conteúdo de tanino variou de 0,03% a 1,62% (pelo método de Daiber). O alto teor de tanino estava claramente relacionado à presença da camada testa. Dois híbridos entre linhagens de alto teor de tanino foram altos e um destes apresentou heterose positiva. Vinte e nove híbridos entre linhagens de baixo e alto teor de tanino produziram altos teores, e vinte e três destas combinações tiveram heterose positiva para o conteúdo deste fenol. Trinta e três híbridos entre linhagens com baixo teor foram de baixo tanino.

REYES-DISCUA (1979) estudou a herança do conteúdo de tanino nos componentes da planta de sorgo em dois anos, em um dialelo de seis linhagens mantenedoras (B) e um outro de cinco linhagens restauradoras (R). Uma variação significativa entre os cruzamentos de ambos os dialelos demonstrou que o conteúdo de tanino nas folhas, bainhas, colmos e grãos estava sob controle genético. A variância da capacidade geral de combinação respondeu pela maior parte da variância genética nos dois anos de estudo. Houve também indicação de que ação gênica não aditiva estava envolvida, pois a capacidade específica de combinação foi significativa na maioria dos caracteres

estudados. As variâncias dos efeitos relativos à interação CGC x anos foram consistentemente maiores que a correspondente estimativa envolvendo a CEC. Isto sugere que a CGC foi influenciada pelo ambiente dos diferentes anos produzindo maior ou menor quantidade de tanino. As heteroses no dialelo de linhagens B variaram de 22% a 45% para todos os caracteres, e no de linhagens R foram negativas ou próximas de zero para todas as características, exceto para conteúdo de tanino no grão (38%). As folhas e bainhas apresentaram altos níveis de tanino enquanto que o colmo baixos níveis. No grão, somente aquelas linhagens antipássaros e os híbridos que possuíam uma camada testa marrom apresentaram alto conteúdo deste fenol. O autor salienta que é possível obter progressos na seleção de genótipos não antipássaros e com baixo tanino nas folhas e bainhas.

WALTON (1980) estudou a herança do teor de tanino em diversas partes da planta, envolvendo um dialelo de seis linhagens mantenedoras (B) e outro de cinco linhagens restauradoras (R). Os efeitos da capacidade geral de combinação foram significativos para todas as características nos dois dialelos. Os efeitos da capacidade específica de combinação foram significativos mas somente em alguns casos. Os quadrados médios da CGC foram sempre maiores do que os da CEC. O efeito ambiental foi significativo, mas não o principal. A heterose do dialelo de linhagens B variou de 5% a 50%, e no de linhagens R foi

sempre menor. Os maiores quadrados médios da CGC indicaram a importância dos efeitos aditivos versus não aditivos em ambos os dialelos. Os efeitos de CEC ocorreram com suficiente frequência para sugerir que combinações particulares de progenitores poderiam ser usadas em um programa de híbridos visando desenvolver materiais de baixo tanino.

WOODRUFF *et alii* (1982) conduziram um trabalho para determinar o modo de herança da quantidade de tanino em sorgo granífero. Usaram o método da vanilina-HCl, proposto por BURNS (1971) e modificado por PRICE *et alii* (1978), para estimar o conteúdo de tanino nos grãos. Neste trabalho usaram 57 linhagens, com boas características agronômicas, da coleção mundial de sorgo. Obtiveram sementes F_1 de 13 cruzamentos representando 22 linhagens não aparentadas. Para os experimentos foram plantados os progenitores, F_1 's, F_2 's e algumas progênes dos retrocruzamentos. A herdabilidade de sentido amplo foi de intermediária a alta, indicando que a quantidade de tanino é um caráter altamente herdável. A variância dos progenitores não aumentou quando maiores teores de tanino estavam presentes. Os resultados obtidos foram os seguintes:

a) Em três cruzamentos, as médias dos progenitores, F_1 e F_2 foram semelhantes dentro de cada um deles. A baixa herdabilidade da F_2 e uma distribuição aparentemente normal sugere a falta de segregação para

algum gene principal. As distribuições fenotípicas dos retrocruzamentos RCP₁ e RCP₂ foram iguais à distribuição da F₂ em dois cruzamentos confirmando a ausência de segregação de gene principal. Estes três primeiros cruzamentos sugeriram as seguintes classes fenotípicas: 0,00-3,00 e.c., 4,01-6,00 e.c. e 5,01-8,00 e.c.. Como algumas dessas classes se sobrepõem, isto sugeriria que diferentes locus gênicos ou alelos estariam envolvidos.

b) Os F₁'s de outros três cruzamentos, embora tendo diferentes progenitores, tiveram variância e média do teor de tanino semelhantes. Os F₁'s indicaram que o alto teor de tanino foi dominante sobre o baixo, o que também foi confirmado pela distribuição fenotípica da F₂. Estas pareceram segregar em três classes fenotípicas, as quais foram designadas como baixo tanino (0,00-3,00 e.c.), médio tanino (3,01-5,00 e.c.), e alto tanino (acima de 5,00 e.c.). A frequência de tipos de baixo tanino em cada F₂ sugeriu um modelo de dois genes. Os dados da F₂ ajustaram-se à proporção de 9:6:1, indicando a interação de dois genes completamente dominantes para produzir o fenótipo de alto tanino. O retrocruzamento RCP₂ de um dos cruzamentos seguiu a proporção 1:2:1, a qual é esperada para um modelo de dois genes.

c) A distribuição fenotípica da F₂ de um outro cruzamento foi semelhante às do primeiro grupo e, novamente indicou um modelo de dois genes. O teor muito alto de tanino para o P₂ originou uma classe fenotípica adicional.

O teor de tanino da F_1 foi menor do que o P_2 mostrando dominância parcial do fenótipo muito alto tanino. A geração F_2 segregou numa proporção 1:8:6:1, indicando uma segregação de dois genes onde um é incompletamente dominante na presença da condição homozigótica dominante do outro; se ocorrer o contrário, ele age como completamente dominante.

d) Um outro cruzamento também pareceu segregar em três classes fenotípicas, onde a presença de tipos de baixo tanino sugeriu um modelo de dois genes. As classes fenotípicas dos progenitores e F_1 mostraram menor diferença da F_2 que os cruzamentos anteriores, sugerindo a possibilidade de diferentes locus ou alelos. As classes fenotípicas de baixo tanino (0,00-3,25 e.c.), médio (3,25-6,00 e.c.), e alto (acima de 6,00 e.c.) seguiram a proporção de 9:6:1.

e) E por fim, um último grupo de três cruzamentos pareceu segregar em um gene, mas nem sempre o mesmo em todos os cruzamentos. A F_2 de um deles segregou em médio e alto tanino na proporção de 3:1, sugerindo que somente um dos dois genes propostos para o cruzamento anterior estava segregando.

2.4. Tolerância a pássaros

Mc MILLIAN *et alii* (1972) avaliaram a tolerância a passáros em 142 linhagens de sorgo em

condições de campo e em dois locais. O teor de tanino e a cor da semente foram negativamente correlacionados com o dano de pássaros, $r = -0,622$ e $-0,431$, respectivamente. Os danos em um dos locais foi mais severo que em outro, mas uma correlação significativa ($r = 0,801$) da média de dano para os dois locais indicou que as linhagens mais danificadas foram as mesmas em ambos.

BULLARD *et alii* (1980) conduziram avaliações laboratoriais de repelência a pássaros e composição dos polifenóis em 15 variedades de sorgos antipássaros envolvendo duas espécies de pássaros. As variedades foram comparadas em um teste de preferência de dupla escolha onde foram colocados, lado a lado, uma testemunha suscetível e uma variedade antipássaro a ser avaliada. Baseado na resposta da preferência, as 15 variedades foram separadas em três grupos (pouco, intermediário e mais preferido), e com base na análise dos polifenóis as mesmas puderam ser colocadas em grupos similares. Foi encontrada uma correlação significativa entre equivalentes de catequina, analisados por dois métodos, e a porcentagem média de preferência das duas espécies de aves, para os sorgos antipássaros ($r = -0,83$ e $-0,69$).

SUBRAMANIAN *et alii* (1983) estudaram a composição química do grão, incluindo o teor de tanino, e caracteres agronômicos tais como: tipo e comprimento de panícula, cor da gluma, cobertura do grão pela gluma, dureza, e facilidade de debulha de 18 genótipos de sorgo de

cor marrom. Os caracteres agronômicos diferiram significativamente, mas provavelmente não foram os responsáveis pela resistência a pássaros. O conteúdo de tanino (em equivalentes de catequina) variou de 0,13 e.c. a 7,22 e.c., embora todas as linhagens tivessem um pericarpo marrom. Os dados indicaram que a cor do pericarpo não foi um indicador da concentração de tanino, pois genótipos tidos como antipássaros, continham pequenas quantidades deste fenol.

Segundo SCHAFFERT¹ um grupo de pesquisadores sob a coordenação do Dr. Larry G. Butler, da Universidade de Purdue, estão trabalhando em um projeto de sorgo de baixo tanino resistente a pássaros, e já encontraram dois materiais promissores. Este projeto inclui a caracterização e identificação dos componentes do grão responsáveis pela resistência, determinação de seu modo de herança e incorporação desta característica a outros sorgos.

2.5. Efeitos dos taninos na nutrição

Os estudos nutricionais dos taninos de sorgo são difíceis de serem conduzidos com exatidão. Por ser a extração e purificação muito dispendiosa, o uso do tanino de sorgo puro na dieta é impraticável.

¹ SCHAFFERT, R. (EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas) Comunicação pessoal, 1999.

Os efeitos biológicos dos taninos são resultados de sua tendência de ligarem-se às proteínas, envolvendo tanto as interações hidrofóbicas como as pontes de hidrogênio. Portanto, quando se ligam às proteínas da dieta reduzem a sua digestibilidade. As proteínas diferem muito em sua afinidade por taninos. Aquelas com maior afinidade são de maior tamanho, têm uma estrutura aberta, não contém carboidratos de ligação e, principalmente, são ricas em prolina (BUTLER *et alii*, 1984).

ASQUITH & BUTLER (1986) estudaram os taninos condensados de quatro espécies vegetais, entre as quais o sorgo. Usando técnicas de ligação competitiva para seis proteínas mostraram que as interações tanino/proteína são específicas, tanto para o tipo de tanino como para o tipo de proteína.

Os principais efeitos dos taninos de sorgo são a menor taxa de crescimento, menor consumo e redução da eficiência na utilização dos alimentos. No entanto, estes efeitos em roedores, aves, suínos e ruminantes diferem em alguns aspectos.

BUTLER (1978) em ensaios de nutrição com pintos e ratos, verificou que com variedades de alto tanino, quando a dieta não é suplementada com proteína adicional, os ganhos de peso são substancialmente pobres.

Em aves, os efeitos antinutricionais dos taninos são manifestados como uma redução na taxa de crescimento e conversão alimentar, diminuição da

fecundidade e produção de ovos ou aumento da mortalidade. Os taninos hidrolisáveis tendem a diminuir a absorção de nutrientes. Esses efeitos são mais difíceis de serem demonstrados em ruminantes, onde há relatos de efeitos benéficos do tanino devido à inibição do empanzinamento ou das perdas da proteína no rúmen (BUTLER, 1989a).

BRANDES & FREITAS (1992) fizeram comentários sobre os efeitos positivos dos taninos condensados em ruminantes. Estes formam complexos insolúveis e estáveis com as proteínas da dieta que dissociam-se nas condições ácidas do abomaso, sob pH 1,3 a 3,0. Esta dissociação permite uma digestão enzimática das proteínas vegetais, que do contrário gerariam grande quantidade de amônia no rúmen, onde a síntese de proteína bacteriana é mais lenta que a liberação da amônia.

STREETER *et alii* (1990) compararam a intensidade da digestão de milho com quatro híbridos de sorgo granífero (com a cor do grão amarela, creme, hetero amarela e vermelha). Os híbridos de sorgo apresentaram uma taxa estimada de ganho de peso/consumo de alimento de 81% a 93% daquela alcançada com o grão de milho.

