



**CONTROLE GENÉTICO DO 'STAY GREEN'
NO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

AURÉLIO MENDES AGUIAR

1999

no registro de CIRCULAÇÃO E EMPRESTITO
DATA DE REVOLUÇÃO

46166

13075MFW.

DESCARTADO

F.V.A.

ASSINATURA

Data 13 / 11 / 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA
UFLA

AURÉLIO MENDES AGUIAR

CONTROLE GENÉTICO DO 'STAY GREEN' NO FEIJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Magno Antonio Patto Ramalho

CDD-632.9233

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
1999

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Aguiar, Aurélio Mendes

Controle genético do "stay green" no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) /
Aurélio Mendes Aguiar. – Lavras : UFLA, 1999.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Stay green. 3. Melhoramento genético. 4. Senescência tardia. 5.
Herdabilidade. 6. Controle genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.6523

AURÉLIO MENDES AGUIAR

CONTOLE GENÉTICO DO 'STAY GREEN' NO FEIJOEIRO (*Phaseolus Vulgaris* L.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 25 de fevereiro de 1999

Prof. João Bosco dos Santos

UFLA

Prof. Daniel Furtado Ferreira

UFLA



Prof. Magno Antonio Patto Ramalho

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICATÓRIA

Durante o período de realização desta dissertação, algumas vezes esquecemos de retribuir a atenção e o amor recebido das pessoas que nos amam, a elas dedico esta dissertação com todo amor,

à

Lanne Grácia Silveira e Guimarães,

Emília Júlia Mendes Aguiar,

Jaconiba Gomes de Aguiar,

As minhas irmãs,

E todos familiares.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por tudo!

À todos que me incentivaram na realização deste trabalho, entre eles: à minha família, aos meus Tios José de Aguiar e Mário Roberto, aos primos, a minha namorada e toda sua família, e aos amigos André, Danilo, Juninho, Thómaaz, Xandão, Iranildo, Paulinho, Pedro Hélio e Oswaldo, Joãozinho, e outros, pelos deliciosos momentos de lazer proporcionados dentro de uma cozinha.

À todos do GEN, pelas dicas, ajuda e coleguismo.

Aos funcionários do Departamento de Biologia pela ajuda.

À todos os colegas do curso de Mestrado e Doutorado em Genética.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de estudar em uma instituição onde a relação aluno-professor é muito maior que o dever de ensinar e aprender.

À CAPES pela bolsa concedida.

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e do Departamento de Biologia, por todos ensinamentos e amizade.

A pesquisadora Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelo convívio, amizade e ensinamentos.

Ao Prof. Magno Antonio Patto Ramalho, pela perseverança, orientação e amizade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	03
2 REFERENCIAL TEÓRICO	04
2.1 Sistemática e alguns aspectos da morfologia do feijoeiro.....	04
2.2 Conceito de ideótipo	07
2.3 Caráter 'stay green'	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local	13
3.2 Material experimental	13
3.3. Obtenção das populações segregantes	14
3.4 Avaliação de plantas individuais	14
3.5 Avaliação de famílias	22
4 RESULTADOS.....	32
4.1 Avaliação de plantas individuais	32
4.2 Avaliação das famílias segregantes	36
5 DISCUSSÃO	46
6 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

RESUMO

AGUIAR, A.M. Controle genético do 'stay green' no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras: UFLA, 1999. (55)p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)