ROONEY (1987) relata que as variedades de sorgo sem testa pigmentada e, portanto, sem taninos condensados, têm um valor nutricional equivalente a 95% do milho.

MAIER *et alii* (1978), em um experimento com poedeiras, compararam rações de milho e de sorgo de alto e

baixo teor de tanino e com níveis ótimos e subótimos de proteínas. De modo geral, em dietas de poedeiras, os sorgos de alto e baixo tanino puderam substituir o milho em até 50%, sem afetar o desempenho dos animais.

2.6. Efeitos fungicida e bacteriológico dos polifenóis

Os polifenóis em sorgo, bem como em outras espécies de plantas em que eles ocorrem, fornecem um sistema natural de proteção à planta. Alguns trabalhos relatam que a resistência aos fungos e à germinação pré-colheita dos grãos na panícula de sorgo são conferidas pelos taninos e outros polifenóis.

BANDDYOPADHYAY *et alii* (1988) avaliaram 7.132 entradas da coleção mundial de sorgo do "International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics" (ICRISAT), para sua resistência aos fungos dos grãos, e identificaram 156 acessos resistentes.

JAMBUNATHAN & KARDEKAR (1991) determinaram a concentração de flavan-4-ol nos tecidos das folhas de sorgos resistentes e suscetíveis aos fungos dos grãos. As variedades estudadas estavam classificadas em quatro grupos: CRT⁺ (colorido, resistente, com testa); CST⁻ (colorido, suscetível, sem testa); CRT⁻ (colorido, resistente, sem testa); WST⁺ (branco, suscetível, com testa). O extrato das folhas das variedades resistentes apresentaram uma concentração de flavan-4-óis no mínimo

três vezes superior às variedades suscetíveis.

HAHN *et alii* (1983), usando a técnica da cromatografia líquida de alta performance, identificaram e quantificaram os ácidos fenólicos presentes em sete variedades de sorgo resistentes aos fungos dos grãos. Foram identificados oito ácidos fenólicos, a saber: gálico, protocatequêico, p-hidroxibenzóico, vanílico, cafêico, p-cumárico, ferúlico e cinâmico. Além destes, doze outros foram separados dos extratos dos grãos, mas não foram identificados. Os sorgos graníferos resistentes ao ataque de fungos continham uma maior quantidade e variedade de ácidos fenólicos identificados e de compostos não conhecidos do que aquelas variedades suscetíveis. Os sorgos resistentes também tinham uma maior percentagem do seu total de ácidos fenólicos identificados na forma livre. No entanto, estes autores ressaltam que a resistência ao ataque de fungos não pode ser atribuída exclusivamente ao conteúdo ou ao perfil dos ácidos fenólicos analisados, pois estes não se correlacionaram bem com a resistência fúngica. A capacidade do sorgo de resistir aos ataques fúngicos parece não ser devida a um fator simples, e sim, provavelmente, ao resultado da combinação e interação de muitos fatores. Entre estes fatores se incluem o conteúdo de tanino e características físicas do grão.

2.7. Mudanças do teor de tanino durante a maturação do grão

DAVIS & HOSENEY (1979) estudaram a quantidade e a composição das frações de taninos condensados, de três híbridos antipássaros, coletadas em diversas fases antes da colheita. Os taninos condensados apresentaram diferenças na composição entre os três híbridos e, dentro de um mesmo híbrido, nas diferentes fases de desenvolvimento do grão. Para todos os híbridos a atividade de inibição da α -amilase aumentou gradualmente até seis semanas antes da colheita. Da sexta semana até a colheita, um híbrido se manteve constante e os demais reduziram seus níveis de inibição, mas em proporções diferentes.

PRICE *et alii* (1979) determinaram o conteúdo de tanino de doze variedades de sorgo em várias fases do desenvolvimento do grão. Os teores máximos de tanino, expressos na base de peso seco, foram obtidos entre 25 a 40 dias após a antese. Na semente madura os valores alcançaram desde 3% a 93% do máximo encontrado no grão imaturo.

RUBIOLLO *et alii* (1985), usando o método de Folin-Denis, determinaram o equivalente de ácido tânico em seis híbridos de sorgo granífero aos 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a antese. Foram detectadas diferenças significativas entre os híbridos, entre as fases, e na interação híbridos por fases. Observaram diferenças

varietais quanto à evolução do conteúdo de equivalentes de ácido tânico durante o período de enchimento do grão. As maiores variações foram apresentadas por aquelas variedades que apresentaram altos teores na maturação, enquanto que as de baixos teores não mostraram variações significativas após os 21 dias do início da antese.

ASBORNO & CHIDICHIMO (1985-86) avaliaram o conteúdo do tanino durante o período da granação-maturação em 10 híbridos comerciais de sorgo granífero, sendo cinco de alto e cinco de baixo teor de tanino. Nos sorgos de altos teores a acumulação máxima, medida em miligramas por semente, ocorreu 34 dias depois da antese, e a partir desta data houve decréscimo de 3% a 36%. Os cultivares com baixos níveis de polifenóis não apresentaram valores altos em nenhuma fase de maturação considerada. Com base no comportamento de dois híbridos, que apresentaram uma perda significativa do conteúdo de tanino com o avanço da maturação, esses autores acreditam que seria possível compatibilizar resistência a fatores adversos e um valor nutricional mais adequado.

GOLMIRZAIE & YORK (1992) relataram que os sorgos de grãos marrons com uma camada testa púrpura podem ter tanino o suficiente para uma tolerância a pássaros durante os estágios imaturos de desenvolvimento do grão e níveis baixos de tanino no grão maduro.

RODRIGUES (1991) analisou o teor de tanino de 24 variedades de sorgo granífero, pelo método de

Folin-Denis. Os valores máximos encontrados, em porcentagem de massa seca, foram na fase de grãos leitosos. A partir desta, o equivalente de ácido tânico foi decrescente. Porém, alguns materiais não apresentaram reduções significativas ao longo das fases.

Segundo HAHN & ROONEY (1986) as moléculas mais longas e altamente polimerizadas de tanino, que se acumulam no decorrer do amadurecimento do grão, são mais difíceis de serem extraídas. Portanto, o menor teor de tanino nas fases mais avançadas de desenvolvimento do grão pode ser devido a uma falha na extração e não à real redução deste fenol.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Tratamentos

Os ensaios constaram de trinta e seis tratamentos, os quais foram assim distribuídos: seis linhagens parentais masculinas, quatro linhagens parentais femininas, 24 híbridos simples oriundos do cruzamento entre todos os progenitores masculinos e femininos, e duas testemunhas comerciais, (AG 3001 e P 815B). Os híbridos AG 1015 e AG 1017 e seus progenitores também fizeram parte do dialelo.

As linhagens, de diversas origens, foram escolhidas por sua coloração do grão, por sua tolerância a pássaros, e pela presença ou ausência da camada testa e tanino, observadas visualmente em anos anteriores. Estas características estão listadas na Tabela 2.

As linhagens foram divididas em dois conjuntos, sendo:

a) conjunto I (progenitores masculinos) - seis linhagens com o gene restaurador da fertilidade masculina (R).

b) conjunto II (progenitores femininos) - quatro linhagens com macho esterilidade citoplasmática do tipo A₁.

Tabela 2: Características das linhagens utilizadas na obtenção do dialelo.

	Tolerância a pássaros	Cor aparente do grão	Camada testa	Tanino
Conjunto I (machos)				
1 ^a	suscetível	vermelho clara	ausente	sem
2 ^b	suscetível	branca	ausente	sem
3	tolerante	marrom	presente	com
4	tolerante	marrom	presente	com
5	suscetível	vermelho clara	fragmentos	sem
6	tolerante	marrom clara	presente	com
Conjunto II (fêmeas)				
1 ^c	suscetível	vermelho clara	ausente	sem
2'	suscetível	vermelho clara	ausente	sem
3'	suscetível	vermelho clara	ausente	sem
4'	suscetível	vermelha	ausente	sem
Testemunhas				
P 815 B	tolerante	marrom escura	presente	com
AG 3001	tolerante	marrom escura	presente	com

a = M AG 1017

b = M AG 1015

c = F AG 1017/1015

3.2. Experimentos

Os experimentos foram conduzidos em dois locais:

Local 1: Município de Não Me Toque-RS, situado a 28° 28' de latitude sul, 52° 50' de longitude oeste, e numa altitude de 514 metros.

Local 2: Capinópolis-MG, situado a 18° 41' de

latitude sul, 49° 34' de longitude oeste, e com uma altitude de 621 metros.

Os ensaios foram plantados em solo do tipo latossolo vermelho distrófico, argiloso em Não Me Toque e areno-argiloso em Capinópolis.

No local 1 o ensaio foi instalado em 22-11-90, e colhido em 15-04-91, e no local 2 o plantio foi realizado em 15-12-90, e a colheita em 20-03-91.

O delineamento estatístico usado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram compostas por quatro fileiras de cinco metros, com setenta centímetros de espaçamento entre fileiras e 12 plantas por metro linear. A área útil da parcela foi de 7 m².

3.3. Caracteres avaliados

Os principais caracteres avaliados neste estudo foram:

- floração: número de dias decorridos até o florescimento de 50 % das plantas da parcela a partir da data de plantio;
- altura da planta: medida em centímetros do solo até o ápice da panícula;
- produtividade de grãos: medido em quilogramas por hectare, corrigido a 13 % de umidade do grão;
- teor de tanino: porcentual em relação à matéria seca do grão, dado em equivalentes de

catequina.

Outros caracteres auxiliares também foram avaliados, como:

- porcentagem de tombamento: porcentagem de plantas acamadas mais quebradas;
- estande final: número de plantas na época da colheita;

3.4. Determinação do teor de tanino

A avaliação do teor de tanino foi feita nos dois ensaios na época da colheita. Porém, no ensaio conduzido em Não Me Toque (local 1) as medições foram realizadas em três estádios de desenvolvimento do grão, a saber: a) na maturidade fisiológica; b) no ponto de colheita; c) trinta dias após o ponto de colheita.

As amostras de grãos foram tomadas em cada uma das parcelas dos ensaios (locais 1 e 2). Essa amostragem foi feita da seguinte maneira: após a debulha das panículas tomou-se uma amostra de aproximadamente 1 kg. Estas foram limpas de glumas, grãos quebrados e outras impurezas e homogeneizadas em um misturador de sementes. Foram armazenadas em câmara seca a uma temperatura de 15 °C. Como subamostra de trabalho tomou-se 100 gramas, das quais 50 gramas foram moídas finamente em um moinho próprio para grãos. Finalmente, na determinação do tanino usou-se cinco gramas do grão moído.

O teor de tanino nos grãos de sorgo foi estimado usando-se o método da vanilina hidrocloreídrica ácida, (24 horas de extração) proposto por BURNS (1971), modificado por MAXSON & ROONEY (1972) e PRICE *et alli* (1978).

Para a remoção dos taninos os grãos moídos foram imersos em metanol durante um período de 24 horas, à temperatura ambiente. Após este período, uma alíquota de 1 ml do sobrenadante foi diluída em 5 ml de uma solução de vanilina e metanol (uma mistura de 1:1 de 4% de vanilina : 8% de HCl em metanol) por 20 minutos, e a seguir, submetida à leitura da absorbância, em espectrofotômetro, a um comprimento de onda de 500 nm.

Para reduzir a influência de outras substâncias diluídas no metanol, usou-se uma solução em branco que continha 4% de HCl em metanol ao invés do reagente vanilina. Após, fez-se a leitura da absorbância desta em espectrofotômetro. O valor obtido para a prova em branco foi subtraído da leitura anterior, obtendo-se assim o valor da absorbância ajustado do tanino.

Para a obtenção do percentual de tanino relacionou-se o valor da leitura da absorbância com uma curva padrão obtida a partir de diferentes concentrações de catequina (0,0 a 1,0 mg/ml). Os valores finais de tanino foram expressos em equivalentes de catequina (e.c.).

3.5. Análises estatísticas

3.5.1. Análise dialélica

Para a estimativa dos componentes genéticos de médias usou-se o modelo descritivo das observações fenotípicas proposto por MIRANDA F^O e GERALDI (1984). Este modelo considera dois conjuntos fixos de variedades e os cruzamentos intervarietais entre os dois conjuntos, de acordo com a descrição a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha d + 1/2 (v_i + v_j) + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + \bar{e}_{ij}$$

sendo:

Y_{ij} = média do cruzamento entre a linhagem i ($i = 1, 2, \dots, I$) do conjunto I e a linhagem j ($j = 1, 2, \dots, J$) do conjunto II;

μ = média do valor genotípico das linhagens dos conjunto I e II;

$\alpha = +1$ para y_{ii} e $\alpha = -1$ para y_{jj} ;

d = medida da diferença entre as médias dos dois conjuntos de linhagens;

v_i = efeito genotípico da linhagem i do conjunto I;

v_j = efeito genotípico da linhagem j do conjunto II;

θ = é um coeficiente condicional: $\theta = 1$ para os cruzamentos e $\theta = 0$ para as linhagens;

$\bar{h}$ = efeito da heterose média para todos os cruzamentos;

h_i = efeito da heterose das linhagens do conjunto I. É dada pela diferença entre a média das heteroses dos

híbridos da linhagem i e a heterose geral $\bar{h}$;

h_j = efeito da heterose das linhagens do conjunto II; É dada pela diferença entre a média das heteroses dos híbridos da linhagem j e a heterose geral $\bar{h}$;

s_{ij} = efeito da heterose específica manifestada no cruzamento ij ;

$\bar{e}_{ij}$ = erro experimental associado à média Y_{ij} .

A tabela dialélica parcial pode ser representada genericamente como na Tabela 3.

Tabela 3: Tabela genérica do dialelo parcial (MIRANDA FILHO & GERALDI, 1984).

Y_{ij}	Conjunto II						Variedades	
	1'	2'	...	j	...	J	Total ($Y_{i.}$)	(1): Y_{ij}
C o n j u n t o	1	$Y_{11'}$	$Y_{12'}$		Y_{1j}	Y_{1J}	$Y_{1.}$	Y_{1i}
	2	$Y_{21'}$	$Y_{22'}$		Y_{2j}	Y_{2J}	$Y_{2.}$	Y_{2i}
	...	...						
	i	$Y_{i1'}$	$Y_{i2'}$		Y_{ij}	Y_{iJ}	$Y_{i.}$	Y_{ii}
	...							
I	I	$Y_{I1'}$	$Y_{I2'}$		Y_{Ij}	Y_{IJ}	$Y_{I.}$	Y_{II}
Total ($Y_{.j}$)	$Y_{.1'}$	$Y_{.2'}$	...	$Y_{.j}$	...	$Y_{.J}$	Y_H	$Y_{(1)}$
Variedades (2): Y_{jj}	$Y_{1'1'}$	$Y_{2'2'}$	...	Y_{jj}	...	Y_{JJ}	$Y_{(2)}$	Y_T

3.5.2. Análise do dialelo em dois ambientes

Para a obtenção da soma de quadrados devida às interações dos efeitos genéticos com os ambientes foram seguidos os passos da análise conjunta dados por VENCovsky e BARRIGA (1992), que são os seguintes:

- a) obtenção de SQ (Tratamentos) por local;
- b) obtenção de SQ (Tratamentos) com as médias ($\bar{L}$) dos tratamentos, reunindo os dois locais;

c) obtenção de SQ (Interações Tratamentos x Locais) usando-se a fórmula seguinte:

$$SQ (T \times L) = SQ (TDL_1 + SQ (TDL_2 - (2) SQ (T\bar{L})$$

d) os mesmos passos foram seguidos para os demais efeitos, a saber: entre conjuntos, Conjunto I, Conjunto II, heterose, heterose média, heterose do conjunto I, heterose do conjunto II e heterose específica.

3.5.3 Análise de parcelas subdivididas

No caso do experimento conduzido no local 1, onde o tanino também foi medido ao longo de diferentes fases de desenvolvimento do grão, a análise estatística foi feita usando-se o delineamento de parcelas subdivididas no tempo (STEEL & TORRIE, 1980). Os híbridos e linhagens constituíram as parcelas, e as três fases de desenvolvimento do grão foram considerados como as subparcelas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados obtidos no presente trabalho e a discussão a eles relacionada terá a seguinte sequência: primeiramente, uma abordagem mais completa sobre os resultados obtidos do teor de tanino nos grãos de sorgo envolvendo um esquema de cruzamento dialélico parcial, em seguida, uma discussão sobre os teores de tanino em diferentes fases de desenvolvimento do grão, e por fim, uma abordagem resumida dos resultados obtidos sobre as características produtividade de grãos, altura da planta e número de dias decorridos até o florescimento.

4.1. Teores de tanino nos grãos

4.1.1. Teores de tanino nos grãos na fase da colheita e em dois ambientes

A Tabela 4 mostra os teores de tanino, em equivalentes de catequina (e.c.) nos locais 1 (Não Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG), e a média dos dois locais.

A análise da variância conjunta do caráter teor de tanino é mostrada na Tabela 5.

O teor de tanino dos materiais diferiu significativamente ao nível de 1% e sofreu variações com as condições ambientais onde os ensaios foram conduzidos. A média no local 1 foi de 1,53 e.c. e no local 2 de 1,67 e.c. Os materiais com baixos teores deste fenol apresentaram valores baixos em ambos os locais, com uma média variando de 0,01 e.c. a 0,08 e.c. A variação maior entre os ambientes ocorreu com aqueles cultivares considerados antipássaros, cujo teor variou de 2,89 e.c. a 4,29 e.c. Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de BRANDON *et alii* (1982), HAHN & ROONEY (1986) e HARRIS *et alii* (1970) que encontraram diferenças significativas entre ambientes e genótipos para esta característica.

As linhagens do conjunto I, com diversas cores de grãos, apresentaram teores de tanino que diferiram significativamente e tiveram uma alta interação por locais. O quadrado médio do conjunto II foi bem menor, mas ainda significativo. As linhagens deste conjunto foram todas sem tanino, não havendo interação com locais.

A linhagem progenitora masculina 1, a qual tinha um pericarpo vermelho, apresentou baixo teor de tanino (0,03 e.c.) e foi semelhante a linhagem 2 do mesmo conjunto, de pericarpo branco (0,07 e.c.), mostrando que o teor de tanino não é influenciado pela cor vermelha do pericarpo em sorgos de baixo tanino. Os altos teores de

Tabela 4: Teores médios de tanino, em equivalentes de catequina (e.c.), nos locais 1 (Não Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG), e para o conjunto dos locais (Média). 1990/91.

Tratamentos		Teor de tanino (e.c.)		
		Local 1	Local 2	Média
País				
-	1'	0,02	0,02	0,02
-	2'	0,02	0,03	0,02
-	3'	0,08	0,03	0,05
-	4'	0,02	0,01	0,02
1	-	0,05	0,02	0,03
2	-	0,12	0,02	0,07
3	-	2,10	2,81	2,46
4	-	1,46	2,15	1,81
5	-	0,11	0,07	0,09
6	-	1,80	1,70	1,75
Média dos país		0,58	0,67	0,63
Híbridos				
1 x 1'	(AG 1017)	0,04	0,00	0,02
1 x 2'		0,05	0,02	0,03
1 x 3'		0,03	0,03	0,03
1 x 4'		0,03	0,01	0,02
2 x 1'	(AG 1015)	0,11	0,02	0,06
2 x 2'		0,05	0,02	0,04
2 x 3'		0,05	0,02	0,04
2 x 4'		0,01	0,01	0,01
3 x 1'		2,67	3,50	3,08
3 x 2'		2,44	3,35	2,89
3 x 3'		3,21	3,65	3,43
3 x 4'		3,62	4,16	3,89
4 x 1'		3,30	3,70	3,50
4 x 2'		3,19	3,38	3,28
4 x 3'		3,94	3,69	3,82
4 x 4'		4,20	4,08	4,14
5 x 1'		0,12	0,02	0,07
5 x 2'		0,13	0,03	0,08
5 x 3'		0,46	0,32	0,39
5 x 4'		0,86	0,43	0,65
6 x 1'		2,97	3,35	3,16
6 x 2'		3,31	3,69	3,50
6 x 3'		4,10	4,48	4,29
6 x 4'		3,92	4,40	4,16
Média dos híbridos		1,78	1,93	1,86

Tabela 4. Continuação.

Tratamentos	Teor de tanino (e.c.)		
	Local 1	Local 2	Média
Testemunhas			
P 815 B	2,99	4,25	3,62
AG 3001	3,36	2,71	3,03
Média das testemunhas	3,17	3,48	3,33
Média geral	1,52	1,67	1,60
CV %	12,4	10,7	

tanino foram relacionados com a presença de uma camada testa colorida. Esta camada estava presente nas linhagens progenitoras masculinas de coloração marrom 3, 4 e 6 do conjunto I, as quais apresentaram um teor de tanino de 2,46; 1,81; e 1,75 e.c. respectivamente. Estes dados estão de acordo com HAHN & ROONEY (1986) que obtiveram os seguintes resultados: a) não houve diferenças para o teor de tanino em sorgos do grupo I quer o pericarpo fosse vermelho ou branco, b) em sorgos do grupo II os genes R e Y afetaram o conteúdo deste fenol c) os sorgos marrons foram os que apresentaram os maiores valores de tanino.

Na Tabela 6 é mostrada a tabela dialética com as médias dos teores de tanino dos dois locais. Os valores estão dispostos de forma similar à tabela genérica apresentada no capítulo material e métodos.

Os dados mostraram que o teor de tanino foi alto em cruzamentos que tinham um dos pais com alto

Tabela 5. Análise da variância conjunta do caráter teor de tanino.

FV	GL	Quadrado médio (e.c.)
Locais	1	0,4055 **
Materiais	33	2,8522 **
Entre conjuntos	1	0,9761 **
Conjunto I	5	11,8878 **
Conjunto II	3	0,2387 **
Heterose	24	1,3789 **
Heterose média	1	12,0613 **
Heterose conjunto I	5	3,9287 **
Heterose conjunto II	3	0,1531 **
Heterose específica	15	0,0620 **
Materiais x locais	33	0,0533 **
Entre conjuntos x locais	1	0,0288
Conjunto I x locais	5	0,1978 **
Conjunto II x locais	3	0,0080
Heterose x locais	24	0,0299 **
Heterose média x locais	1	0,0123
Heterose conjunto I x locais	5	0,1012 **
Heterose conjunto II x locais	3	0,0070
Heterose específica x locais	15	0,0118
Resíduo	140	0,0114

teor, indicando que o alto teor foi dominante sobre o baixo. Isto está de acordo com o trabalho de KAAH & BOYAT (1984) e também com o resultado obtido por WOODRUFF *et alii* (1982), que estudaram este caráter nos grãos de sorgo. Outros autores porém, como DANGI & LUTHRA (1978), BOORA & LODHI (1982) e PARODA *et alii* (1975), encontraram que o

baixo teor de tanino foi dominante sobre o alto, em estudos feitos em forragem de sorgo. A explicação para estes resultados contrastantes pode ser devido ao fato de que o controle genético desta característica nos grãos é diferente daquele nas partes verdes da planta.

Tabela 6. Tabela dialética de médias do teor de tanino (e.c.), dos locais 1 e 2 (Não Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.

		Conjunto II				Total	Linhas- gens (I)
		1'	2'	3'	4'		
C o n j u n t o I	1	0,02	0,03	0,03	0,02	0,10	0,03
	2	0,06	0,04	0,04	0,01	0,15	0,07
	3	3,08	2,89	3,43	3,89	13,29	2,46
	4	3,50	3,28	3,82	4,14	14,74	1,81
	5	0,07	0,08	0,39	0,65	1,19	0,09
	6	3,16	3,50	4,29	4,16	15,11	1,75
Total		9,89	9,82	12,00	12,87	44,58	6,21
Linhagens (II)		0,02	0,02	0,05	0,02	0,11	50,90

Todos os componentes da heterose foram significativos ao nível de 1%, mas as heteroses média e do conjunto I apresentaram os maiores quadrados médios e interagiram com locais.