Um dos caracteres que pode ser importante no melhoramento do feijoeiro, visando à obtenção de plantas eretas, é a senescência tardia do caule e folhas em relação às vagens. Esse caráter em outras espécies é conhecido como 'stay green'. Para elucidar o controle genético desse caráter no feijoeiro, foi estudada a descendência do cruzamento entre os cultivares Carioca (P_1) (sem 'stay green') x FT Tarumã (P_2) (com 'stay green'). Os trabalhos foram realizados no Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Lavras, durante o período de 1995 a 1998. As avaliações foram realizadas em plantas individuais e em famílias. No primeiro caso, as plantas das populações P_1 , P_2 , F_2 , F_2RC_1 ($P_1 \times F_1$) e F_2RC_2 ($P_2 \times F_1$) foram avaliadas em um experimento em blocos casualizados com três repetições. O caráter foi avaliado por meio de uma escala de notas visual dada após a maturação fisiológica das plantas. Quando se utilizaram famílias, foram avaliadas 192 derivadas de plantas F_2 , sendo 64 F_2 , 62 F_2RC_1 e 64 F_2RC_2 nas gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$. Essas famílias mais os dois pais e duas testemunhas foram comparadas utilizando um látice simples 14 x 14. Nesse caso também o caráter foi avaliado por meio de uma escala visual de notas. Constatou-se que houve predominância dos efeitos dominantes e que o controle é monogênico ou oligogênico. Foi verificado que o ambiente exerce influência na expressão do caráter. A seleção nas gerações iniciais para o caráter mostrou-se eficiente e não foi detectada associação entre o caráter 'stay green' e a produtividade de grãos.

Orientador: Magno Antonio Patto Ramalho – UFLA.

ABSTRACT

AGUIAR, A.M. Genetic control of 'stay green' in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras: UFLA, 1999. (55)p. (Dissertation - Master of Science in Genetics and Plant Breeding)

One of the characters which may be important in common bean breeding program aiming to obtain erect plants is late stem and leaf senescence relative to pods. This character in other species is known as the 'stay green'. To elucidate the genetical control of that character in the common bean, the offspring of the cultivar Carioca (P_1) ('nonstay green') x FT Tarumã ('stay green') was investigated. The works were undertaken in the Department of Biology at the Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras) over the period from 1995 to 1998. The evaluations were done both on individual plants and on families. In the former case, the plants of the P_1 , P_2 , F_2 , F_2RC_1 ($P_1 \times F_1$) and F_2RC_2 ($P_2 \times F_1$) were evaluated in a random blocks design with three replications. The character was evaluated by means of a visual score scale given after plants physiological maturation. When families were utilized, 192 derived from F_2 , were evaluated, begin 64 F_2 , 64 F_2RC_1 and 64 F_2RC_2 in the $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ and $F_{2:6}$ generations. Those families plus the two parents and two checks by utilizing a simple lattice design 14 x 14. In that case, the character was also evaluated through a visual score scale. It was found that: there was a predominance of the dominant effects and that the control is either monogenic or oligogenic. It was verified that environment exerts influence on the character expression. Selection in the early generations for the character proved efficient and was not detected association between the character 'stay green' and grain yield.

Adviser: Magno Antonio Patto Ramalho - UFLA

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos, na maioria dos programas de melhoramento de feijoeiro desenvolvidos atualmente, é a obtenção de cultivares de porte ereto. A planta mais ereta apresenta algumas vantagens: facilidade de condução da cultura, pois possibilita a fácil locomoção de implementos agrícolas; redução na ocorrência de alguns patógenos, como por exemplo o mofo branco (*Sclerotinia sclerotium* (Lib.) de Bary), especialmente devido ao maior arejamento da cultura (Coyne, 1980). Além do mais, com o crescente interesse da colheita mecanizada, visando atender a demanda dos agricultores e/ou empresas agrícolas que cultivam áreas extensas, a eficiência das máquinas deve ser maior quando o cultivar possui plantas eretas. Mesmo no caso da colheita manual, a planta ereta apresenta vantagens e a principal delas é o menor acamamento nesse tipo de planta. O número de vagens que entram em contato com o solo úmido é menor, reduzindo as perdas e produzindo um produto de melhor qualidade. Havendo menor acamamento a eficiência da colheita manual também é maior.

Há vários caracteres que estão associados com a obtenção de plantas eretas (Adams, 1973). Alguns deles já foram estudados visando conhecer o seu controle genético e a possibilidade de sucesso com a seleção (Teixeira, 1997). Em culturas como o sorgo, girassol e milho uma das características associadas ao menor acamamento é a senescência tardia do caule e folhas, em relação às espigas ou panículas, isto é, quando as espigas ou panículas se encontram secas o caule e folhas ainda se encontram verdes. Esse caráter é denominado de 'stay green'. No feijoeiro a ocorrência dessa senescência tardia foi relatada por Genchev (1993).