Os teores de tanino nos dois locais foram proporcionais ($r = 0,98$), mostrando que as interações não são tão complexas como no caso da produtividade de grãos. Os efeitos de linhagens associados ao conjunto I mediram valores diferentes nos dois locais mas mantiveram a mesma tendência (Tabela 7). As linhagens 1, 2 e 5 do conjunto I com efeitos v negativos são indicadas para uso em programas de sorgo sem tanino. A linhagem 3 apresentou efeito v quase o dobro das linhagens 4 e 6, todas de alto tanino.

A $\bar{h}$ para este caráter foi alta, medindo 1,33 e.c. (249,6%). A heterose do conjunto I interagiu com locais. A linhagem 3 apresentou heteroses menores, 0,62 e.c. no local 1 e 0,89 e.c. no local 2. As maiores heteroses foram medidas nas linhagens 4 (1,61 e.c. no local 1 e 1,27 e.c. no local 2) e 6 (1,36 e.c. no local 1 e 1,76 e.c. no local 2). Os híbridos que apresentaram os maiores valores de tanino tinham como progenitor masculino a linhagem 6, embora o teor desta não fosse o maior.

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter teor de tanino.

$\hat{\mu} = 0,5312$	$\hat{d} = 0,5037$	$\hat{h} = 1,3262$
----------------------	--------------------	--------------------

Efeitos de linhagens e de heterose associada ao conjunto I

Progenitor	Efeito (v_i)		Efeito (h_i)	
	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
1	-0,8900	-1,1083	-1,3012	-1,3625
2	-0,8200	-1,1083	-1,3187	-1,3600
3	1,1600	1,6817	0,6212	0,8925
4	0,5200	1,0217	1,6137	1,2700
5	-0,8300	-1,0583	-0,9762	-1,2025
6	0,8600	0,5717	1,3612	1,7625

Efeitos de linhagens e de heterose associada ao conjunto II

Progenitor feminino	Efeito (v_j)	Efeito (h_j)
	Locais 1 e 2	Locais 1 e 2
1	-0,0075	-0,2054
2	-0,0075	-0,2171
3	0,0225	0,1312
4	-0,0075	0,2912

Heterose específica, locais 1 e 2

Híbrido	Heterose específica
1 x 1	0,204
1 x 2	0,226
1 x 3	-0,137
1 x 4	-0,292
2 x 1	0,232
2 x 2	0,223
2 x 3	-0,140

Tabela 7. Continuação.

Híbrido	Heterose específica
2 x 4	-0,315
3 x 1	-0,033
3 x 2	-0,212
3 x 3	-0,035
3 x 4	0,280
4 x 1	0,024
4 x 2	-0,184
4 x 3	-0,007
4 x 4	0,168
5 x 1	-0,018
5 x 2	0,003
5 x 3	-0,050
5 x 4	0,065
6 x 1	-0,408
6 x 2	-0,057
6 x 3	0,370
6 x 4	0,095

4.1.2. Teores de tanino em diferentes fases de desenvolvimento do grão

Para o experimento conduzido em Não Me Toque-RS, foram determinados os teores de tanino em três fases distintas do desenvolvimento do grão, a saber: maturidade fisiológica, época da colheita, e trinta dias após a colheita.

Os dados dos teores de taninos nas três fases, em equivalentes de catequina, são mostrados na Tabela 8. Os tratamentos foram agrupados em sorgos de baixo e alto teores de tanino.

A análise da variância em parcelas subdivididas do caráter teor de tanino nas três fases de desenvolvimento

do grão é apresentada na Tabela 9.

Foi encontrada diferença significativa entre tratamentos e também entre as fases de desenvolvimento do grão.

A análise de parcela subdividida mostrou que o aparente decréscimo no teor de tanino durante as fases de desenvolvimento do grão, foi altamente significativo. A interação entre tratamentos e fases também foi significativa, mostrando assim, que a mudança no teor de tanino não foi uniforme para todos os tratamentos. No melhoramento de sorgos com altos teores de tanino, devemos buscar materiais que possuam valores mais altos na maturação fisiológica e que sofram um decréscimo acentuado até a fase de colheita. Porém este decréscimo pode ser devido a uma maior polimerização do tanino e não a uma redução real, assunto este, carente de estudos mais profundos.

A média geral do teor de tanino do experimento, no estágio de maturidade fisiológica foi de 2,27 e.c. (equivalentes de catequina), e este valor diminuiu até a época da colheita e trinta dias após a época da colheita para 1,53 e.c e 1,27 e.c., respectivamente.

Se consideramos apenas o conjunto de sorgo com alto teor de tanino, verificamos que este teve uma maior influência no decréscimo da média geral. As médias dos sorgos de alto tanino foram de 4,48 e.c. na fase da maturidade fisiológica, decrescendo para 3,09 na da

Tabela 8: Teores de tanino, em equivalentes de catequina, em três fases de desenvolvimento do grão: maturidade fisiológica, ponto de colheita, e trinta dias após a colheita. Não Me Toque 1990/91.

Tratamento	Teor de tanino (equivalente de catequina)		
	Maturação fisiológica	Colheita	30 dias pós colh.
Sorgo de baixo tanino			
1 1' (AG 1017)	0,06	0,04	0,04
1 2'	0,05	0,05	0,05
1 3'	0,02	0,03	0,03
1 4'	0,03	0,03	0,05
2 1' (AG 1015)	0,12	0,11	0,13
2 2'	0,07	0,05	0,05
2 3'	0,06	0,05	0,05
2 4'	0,04	0,01	0,02
5 1'	0,18	0,12	0,04
5 2'	0,47	0,13	0,14
5 3'	0,71	0,46	0,21
5 4'	1,92	0,86	1,24
- 1'	0,06	0,02	0,00
- 2'	0,01	0,02	0,03
- 3'	0,16	0,08	0,09
- 4'	0,01	0,02	0,02
1 -	0,04	0,05	0,05
2 -	0,07	0,12	0,03
5 -	1,40	0,11	0,06
Média (baixo tanino)	0,29	0,12	0,12
Sorgo de alto tanino			
3 1'	3,90	2,67	2,47
3 2'	3,69	2,44	1,85
3 3'	3,81	3,21	2,69
3 4'	5,38	3,62	3,25
4 1'	4,96	3,30	3,05
4 2'	4,50	3,19	2,35
4 3'	5,83	3,94	3,66
4 4'	5,60	4,20	3,68
6 1'	4,00	2,97	2,46
6 2'	5,02	3,31	2,55
6 3'	5,21	4,10	3,24
6 4'	5,22	3,92	3,46
3 -	3,42	2,10	1,48
4 -	2,94	1,46	0,73
6 -	3,43	1,80	1,50

Tabela 8. Continuação.

Tratamento	Teor de tanino (equivalente de catequina)		
	Maturação fisiológica	Colheita	30 dias pós colh.
P 815 B	4,69	2,99	2,40
AG 3001	4,48	3,36	2,55
Média (alto tanino)	4,48	3,09	2,55
Média Geral	2,27	1,53	1,27

Tabela 9: Análise da variância em parcelas subdivididas da característica teor de tanino, envolvendo as três fases de desenvolvimento do grão.

FV	Quadrados médios
Repetições	0,1394
Tratamentos	26,6484**
Erro a	0,1583
Fases	28,7901**
Trat. x Fases	0,7538**
Erro b	0,0884
CV %	30,55

colheita, e atingindo finalmente 2,55 e.c. trinta dias após a fase da colheita. Por outro lado, os sorgos de baixo teor de tanino apresentaram valores próximos a zero. A média para estes materiais ficou em 0,29 e.c. na fase da maturidade fisiológica e 0,12 e.c. para as outras duas fases. A redução do teor de tanino ao longo das fases de

desenvolvimento do grão foi semelhante aos valores obtidos por ASBORNO & CHIDICHIMO (1985-86) medidos em miligramas por semente. Outros autores como PRICE *et alii* (1979) e RODRIGUES (1991) encontraram reduções mais acentuadas, porém os valores, nas fases anteriores à maturação fisiológica, foram expressos na base de peso seco.

Os valores mais altos para teor de tanino, foram de 5,83 e.c. na fase da maturidade fisiológica, 4,20 e.c. no ponto de colheita, e 3,68 e.c. trinta dias após a colheita. Por outro lado os valores mais baixos obtidos foram 0,01 e.c. no ponto de maturidade fisiológica e zero nas fases da colheita e trinta dias após a colheita.

Os híbridos comerciais de alto tanino, P-815B e AG-3001 apresentaram um teor de tanino de 4,69 e.c. e 4,48 e.c. na maturidade fisiológica, 2,99 e 3,36 e.c. no ponto de colheita, e 2,40 e 2,55 e.c. trinta dias após a colheita, respectivamente. Os híbridos comerciais de baixo tanino, AG-1017 e AG-1015 apresentaram um teor de tanino de 0,06 e 0,12 e.c. na maturidade fisiológica, 0,04 e 0,11 e.c. na época da colheita, e 0,04 e 0,13 e.c. trinta dias após a época da colheita, respectivamente.

Um resumo da análise de variância individual, para cada fase de maturação, da característica teor de tanino é apresentado na Tabela 10. Obteve-se o menor coeficiente de variação e o maior valor do teste F na fase da colheita, indicando ser esta a melhor época para seleção dos materiais. No entanto, em um programa de

melhoramento de sorgos antipássaros, é importante analisar o teor de tanino também na fase da maturidade fisiológica.

Tabela 10. Análise da variância da característica teor de tanino nos estádios de maturidade fisiológica, época da colheita, e trinta dias após a colheita.

FV	GL	Quadrados médios		
		Matur. fisiol.	Ponto de colheita	30 dias pós col.
Repetições	2	0,1940	0,0382	0,0862
Tratamentos	35	14,9076**	7,6982**	5,5602**
Resíduos	70	0,2520	0,0359	0,0469
CV %		22,2	12,4	17,0

4.2. Dados sobre produtividade de grãos, altura de planta e floração

Os dados obtidos para as características de produtividade de grãos, altura de planta e floração nos dois locais (local 1 = Não Me Toque-RS; local 2 = Capinópolis-MG), bem como a média destes, são apresentados na Tabela 11.

Um resumo da análise da variância, mostrando os valores dos quadrados médios e as estimativas dos parâmetros das variáveis produtividade de grãos, altura da

planta e n° de dias até o florescimento são apresentados nas Tabelas 22 a 27 do APÊNDICE.

A produtividade média de grãos no local 1 (4.689 kg/ha) foi maior que no local 2 (3.768 kg/ha). As duas testemunhas comerciais também mostraram a mesma tendência com 6.413 kg/ha no local 1 e 3.407 kg/ha no local 2. Esta maior produtividade no local 1, detectada ao nível de 1% de significância, pode ser explicada em parte, pelo ciclo mais longo dos materiais neste local. As linhagens apresentaram as menores médias de produtividade de grãos, sendo que as do grupo I mostraram-se superiores as do grupo II, evidenciando a dificuldade de sintetizar fêmeas produtivas, entretanto diferentes performances foram detectadas dentro de cada grupo (Tabela 11). A heterose foi altamente significativa, sendo que os componentes que mais contribuíram para isto foram a heterose média e a do conjunto II. Todos estes efeitos interagiram com locais, mostrando a necessidade de se desenvolver cultivares específicas para ambientes determinados. Os cruzamentos mais produtivos não foram os mesmos nos dois locais ($r = 0,28$), como é mostrado na Tabela 12, onde estão relacionados os seis tratamentos mais produtivos. A complexidade das interações podem ser evidenciadas pelos efeitos de variedade (v) e de heterose (h). Por exemplo, a linhagem 6 do conjunto I apresentou um efeito v de 1591,56 kg/ha no local 1 e -445,11 kg/ha no local 2; a linhagem 2 apresentou um efeito v de -2885,78 kg/ha no local 1 e

Tabela 11: Médias por local (1 e 2) e para o conjunto dos locais (M) dos tratamentos relativos à: floração (n° de dias decorridos do plantio até o florescimento), altura da planta (cm), e produtividade de grãos (kg/ha) nos ensaios conduzidos nos locais 1 (Não Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG). 1990/91. Os dados estão em ordem decrescente pela média de produção.

Trata- mentos	Dias p/ floração			Altura (cm)			Produtividade (kg/ha)		
	local			local			local		
	1	2	M	1	2	M	1	2	M
6 x 4'	84	53	68	117	180	145	5645	7096	6370
1 x 4'	84	52	68	127	173	150	6093	5014	5553
4 x 4'	85	55	70	118	173	146	6131	4923	5526
5 x 4'	85	54	70	133	187	160	5506	5434	5470
6 x 1'	81	50	66	108	167	137	4835	6043	5439
2 x 4'	78	51	65	101	160	130	4455	5705	5080
4 x 2'	85	54	70	102	163	133	5564	4562	5063
P 815B	70	49	60	106	147	127	6069	4045	5057
4 x 1'	83	55	69	113	170	142	5114	5000	5057
5 x 3'	83	55	69	130	170	149	5277	4635	4956
6 x 3'	83	53	68	115	160	138	6278	3628	4953
3 x 1'	76	50	63	97	160	129	4484	5200	4842
4 x 3'	83	57	70	125	163	144	5817	3812	4814
3 x 4'	81	50	66	99	177	138	4361	5222	4791
AG3001	76	49	62	127	147	137	6758	2768	4763
5 x 1'	84	55	70	128	177	152	4556	4733	4645
1 x 1', (1)	78	50	64	120	163	142	5042	4234	4638
2 x 1', (2)	72	51	62	95	140	117	3470	5493	4481
6 x 2'	82	53	67	99	150	125	5725	3220	4473
5 x 2'	83	53	68	113	163	138	4940	3932	4436
1 x 3'	83	54	68	122	143	133	5852	2956	4404
3 x 3'	77	50	64	104	150	128	5091	3347	4219
1 x 2'	83	51	67	102	140	121	5071	3247	4159
3 x 2'	77	49	63	84	150	117	4218	3867	4043
2 x 3'	73	51	62	89	140	114	4113	3803	3958
2 x 2'	77	50	64	77	123	100	3263	4535	3899
6 -	83	57	70	89	110	100	5653	1788	3720
4 -	83	59	71	95	130	113	5428	1981	3705
1 -	80	56	68	93	110	101	4727	1911	3319
5 -	85	60	73	96	123	110	5006	1081	3044
3 -	80	53	67	90	140	115	2377	3338	2858
- 3'	87	57	72	81	87	84	3798	1426	2612
- 2'	85	52	68	68	87	78	3415	1748	2582

Tabela 11. Continuação.

Tratamentos	Dias p/ floração			Altura (cm)			Produtividade (kg/ha)		
	local			local			local		
	1	2	M	1	2	M	1	2	M
2 -	82	61	71	84	113	99	1175	3300	2238
- 4'	86	55	71	84	117	100	2458	1601	2030
- 1'	84	55	69	69	93	81	1040	1013	1027
Médias	81	53	67	103	146	124	4689	3768	4228
CV %	3,1	3,0		5,9	5,0		8,3	15,7	

(1) "1x1"= AG 1017 (2) "2x1"= AG 1015

1066,56 kg/ha no local 2. A $\bar{h}$ mediu 1667,96 kg/ha (49,5%) e 2728,29 kg/ha (148%) nos locais 1 e 2, respectivamente. Os valores altos da $\bar{h}$ mostram a importância da heterose para o melhoramento da produtividade em sorgo granífero, mesmo sendo esta uma espécie autógama. As linhagens mais promissoras, devido a seus efeitos de variedade e heterose, foram, no local 1, a 4 e 6 do conjunto I e a 3' do conjunto II, e no local 2, a 2 e 3 do conjunto I e a 4' do conjunto II. A produtividade de grãos pareceu não estar correlacionada com o conteúdo de tanino ($r = 0,49$), como pode ser observado na Tabela 12.

Com relação à altura da planta, os materiais ficaram mais altos no local 2, com a média geral variando de 103 a 146 cm e as médias das testemunhas comerciais utilizadas de 117 a 147 cm. A diferença de altura de planta

entre os locais pode ser devida à sensibilidade desta característica às variações ambientais, como disponibilidade de água e temperatura, que foram maiores no local 2. Observa-se que, mesmo com uma altura de planta inferior no local 1, a produção de grãos foi maior. Porém, num mesmo local, os híbridos de porte mais alto foram, em geral, os mais produtivos. As linhas puras (98 cm) apresentaram menor altura da planta que os híbridos (134 cm). Os materiais do conjunto I foram mais altos que os do conjunto II, entretanto a diferença entre estes não interagiu com locais. Detectou-se diferença entre linhagens de um mesmo conjunto, e suas interações. A $\bar{h}$ foi altamente significativa medindo 25,89cm (31,1%) e 51,67cm (47,6%), nos locais 1 e 2 respectivamente, mostrando-se o principal componente da heterose. Os materiais selecionados seriam aqueles que contribuíssem para porte baixo, como as linhagens 2 do conjunto I e 2' do conjunto II.

O número de dias até o florescimento dos materiais no local 1 (81 dias) foi maior do que no local 2 (53 dias). O ciclo das duas testemunhas comerciais foram de 73 dias no local 1 e 49 dias no local 2. Esta diferença pode ser explicada pelas temperaturas mais amenas e pela escassez de água no período que antecedeu o florescimento no local 1. A temperatura baixa aumenta o número de dias para a emergência e atrasa o desenvolvimento vegetativo do sorgo. O fotoperíodo também é um fator que afeta o ciclo dos materiais. A média de floração dos dois locais, para os

cruzamentos foi de 66 dias, enquanto que para as linhagens, foi de 70 dias. No local 1, os materiais de ciclo mais longo tenderam a ser os mais produtivos. Porém, híbridos muito tardios não teriam interesse comercial na região pois atrasariam a colheita. Os conjuntos I e II não diferiram, mas houve diferença das linhagens de cada conjunto e suas interações com locais. A heterose média foi negativa, com um valor de -3,3 dias (-3,4%). A heterose específica não foi significativa e seus baixos valores mostram a maior importância dos genes aditivos para esta característica. Nenhum dos componentes da heterose interagiu com locais. Seriam selecionadas para esta característica as linhagens que contribuíssem para reduzir o ciclo dos híbridos, como a 2 e 3 do conjunto I e 1' e 2' do conjunto II.

Tabela 12. Produtividade de grãos (kg/ha) e conteúdo de tanino (e.c.) dos seis materiais mais produtivos dos locais 1 (Não Me Toque-RS) e 2 (Capinópolis-MG). 1990/91.

Local 1				Local 2			
Material		Prod. (kg/ha)	Tanino (e.c.)	Material		Prod. (kg/ha)	Tanino (e.c.)
1 -	AG 3001	6758	3,36	1 -	6 x 4'	7096	3,92
2 -	6 x 3'	6278	4,10	2 -	6 x 1'	6043	2,97
3 -	4 x 4'	6131	4,20	3 -	2 x 4'	5705	0,01
4 -	1 x 4'	6093	0,03	4 -	2 x 1'	5493	0,11
5 -	P 815 B	6069	2,99	5 -	5 x 4'	5434	0,86
6 -	1 x 3'	5852	0,03	6 -	3 x 4'	5222	3,62

Os estandes dos ensaios estavam com boa

uniformidade em ambos os locais. Apenas as linhagens, por serem mais sensíveis, apresentaram uma tendência de um menor número de plantas por parcela.

5. CONCLUSÕES

Como resultados deste estudo as seguintes conclusões gerais foram obtidas:

1. Comparando-se os resultados deste trabalho com os de outros pesquisadores, verificou-se que o controle genético do tanino (estimado em equivalentes de catequina) no grão diferiu daquele nas folhas e bainhas.

2. No grupo dos materiais de sorgo granífero estudados o alto conteúdo de tanino (e.c.) foi dominante sobre o baixo.

3. Para sintetizar híbridos com melhor valor nutritivo, devemos usar pais sem tanino (e.c.) e quantificar o teor deste nos híbridos, pois a heterose para o caráter se mostrou elevada.

4. A produtividade de grãos não pareceu estar correlacionada com o tanino (e.c.), sendo possível melhorá-la independentemente da presença ou não deste fenol.

5. As interações por locais foram mais pronunciadas e complexas para o rendimento de grãos do que para o teor de tanino (e.c.).

6. Na fase da maturidade fisiológica o teor de tanino (e.c.) foi mais alto do que na colheita, mostrando que devemos avaliá-lo pelo menos nestes dois estágios, nos programas de melhoramento de sorgos antipássaros.

7. É possível realizar o estudo da herança do caráter teor de tanino (e.c.) em grãos de sorgo usando-se o método da vanilina HCl modificado para a sua determinação.

8. Outros trabalhos desta natureza deverão ser conduzidos, incluindo-se pais com altos teores de tanino nos dois conjuntos do dialelo, e estimando-se os teores deste fenol nos grãos, folhas e bainhas.

9. São necessárias outras pesquisas para esclarecer a natureza do decréscimo do teor de tanino no decorrer do amadurecimento do grão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASBORNO, M. D. & CHIDICHIMO, H. D. Modelos de acumulacion y decrecimiento del contenido de tanino durante la madurez del grano en sorgo. *Revista de la Facultad de Agronomia Universidad Nacional de la Plata*, La Plata, 61 e 62 (1e2): 77-84, 1985-86.

ASQUITH, T. N. & BUTLER, L.G. Interactions of condensed tannins with selected proteins. *Phytochemistry*, Oxford, 25(7): 1591-3, 1986.

BANDYOPADHYAY, R.; MUGHOGHO, L.K.; PRASADA RAO, K. E. Sources of resistance to sorghum grain molds. *Plant Disease*, St. Paul, 72:504-8, 1988.

BOORA, K. S. & LODHI, G. P. Combining ability for toxic constituents in forage sorghum. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, 52(4): 211-4, apr. 1982.

BRANDES, D. & FREITAS, E. A. G. de. Taninos condensados - uma ferramenta para melhorar o desempenho de ruminantes. *Agropecuária Catarinense*, Lages, 5(3): 44-8, set., 1992.

- BRANDON, M. J.; FOO, L. Y.; PORTER, L. J.; MEREDITH, P.
Proanthocyanidins of barley and sorghum; Composition as
a function of maturity of barley ears. *Phytochemistry*,
Oxford, 21: 2952-57, 1982.
- BULLARD, R. W.; GARRISON, M. V.; KILBURN, S. R.; YORK, J.
O. Laboratory comparisons of polyphenols and their
repellent characteristics in bird-resistance sorghum
grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,
Washington, 28(5): 1006-11, 1980.
- BURNS, R. E. Methods of tannin analysis for forage crop
evaluation. *Technical Bulletin*, Georgia Agricultural
Experiment Stations, Athens (32): 1-14, dec. 1963.
- BURNS, R. E. Method for estimation of tannin in grain
sorghum. *Agronomy Journal*, Madison, 63(3):511-2,
may/jun. 1971.
- BUTLER, L. G. Tannins in sorghum grain; problems,
solutions and opportunities. In: ANNUAL CORN AND
SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 33, Chicago, 1978.
Proceedings. Washington, ASTA, 1978. p.190-201.
- BUTLER, L. G. Polyphenols and their effects on sorghum
quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM GRAIN
QUALITY, Patancheru, 1981. *Proceedings*. Patancheru,
ICRISAT, 1982. p. 294-311.
- BUTLER, L. G. Sorghum polyphenols: In: CHEEKE, P. R.
Toxicants of plant origin. Boca Raton, CRC Press, 1989a.