No Brasil, a ocorrência do caráter 'stay green' é frequentemente encontrado em cultivares de porte ereto tais como Rio Tibagi, FT Tarumã e

Carioca MG. Contudo, não há informações sobre o seu controle genético. Considerando a importância desse caráter na obtenção de plantas eretas, foi realizado esse trabalho visando a identificar o seu controle genético e a possibilidade de sucesso com a seleção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemática e alguns aspectos da morfologia do feijoeiro

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. é pertencente à classe Magnoliopsida (dicotiledôneas) e atualmente se encontra classificada botanicamente na família das Fabáceas (Leguminosae). Originário das Américas o gênero *Phaseolus* engloba mais de meia centena de espécies. Dentre essas, apenas cinco são de importância econômica: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *P. polyanthus* L..

É de consenso que o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui três centros de domesticação na América. Um na região central da América (Meso-América), principalmente no México, de genótipos com sementes geralmente pequenas (<25g/100 sementes); outro, no Sul dos Andes onde predomina germoplasma de feijão com sementes grandes; e outro, ao Norte dos Andes, de menor importância, com feijões de sementes pequenas (Gepts e Bliss, 1986; Gepts et al., 1986).

A planta de feijoeiro, apesar de possuir uma raiz primária de diâmetro maior, apresenta o sistema radicular do tipo fasciculado (ramificado). Uma constatação que se faz é que as raízes do feijoeiro se concentram nos primeiros vinte centímetros de solo, limitando a área de solo explorada. Isso dificulta a

absorção de nutrientes, tolerância a estresse hídrico, além de diminuir a capacidade de sustentação da planta causando acamamento e, conseqüentemente, maiores perdas de produção.

A profundidade do sistema radicular é muito influenciada pelas condições de cultivo como: fertilidade de solo, disponibilidade hídrica, preparo do solo e manejo do solo, cultivar utilizado e outras (Santos e Gavilanes, 1998).

O caule do feijoeiro é do tipo herbáceo, sendo denominado de haste. A partir das folhas primárias é formada uma sucessão de nós e entrenós. Os cotilédones e as folhas primárias, que são simples, são opostas e estão inseridas no primeiro e segundo nó, respectivamente. Do terceiro nó em diante são formadas as folhas compostas de forma alternadas (Vilhordo et al., 1996).

Trabalhos que visam estudar o porte – arquitetura da planta - do feijoeiro devem observar diversas características como: hábito de crescimento, número de nós, comprimento de entrenós, diâmetro do hipocótilo, número de ramificações, desenvolvimento do caule, duração e grau de lignificação do caule.

Dentre estas características o hábito de crescimento é com certeza o mais estudado e propõe a divisão em hábito determinado ou indeterminado (Vilhordo et al., 1980; Singh, 1982). Plantas de hábito determinado desenvolvem inflorescência no final de suas gemas apicais do caule principal e das ramificações, fazendo com que cultivares com este hábito tenham um menor período de florescimento, do ápice para a base, sendo assim basípeto.

Os meristemas apicais da haste principal e das ramificações não terminam em inflorescência nas plantas de hábito indeterminado, contribuindo para que o florescimento seja mais prolongado e que seja da base para o ápice, sendo chamado de acrôpeto. Plantas de hábito indeterminado possuem um maior número de ramificações, nós e entrenós, que contribui para que estas plantas sejam mais produtivas visto que nas axilas foliares desenvolvem-se três gemas – triáde -. Estas gemas podem gerar tecidos completamente vegetativos, quando

originam ramos, completamente floral, quando dão origem `as inflorescências ou floral e vegetativo dando origem a ramos e inflorescências.

Devido à diversidade de tipos de crescimento das plantas, especialmente de hábito indeterminado e, para facilitar a comunicação entre os especialistas, o hábito de crescimento é agrupado em quatro tipos, I, II, III e IV, embora alguns autores ainda façam subdivisões dentro desses grupos (Vilhordo et al., 1996; Santos e Gavilanes, 1998). Cultivares que pertencem ao tipo I possuem hábito de crescimento determinado e arbustivo, geralmente são cultivares precoces e com menor potencial produtivo.