- BUTLER, L. G. Sorghum polyphenols: assays and nutritional significance. In: BIOCHEMICAL GRAIN SORGHUM RESEARCH UTILIZATION CONFERENCE. 16. Lubbock, 1989. *Proceedings*. Lubbock, 1989b. p.39-42.
- BUTLER, L. G.; RIEDEL, D. J.; LEBRYK, D. G.; BLYTT, H. J. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. *JADCS*, 61 (5): 916-20, 1984.
- DANGI, O. P. & LUTHRA, Y. P. Breeding of sorghum for low tannin and high fodder yield. *Sorghum Newsletter*, Griffin, 21: 29-30, 1978.
- DAVIS, A.B. & HOSENEY, R. C. Grain sorghum condensed tannis II. Preharvest changes. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 56 (4): 314-6, 1979.
- DOGGETT, H. *Sorghum*. 2.ed. New York, Longman Scientific & Technical, 1988. 512p.
- EARP, C. F.; AKINGBALA, J. O.; RING, S. H.; ROONEY, L. W. Evaluation of several methods to determine tannins in sorghums with varying kernel characteristics. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 58(3): 234-8, 1981.
- GOLMIRZAIE, A. M. & YORK, J. O. Interrelationship of brown and purple testa genes with pericarp and other testa genes in *Sorghum bicolor*. *Journal of Heredity*, New Jersey, 83(5): 330-4, 1992.

- HAGERMAN, A. E. & BUTLER, L. G. Determination of protein in tannin-protein precipitates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 28(5): 944-7, sep./oct. 1980.
- HAHN, D. H.; FAUBION, J. M.; RONNEY, L. W. Sorghum phenolic acids, the high performance liquid chromatography separation and their relation to fungal resistance. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 60 (4): 255-9, 1983.
- HAHN, D. H. & ROONEY, L. W. Effect of genotype on tannins and phenols of sorghum. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 63(1): 4-8, 1986.
- 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.
- 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, sep./oct. 1970.
- JAMBUNATHAN, R. & KHERDEKAR, M. S. Flavan-4-ol concentration in leaf tissues of grain mold susceptible and resistant sorghum plants at different stages of leaf development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 39 (6): 1163-5, jun. 1991.
- KAAN, F. & BOYAT, A. Preliminary results about sorghum seed tannin inheritance. *Sorghum Newsletter*, Griffin, 27: 103, 1984.

- LEINMÜLLER, E.; STEINGASS, H.; MENKE, K. Tannin in ruminant feedstuffs. *Animal Research and Development*, Tubingen, 33: 09-62, ago.1991.
- MAIER, J. C.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; SILVA, M. de A. e. Avaliação biológica de sorgos forrageiros com diferentes conteúdos de tanino em rações de poedeiras. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 7(1): 115-30, 1978.
- MAXSON, E. D. & ROONEY, L. W. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 49(6): 719-29, Nov./Dec. 1972.
- Mc MILLAN, W. W.; WEISEMAN, B. R.; BURNS, R. E.; HARRIS, H. B.; GREENE, G. L. Bird resistance in diverse germplasm of sorghum. *Agronomy journal*, Madison, 64: 821-2, 1972.
- MIRANDA FILHO, J. B. & GERALDI, I. O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 7(4):677-88, dez. 1984.
- PARODA, R. S.; SAINI, M. L.; ARORA, S. K. Inheritance of tannin content in *Eu-Sorghums*. *Zeitschrift fur Pflanzenzüchtung*, Berlim and Hamburg. 74: 251-6, 1975.
- PAUL, C. L. *Agronomia del sorgo*. El Salvador, Centro de Tecnologia Agrícola, 1990. 301p.
- PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 26(5): 1214-8, 1978.

- PRICE, M. L.; STROMBERG, A. M.; BUTLER, L. G. Tannin content as a function of grain maturity and drying conditions in several varieties of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 27 (6): 1270-4, 1979.
- REYES-DISCUA, J. N. Inheritance of tannin content in plant components of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Dissertation Abstracts International*, B, Michigan, 39(7): 3090-B, 1979.
- RODRIGUES, J. A. dos S. Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] no Brasil. Piracicaba, 1990. 171p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RODRIGUES, W. A. Variabilidade para teor de tanino em sorgo (*Sorghum bicolor* L.) seu controle genético e associação com a resistência a pássaros. Lavras, 1991. 72p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- ROONEY, L. W. Tannins and phenols of sorghums. *Feed Facts*, Abernathy, 4 (5), 1987.
- RUBIOLO, O. J.; REINAUDI, N. B.; TROJANI, R. M. de; VAQUERO, J.; DOMINGUEZ, R. A. Incidencia del estado de madurez sobre el contenido de ácido tanico en el grano de sorgo. *Turrialba*, Coronado, 35 (2): 127-9, 1985.

- SCHERTZ, K. F. & STEPHENS, J. C. *Compilation of gene symbols, recommended revisions and summary of linkages for inherited characters of Sorghum vulgare Pers.* College Station, 1966. 42p.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics - a biometrical approach.* 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- STREETER, M. N.; WAGNER, D. G.; HIBBERD, C. A.; DWENS, F. N. The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers. *Journal of Animal Science*, Champaign, 68 (4): 1121-32, 1990.
- SUBRAMANIAN, V.; BUTLER, L. G.; JAMBUNATHAN, R.; RAO, K. E. P. Some agronomic and biochemical characters of brown sorghums and their possible role in bird resistance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 31(6): 1303-4, 1983.
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. *Genética Biométrica no Fitomelhoramento.* Ribeirão Preto, Rev. Bras. de Genética, 1992. 496p.
- WALTON, M.F. Determination, variation nutritional value and inheritance of tannins in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] forage. *Dissertation Abstracts International*, B, Michigan, 40(11): 5101B, 1980.

- WATTERSON, J. B. & BUTLER, L. G. Occurrence of an unusual leucoanthocyanidin and absence of proanthocyanidins in sorghum leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 31(1): 41-5, 1983.
- WOODRUFF, B. J.; CANTRELL, R. P.; J. D.; BUTLER, L. G. Inheritance of tannin quantity in sorghum. *The Journal Heredity*, New Jersey, 73: 214-8, may./jun. 1982.

APÊNDICE

Figura 1. Representação esquemática das partes que constituem o grão de sorgo (adaptado de PAUL, 1990).

Tabela 13. Teores de tanino, em equivalentes de catequina, obtidos nas três repetições no local 1 (Não Me Toque-RS), 1990/91.

				Teores de tanino (e.c.)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	0,04	0,02	0,07	0,04
2	1	x	2'	0,02	0,00	0,14	0,05
3	1	x	3'	0,00	0,04	0,05	0,03
4	1	x	4'	0,03	0,04	0,04	0,03
5	2	x	1'	0,05	0,01	0,27	0,11
6	2	x	2'	0,00	0,15	0,00	0,05
7	2	x	3'	0,03	0,08	0,05	0,05
8	2	x	4'	0,00	0,01	0,02	0,01
9	3	x	1'	2,66	2,68	2,66	2,67
10	3	x	2'	2,34	2,58	2,40	2,44
11	3	x	3'	3,36	3,15	3,11	3,21
12	3	x	4'	3,73	3,42	3,72	3,62
13	4	x	1'	2,79	3,75	3,35	3,30
14	4	x	2'	3,02	3,43	3,11	3,19
15	4	x	3'	3,41	4,46	3,95	3,94
16	4	x	4'	4,34	4,01	4,24	4,20
17	5	x	1'	0,06	0,05	0,25	0,12
18	5	x	2'	0,11	0,12	0,18	0,13
19	5	x	3'	0,45	0,62	0,31	0,46
20	5	x	4'	0,87	1,01	0,72	0,86
21	6	x	1'	2,77	2,83	3,31	2,97
22	6	x	2'	3,11	3,15	3,66	3,31
23	6	x	3'	4,10	3,77	4,42	4,10
24	6	x	4'	4,11	3,55	4,09	3,92
25	P 815 B			3,06	3,03	2,89	2,99
26	AG 3001			3,59	3,19	3,30	3,36
27	-		1'	0,02	0,00	0,04	0,02
28	-		2'	0,01	0,00	0,05	0,02
29	-		3'	0,02	0,01	0,21	0,08
30	-		4'	0,00	0,01	0,04	0,02
31	1		-	0,02	0,09	0,03	0,05
32	2		-	0,18	0,07	0,10	0,12
33	3		-	2,23	1,85	2,22	2,10
34	4		-	1,50	1,50	1,38	1,46
35	5		-	0,13	0,16	0,04	0,11
36	6		-	1,65	2,03	1,73	1,80
Média				1,49	1,52	1,56	1,53
CV %							12,42

Tabela 14. Teores de tanino, em equivalentes de catequina, obtidos nas três repetições no local 2 Capinópolis-MG, 1990/91.

				Teores de tanino (e.c.)			
				Repetições			
Tratamento				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	0,00	0,01	0,00	0,00
2	1	x	2'	0,03	0,02	0,00	0,02
3	1	x	3'	0,07	0,00	0,01	0,03
4	1	x	4'	0,02	0,01	0,00	0,01
5	2	x	1'	0,03	0,03	0,00	0,02
6	2	x	2'	0,03	0,03	0,01	0,02
7	2	x	3'	0,03	0,03	0,01	0,02
8	2	x	4'	0,03	0,01	0,00	0,01
9	3	x	1'	4,02	3,31	3,17	3,50
10	3	x	2'	3,64	3,16	3,25	3,35
11	3	x	3'	4,07	3,64	3,23	3,65
12	3	x	4'	4,53	4,01	3,95	4,16
13	4	x	1'	3,95	3,65	3,49	3,70
14	4	x	2'	3,20	3,42	3,52	3,38
15	4	x	3'	3,73	3,82	3,52	3,69
16	4	x	4'	4,10	4,09	4,05	4,08
17	5	x	1'	0,03	0,02	0,02	0,02
18	5	x	2'	0,02	0,06	0,02	0,03
19	5	x	3'	0,19	0,05	0,71	0,32
20	5	x	4'	0,25	0,57	0,46	0,43
21	6	x	1'	3,39	3,25	3,41	3,35
22	6	x	2'	3,86	3,54	3,67	3,69
23	6	x	3'	4,59	4,15	4,70	4,48
24	6	x	4'	4,98	4,18	4,03	4,40
25	P 815 B			4,42	4,18	4,14	4,25
26	AG 3001			2,81	2,64	2,68	2,71
27	-		1'	0,06	0,00	0,01	0,02
28	-		2'	0,05	0,01	0,02	0,03
29	-		3'	0,07	0,02	0,01	0,03
30	-		4'	0,04	0,00	0,00	0,01
31	1		-	0,01	0,04	0,00	0,02
32	2		-	0,02	0,02	0,02	0,02
33	3		-	2,70	2,82	2,91	2,81
34	4		-	2,46	1,96	2,05	2,15
35	5		-	0,10	0,05	0,05	0,07
36	6		-	1,84	1,48	1,78	1,70
Média				1,76	1,62	1,64	1,67
CV %							10,73

Tabela 15. Peso de grãos, em kg/ha a 13% de umidade, nas três repetições no local 1 (Não Me Toque-RS) 1990/91.

				Peso de grãos (kg/ha)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	5196	4693	5237	5042,00
2	1	x	2'	5478	4960	4774	5070,67
3	1	x	3'	6041	5979	5535	5851,67
4	1	x	4'	6336	6358	5584	6092,67
5	2	x	1'	3584	3282	3543	3469,67
6	2	x	2'	3286	3576	2926	3262,67
7	2	x	3'	3949	4256	4133	4112,67
8	2	x	4'	4693	4752	3919	4454,67
9	3	x	1'	5060	4398	3995	4484,33
10	3	x	2'	4378	4305	3972	4218,33
11	3	x	3'	5559	5000	4714	5091,00
12	3	x	4'	3959	4192	4931	4360,67
13	4	x	1'	5113	5546	4682	5113,67
14	4	x	2'	5410	6192	5090	5564,00
15	4	x	3'	5688	6322	5441	5817,00
16	4	x	4'	6150	5559	6683	6130,67
17	5	x	1'	4592	4920	4157	4556,33
18	5	x	2'	4350	5304	5167	4940,33
19	5	x	3'	4919	6458	4454	5277,00
20	5	x	4'	5571	5931	5017	5506,33
21	6	x	1'	4367	5286	4852	4835,00
22	6	x	2'	6170	5583	5422	5725,00
23	6	x	3'	6549	6086	6199	6278,00
24	6	x	4'	5539	5741	5655	5645,00
25	P 815 B			6213	5864	6129	6068,67
26	AG 3001			6579	6887	6807	6757,67
27	-		1'	1268	1420	433	1040,33
28	-		2'	3822	3393	3031	3415,33
29	-		3'	3991	3940	3464	3798,33
30	-		4'	2696	2828	1849	2457,67
31	1		-	4863	4587	4731	4727,00
32	2		-	1411	1269	846	1175,33
33	3		-	2518	2074	2539	2377,00
34	4		-	5404	5565	5316	5428,33
35	5		-	4829	5316	4874	5006,33
36	6		-	5714	5589	5655	5652,67
Média				4757	4817	4493	4689,00
CV %							7,98

Tabela 16. Peso de grãos, em kg/ha a 13% de umidade, nas três repetições no local 2 (Capinópolis-MG) 1990/91.

				Peso de grãos (kg/ha)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	3542	4217	4943	4234,00
2	1	x	2'	3235	3554	2951	3246,67
3	1	x	3'	3187	2402	3280	2956,33
4	1	x	4'	4663	4771	5608	5014,00
5	2	x	1'	5422	5477	5580	5493,00
6	2	x	2'	4174	3651	5781	4535,33
7	2	x	3'	3837	4260	3313	3803,33
8	2	x	4'	5723	6219	5172	5704,67
9	3	x	1'	4925	5903	4771	5199,67
10	3	x	2'	2951	4695	3955	3867,00
11	3	x	3'	3258	2665	4118	3347,00
12	3	x	4'	5842	4771	5052	5221,67
13	4	x	1'	4960	5023	5017	5000,00
14	4	x	2'	4711	4442	4534	4562,33
15	4	x	3'	4679	3509	3247	3811,67
16	4	x	4'	5367	4706	4695	4922,67
17	5	x	1'	4160	5849	4189	4732,67
18	5	x	2'	4085	3566	4146	3932,33
19	5	x	3'	4346	4722	4836	4634,67
20	5	x	4'	5903	5627	4771	5433,67
21	6	x	1'	4971	6664	6493	6042,67
22	6	x	2'	4636	2656	2369	3220,33
23	6	x	3'	4070	2951	3863	3628,00
24	6	x	4'	6337	7445	7505	7095,67
25	P 815 B			4203	3929	4004	4045,33
26	AG 3001			2656	3291	2356	2767,67
27	-		1'	904	1526	609	1013,00
28	-		2'	1832	1842	1569	1747,67
29	-		3'	1496	927	1854	1425,67
30	-		4'	1777	1506	1521	1601,33
31	1	-	-	1761	1842	2130	1911,00
32	2	-	-	2962	2720	4217	3299,67
33	3	-	-	3477	3247	3291	3338,33
34	4	-	-	2377	1471	2094	1980,67
35	5	-	-	1467	888	888	1081,00
36	6	-	-	2066	1491	1807	1788,00
Média				3777	3734	3792	3767,74
CV %							15,54

Tabela 17. Número de dias decorridos do plantio ao florescimento nas três repetições, nos locais 1 e 2 (Não Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.

		Número de dias para o florescimento							
		Local 1				Local 2			
Tratamentos		Repetições				Repetições			
		R1	R2	R3	Média	R1	R2	R3	Média
1	1 x 1'	77	79	78	78	50	50	50	50
2	1 x 2'	83	83	83	83	51	53	50	51
3	1 x 3'	83	83	83	83	53	55	53	54
4	1 x 4'	84	84	83	84	51	53	52	52
5	2 x 1'	71	71	75	72	52	52	50	51
6	2 x 2'	76	77	78	77	50	51	50	50
7	2 x 3'	76	71	71	73	51	51	50	51
8	2 x 4'	76	75	83	78	52	50	51	51
9	3 x 1'	71	83	75	76	50	49	50	50
10	3 x 2'	71	83	76	77	50	49	48	49
11	3 x 3'	77	76	78	77	50	50	50	50
12	3 x 4'	84	84	76	81	51	50	50	50
13	4 x 1'	83	83	83	83	55	55	55	55
14	4 x 2'	85	87	84	85	55	55	53	54
15	4 x 3'	84	83	83	83	57	58	55	57
16	4 x 4'	85	85	84	85	55	55	55	55
17	5 x 1'	86	84	83	84	55	55	55	55
18	5 x 2'	84	83	83	83	53	53	53	53
19	5 x 3'	83	83	83	83	55	55	55	55
20	5 x 4'	84	84	87	85	53	55	55	54
21	6 x 1'	84	77	83	81	51	50	50	50
22	6 x 2'	83	83	79	82	53	53	53	53
23	6 x 3'	83	84	83	83	53	53	53	53
24	6 x 4'	84	84	83	84	53	53	53	53
25	P 815 B	71	71	67	70	49	49	50	49
26	AG 3001	73	78	76	76	48	48	50	49
27	- 1'	84	83	84	84	55	55	55	55
28	- 2'	84	87	83	85	51	53	52	52
29	- 3'	85	87	88	87	57	57	57	57
30	- 4'	85	85	88	86	55	55	55	55
31	1 -	78	83	78	80	57	55	55	56
32	2 -	83	79	83	82	55	57	70	61
33	3 -	83	83	75	80	53	53	53	53
34	4 -	83	83	83	83	58	60	59	59
35	5 -	85	88	83	85	59	61	59	60
36	6 -	83	83	83	83	57	57	57	57
Média		81	82	81	81	53	53	53	53
CV %		3,06				2,95			

Tabela 18. Altura da planta, em cm, nas três repetições, nos locais 1 e 2 (Não Me Toque-RS e Capinópolis-MG). 1990/91.

		Altura da planta (cm)							
		Local 1				Local 2			
		Repetições				Repetições			
Tratamentos		R1	R2	R3	Média	R1	R2	R3	Média
1	1 x 1'	128	107	126	120	170	160	160	163
2	1 x 2'	105	97	105	102	150	140	130	140
3	1 x 3'	118	123	125	122	150	130	150	143
4	1 x 4'	127	134	120	127	180	170	170	173
5	2 x 1'	90	94	100	95	140	140	140	140
6	2 x 2'	70	75	85	77	130	110	130	123
7	2 x 3'	81	90	95	89	140	140	140	140
8	2 x 4'	100	107	95	101	160	160	160	160
9	3 x 1'	91	100	100	97	160	160	160	160
10	3 x 2'	82	80	90	84	150	150	150	150
11	3 x 3'	103	110	100	104	150	140	160	150
12	3 x 4'	98	99	100	99	170	180	180	177
13	4 x 1'	106	126	108	113	170	170	170	170
14	4 x 2'	104	101	101	102	180	160	150	163
15	4 x 3'	124	132	120	125	160	170	160	163
16	4 x 4'	115	114	125	118	190	170	160	173
17	5 x 1'	123	126	135	128	170	180	180	177
18	5 x 2'	115	113	110	113	160	160	170	163
19	5 x 3'	132	134	123	130	180	160	170	170
20	5 x 4'	124	144	130	133	180	190	190	187
21	6 x 1'	100	109	115	108	160	160	180	167
22	6 x 2'	98	100	100	99	150	150	150	150
23	6 x 3'	115	116	115	115	160	160	160	160
24	6 x 4'	107	118	128	118	170	180	190	180
25	P 815 B	101	108	110	106	140	150	150	147
26	AG 3001	122	135	125	127	150	140	150	147
27	- 1'	76	70	60	69	90	90	100	93
28	- 2'	69	66	70	68	80	90	90	87
29	- 3'	82	80	80	81	80	90	90	87
30	- 4'	80	81	90	84	120	110	120	117
31	1 -	87	91	100	93	110	110	110	110
32	2 -	86	85	80	84	110	110	120	113
33	3 -	92	94	83	90	140	140	140	140
34	4 -	91	94	100	95	120	140	130	130
35	5 -	96	93	100	96	130	120	120	123
36	6 -	92	91	85	89	110	110	110	110
Média		101	104	104	103	146	144	147	146
CV %		5,76				4,91			

Tabela 19. Teores de tanino, nas três repetições, na fase de 30 dias após a colheita (Não Me Toque-RS). 1990/91.

				Teores de tanino (e.c.)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	0,02	0,07	0,04	0,04
2	1	x	2'	0,01	0,02	0,14	0,05
3	1	x	3'	0,05	0,04	0,00	0,03
4	1	x	4'	0,02	0,07	0,08	0,05
5	2	x	1'	0,02	0,07	0,28	0,13
6	2	x	2'	0,09	0,04	0,02	0,05
7	2	x	3'	0,06	0,09	0,00	0,05
8	2	x	4'	0,04	0,00	0,02	0,02
9	3	x	1'	2,89	2,53	1,99	2,47
10	3	x	2'	2,23	1,75	1,56	1,85
11	3	x	3'	2,89	2,53	2,66	2,69
12	3	x	4'	3,17	3,25	3,35	3,25
13	4	x	1'	2,68	3,45	3,03	3,05
14	4	x	2'	2,58	2,26	2,20	2,35
15	4	x	3'	3,52	3,62	3,84	3,66
16	4	x	4'	3,27	4,00	3,78	3,68
17	5	x	1'	0,02	0,04	0,07	0,04
18	5	x	2'	0,20	0,07	0,16	0,14
19	5	x	3'	0,21	0,24	0,19	0,21
20	5	x	4'	1,44	1,28	1,01	1,24
21	6	x	1'	2,36	2,55	2,48	2,46
22	6	x	2'	2,66	2,46	2,53	2,55
23	6	x	3'	3,40	3,12	3,18	3,24
24	6	x	4'	3,15	3,79	3,42	3,46
25	P 815 B			2,17	2,80	2,23	2,40
26	AG 3001			2,69	2,56	2,39	2,55
27	-		1'	0,01	0,00	0,01	0,00
28	-		2'	0,03	0,01	0,07	0,03
29	-		3'	0,00	0,03	0,27	0,10
30	-		4'	0,00	0,02	0,05	0,02
31	1		-	0,00	0,07	0,08	0,05
32	2		-	0,06	0,01	0,04	0,04
33	3		-	2,03	1,75	0,67	1,48
34	4		-	0,72	1,00	0,48	0,73
35	5		-	0,05	0,02	0,12	0,06
36	6		-	1,48	1,65	1,37	1,50
Média				1,28	1,31	1,22	1,27
CV %							17,03

Tabela 20. Teores de tanino, nas três repetições, na fase da colheita (Não Me Toque-RS). 1990/91.

				Teores de tanino (e.c.)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	0,04	0,02	0,07	0,04
2	1	x	2'	0,02	0,00	0,14	0,05
3	1	x	3'	0,00	0,04	0,05	0,03
4	1	x	4'	0,03	0,04	0,04	0,03
5	2	x	1'	0,05	0,01	0,27	0,11
6	2	x	2'	0,00	0,15	0,00	0,05
7	2	x	3'	0,03	0,08	0,05	0,05
8	2	x	4'	0,00	0,01	0,02	0,01
9	3	x	1'	2,66	2,68	2,66	2,67
10	3	x	2'	2,34	2,58	2,40	2,44
11	3	x	3'	3,36	3,15	3,11	3,21
12	3	x	4'	3,73	3,42	3,72	3,62
13	4	x	1'	2,79	3,75	3,35	3,30
14	4	x	2'	3,02	3,43	3,11	3,19
15	4	x	3'	3,41	4,46	3,95	3,94
16	4	x	4'	4,34	4,01	4,24	4,20
17	5	x	1'	0,06	0,05	0,25	0,12
18	5	x	2'	0,11	0,12	0,18	0,13
19	5	x	3'	0,45	0,62	0,31	0,46
20	5	x	4'	0,87	1,01	0,72	0,86
21	6	x	1'	2,77	2,83	3,31	2,97
22	6	x	2'	3,11	3,15	3,66	3,31
23	6	x	3'	4,10	3,77	4,42	4,10
24	6	x	4'	4,11	3,55	4,09	3,92
25	P 815 B			3,06	3,03	2,89	2,99
26	AG 3001			3,59	3,19	3,30	3,36
27	-		1'	0,02	0,00	0,04	0,02
28	-		2'	0,01	0,00	0,05	0,02
29	-		3'	0,02	0,01	0,21	0,08
30	-		4'	0,00	0,01	0,04	0,02
31	1		-	0,02	0,09	0,03	0,05
32	2		-	0,18	0,07	0,10	0,12
33	3		-	2,23	1,85	2,22	2,10
34	4		-	1,50	1,50	1,38	1,46
35	5		-	0,13	0,16	0,04	0,11
36	6		-	1,65	2,03	1,73	1,80
Média				1,49	1,52	1,56	1,53
CV %							12,42

Tabela 21. Teores de tanino, nas três repetições, na fase de maturidade fisiológica (Não Me Toque-RS). 1990/91.

				Teores de tanino (e.c.)			
				Repetições			
Tratamentos				R1	R2	R3	Média
1	1	x	1'	0,02	0,05	0,11	0,06
2	1	x	2'	0,03	0,00	0,12	0,05
3	1	x	3'	0,02	0,03	0,02	0,02
4	1	x	4'	0,04	0,02	0,04	0,03
5	2	x	1'	0,06	0,01	0,29	0,12
6	2	x	2'	0,07	0,11	0,02	0,07
7	2	x	3'	0,06	0,07	0,05	0,06
8	2	x	4'	0,02	0,04	0,05	0,04
9	3	x	1'	4,18	4,06	3,45	3,90
10	3	x	2'	3,45	4,37	3,26	3,69
11	3	x	3'	4,71	3,72	3,00	3,81
12	3	x	4'	5,29	5,27	5,60	5,38
13	4	x	1'	4,08	5,31	5,48	4,96
14	4	x	2'	3,88	4,81	4,80	4,50
15	4	x	3'	4,78	6,69	6,03	5,83
16	4	x	4'	5,59	6,48	4,72	5,60
17	5	x	1'	0,12	0,00	0,42	0,18
18	5	x	2'	0,02	0,12	1,27	0,47
19	5	x	3'	0,44	1,42	0,25	0,71
20	5	x	4'	1,70	3,13	0,93	1,92
21	6	x	1'	3,81	4,00	4,18	4,00
22	6	x	2'	5,38	4,05	5,64	5,02
23	6	x	3'	5,45	4,69	5,47	5,21
24	6	x	4'	5,10	5,38	5,18	5,22
25	P 815 B			4,24	4,59	5,23	4,69
26	AG 3001			4,46	4,34	4,65	4,48
27	-		1'	0,02	0,10	0,07	0,06
28	-		2'	0,01	0,02	0,00	0,01
29	-		3'	0,25	0,02	0,20	0,16
30	-		4'	0,00	0,03	0,01	0,01
31	1		-	0,05	0,06	0,02	0,04
32	2		-	0,13	0,04	0,03	0,07
33	3		-	3,22	3,18	3,85	3,42
34	4		-	3,48	2,79	2,56	2,94
35	5		-	2,21	1,88	0,13	1,40
36	6		-	3,22	3,70	3,35	3,43
Média				2,21	2,35	2,24	2,27
CV %							22,16

Tabela 22. Análise da variância conjunta do caráter produtividade de grãos.

FV	GL	QM
Locais	1	15276935,2100**
Materiais	33	1362307,8750*
Entre conjuntos	1	515209,3125**
Conjunto I	5	807570,2500**
Conjunto II	3	718371,8125**
Heterose	24	1593666,0000**
Heterose média	1	33131994,0000**
Heterose conjunto I	5	55654,0078
Heterose conjunto II	3	1257625,5000**
Heterose específica	15	70989,5703
Materiais x locais	33	1412050,3750**
Entre conjuntos x locais	1	1000483,3120**
Conjunto I x locais	5	4486625,4380**
Conjunto II x locais	3	3335446,7500**
Heterose x locais	24	548238,0625**
Heterose média x locais	1	3854878,0000**
Heterose conjunto I x locais	5	770337,5157**
Heterose conjunto II x locais	3	354190,9375**
Heterose específica x locais	15	292571,5703**
Resíduo	140	80442,2900

Tabela 23. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter produtividade de grãos.

	Local 1	Local 2
$\hat{\mu}$	3359,5125	1840,0145
$\hat{d}$	691,5975	393,0971
$\hat{h}$	1667,9602	2728,2920

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto I

Progenitor	Efeito (v_i)		Efeito (h_i)	
	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
masculino				
1	665,8900	-322,1117	143,8348	-544,5008
2	-2885,7800	1066,5582	230,3373	-217,5032
3	-1684,1100	1105,2184	343,1649	-712,0809
4	1367,2201	-252,4416	-64,7477	132,0816
5	945,2200	-1152,1117	-440,0851	691,0842
6	1591,5600	-445,1117	-212,5026	650,9167

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto II

Progenitor	Efeito (v_j)		Efeito (h_j)	
	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
masculino				
1	-1637,5851	-433,9175	364,8199	765,6537
2	737,4150	300,7526	-609,3469	-824,6846
3	1120,4150	-21,2474	-193,1235	-860,8496
4	-220,2451	154,4125	437,6515	919,8790

Tabela 23. Continuação.

Heterose específica

Tratamento	Local 1	Local 2
1 x 1	-18,28	-177,44
1 x 2	-202,94	58,29
1 x 3	-29,67	-34,95
1 x 4	250,89	154,16
2 x 1	98,72	60,22
2 x 2	-321,61	325,56
2 x 3	-79,33	-209,28
2 x 4	302,22	-176,50
3 x 1	399,72	242,14
3 x 2	-79,61	132,47
3 x 3	185,33	-190,36
3 x 4	-505,44	-184,25
4 x 1	-88,69	-122,86
4 x 2	148,30	662,47
4 x 3	-206,42	108,98
4 x 4	146,81	-648,58
5 x 1	-59,69	-499,36
5 x 2	110,97	-76,70
5 x 3	-160,08	822,81
5 x 4	108,80	-246,75
6 x 1	-331,78	497,31
6 x 2	344,89	-1102,03
6 x 3	290,17	-497,19
6 x 4	-303,28	1101,92

Tabela 24. Análise da variância conjunta do caráter altura de planta.

FV	GL	QM
Locais	1	33210,3720**
Materiais	33	475,1042**
Entre conjuntos	1	220,4290**
Conjunto I	5	368,9987**
Conjunto II	3	567,6788**
Heterose	24	496,2491**
Heterose média	1	10311,0547**
Heterose conjunto I	5	242,6265**
Heterose conjunto II	3	79,5557**
Heterose específica	15	9,8083
Materiais x locais	33	131,9091**
Entre conjuntos x locais	1	5,7181
Conjunto I x locais	5	188,5533**
Conjunto II x locais	3	243,0402**
Heterose x locais	24	111,4748**
Heterose média x locais	1	2277,6113**
Heterose conjunto I x locais	5	24,5463
Heterose conjunto II x locais	3	8,6669
Heterose específica x locais	15	16,6034
Resíduo	140	14,3813

Tabela 25. Estimativas dos parâmetros genéticos do caráter altura da planta.

	Local 1	Local 2
$\hat{\mu}$	83,2233	108,4725
$\hat{d}$	7,8883	12,6375
$\hat{h}$	25,8879	51,6658

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto I

Progenitor	Efeito (v_i)		Efeito (h_i)
	Local 1	Local 2	Locais 1 e 2
1	1,5583	-11,1100	4,2250
2	-7,4417	-7,7800	-15,3225
3	-1,4417	18,8900	-11,3600
4	3,8883	8,8900	3,2650
5	5,2183	2,2200	13,4725
6	-1,7817	-11,1100	5,7200

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto II

Progenitor	Efeito (v_j)		Efeito (h_j)
	Local 1	Local 2	Locais 1 e 2
1	-6,6650	-2,5050	4,1658
2	-7,0050	-9,1650	-8,3309
3	5,3350	-9,1650	0,6658
4	8,3350	20,8350	3,4992

Tabela 25. Continuação.

Heterose específica

Tratamento	Local 1 e 2
1 x 1	3,50
1 x 2	-2,92
1 x 3	-3,50
1 x 4	2,92
2 x 1	-0,04
2 x 2	-3,12
2 x 3	-0,88
2 x 4	4,04
3 x 1	-1,00
3 x 2	1,75
3 x 3	-0,16
3 x 4	-0,59
4 x 1	-1,29
4 x 2	3,96
4 x 3	3,54
4 x 4	-6,21
5 x 1	0,50
5 x 2	0,42
5 x 3	0,16
5 x 4	-1,08
6 x 1	-1,67
6 x 2	-0,08
6 x 3	0,84
6 x 4	0,91

Tabela 26. Análise da variância conjunta do caráter número de dias até floração.

FV	GL	QM
Locais	1	13925,9507**
Materiais	33	8,7410**
Entre conjuntos	1	1,4953
Conjunto I	5	23,2450**
Conjunto II	3	5,0113*
Heterose	24	6,4875**
Heterose média	1	74,2974**
Heterose conjunto I	5	12,1129**
Heterose conjunto II	3	1,7988
Heterose específica	15	1,0294
Materiais x locais	33	4,5971**
Entre conjuntos x locais	1	45,9226**
Conjunto I x locais	5	9,7142**
Conjunto II x locais	3	6,7174**
Heterose x locais	24	1,5440
Heterose média x locais	1	3,0108
Heterose conjunto I x locais	5	3,0222
Heterose conjunto II x locais	3	1,1040
Heterose específica x locais	15	1,0414
Resíduo	140	1,4384

Tabela 27. Estimativas dos parâmetros genéticos do número de dias até a floração.

$\hat{\mu} = 69,9163$	$\hat{d} = -0,0812$	$\hat{h} = -3,2917$
-----------------------	---------------------	---------------------

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto I

Progenitor	Efeito (v_i)		Efeito (h_i)
	Local 1	Local 2	Locais 1 e 2
1	-2,4967	-1,8317	1,2904
2	-0,4967	3,1683	-4,3746
3	-1,8367	-4,5017	-1,2521
4	0,8333	1,4983	2,4579
5	3,1633	2,1683	1,1704
6	0,8333	-0,5017	0,7079

Efeitos de linhagens e de heterose associados ao conjunto II

Progenitor	Efeito (v_j)		Efeito (h_j)
	Local 1	Local 2	Locais 1 e 2
1	-1,5825	0,2500	-0,7358
2	-0,5825	-2,7500	0,7092
3	1,4175	2,2500	-0,7625
4	0,7475	0,2500	0,7892

Tabela 27. Continuação.

Heterose específica

Tratamento	Local 1 e 2
1 x 1	-1,76
1 x 2	0,46
1 x 3	1,34
1 x 4	-0,04
2 x 1	-0,02
2 x 2	0,88
2 x 3	-1,40
2 x 4	0,54
3 x 1	0,28
3 x 2	-0,84
3 x 3	-0,44
3 x 4	1,00
4 x 1	0,40
4 x 2	0,29
4 x 3	0,18
4 x 4	-0,87
5 x 1	1,61
5 x 2	-0,83
5 x 3	-0,28
5 x 4	-0,50
6 x 1	-0,52
6 x 2	0,04
6 x 3	0,60
6 x 4	-0,13

Figura 2. Teor de tanino (e.c.) das linhagens masculinas nas fases da maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós colheita.

Figura 3. Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 1' nas fases da maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós colheita.

Figura 4. Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 2' nas fases da maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós colheita.

Figura 5. Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 3' nas fases da maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós colheita.

Figura 6. Teor de tanino (e.c.) dos cruzamentos com a fêmea 4' nas fases da maturidade fisiológica, colheita e 30 dias pós colheita.