O tipo II é caracterizado por apresentar hábito indeterminado, com ramificação ereta e fechada, geralmente apresenta mais de doze nós na haste principal. Alguns cultivares que se destacam por apresentarem um bom porte se enquadram dentro deste grupo como: 'FT Tarumã', 'Rio Tibagi' e 'Carioca MG'.

Cultivares que apresentam hábito indeterminado, com ramificação aberta e haste mais desenvolvida do que as do tipo II, são classificados como pertencentes ao tipo III. Genótipos deste grupo são prostrados o que dificulta os tratamentos culturais e a colheita. Nesse grupo estão vários cultivares recomendados no Brasil, entre eles o 'Carioca', 'Pérola' e 'Ouro Negro'.

Os genótipos com hábito indeterminado, com grande desenvolvimento vegetativo, pertencem ao tipo IV. Geralmente são conduzidos sob tutoramento e possuem grande número de nós, entre 20 e 30, com comprimento da haste principal podendo chegar até dois metros.

O grande problema dessa classificação é que o hábito é muito influenciado pelo efeito do ambiente e a expressão do caráter pode ser alterada em função de temperatura, umidade e matéria orgânica, o que pode dificultar as avaliações. Além do mais, conforme Vilhordo et al. (1980) comentam, o número

de nós não é um bom indicador do tipo de crescimento porque mesmo dentro de um dado tipo há ampla variação nesse caráter.

Uma característica marcante do feijoeiro é a presença de folhas compostas. As folhas ficam inseridas nos nós do caule principal ou das ramificações, possuem três folíolos (trifoliolada), sendo o central utilizado para caracterização botânica da espécie, são longo-pecioladas e apresentam pulvínulo na base do pecíolo. A presença do pulvínulo está associada a movimentos nictinásticos das folhas que promovem uma maior eficiência na absorção de luz solar.

As flores do feijoeiro se encontram em inflorescências do tipo rácimo. Apresentam o fenômeno de cleistogamia o que, juntamente com a disposição dos órgãos reprodutivos, favorecem a autofecundação. Em trabalho realizado na UFLA verificou-se que a taxa de alogamia não foi superior a 3% (Marques Júnior e Ramalho, 1996). Observa-se que geralmente cultivares que apresentam folhas pequenas produzem sementes pequenas. Este fato é devido ao cálice e a corola serem de natureza foliar (Ferri, 1984). A semente do feijoeiro não possui albume. As reservas nutricionais se encontram nos cotilédones que apresentam grande variação no tamanho. O número de sementes por vagem é muito variável, geralmente cultivares que apresentam vagens grandes possuem menor número de sementes por vagem.

2.2 Conceito de ideótipo

A partir da tão propalada revolução verde, que ocorreu na década de sessenta, devido especialmente à mudança na estrutura – altura – das plantas de trigo e arroz, vários melhoristas começaram a dar maior atenção a aspectos fisiológicos das plantas, visando sobretudo à melhoria da eficiência

fotossintética. Nesse contexto, Donald (1968) criou o conceito de ideótipo, isto é, um conjunto de caracteres que contribuem para uma maior eficiência fotossintética, ou seja, um modelo de planta que permite maior eficiência na utilização dos recursos. É evidente que esse modelo é dinâmico, variando entre espécies e mesmo dentro da mesma espécie, de acordo com a região de cultivo ou finalidade da cultura. No caso do feijoeiro esse ideótipo foi objeto de alguns trabalhos. Adams (1973) fez alguns comentários a esse respeito e propôs, para as condições de monocultivo nos Estados Unidos, que a planta ideal deveria conter:

1. Haste principal: deve ser forte, com maior diâmetro e com um número mínimo de ramos eretos, numerosos nós e entrenós de comprimento médio.

2. Inflorescências: axilares em cada nó, com muitas flores, pedúnculo curto, não muito comprida.

3. Folhas: numerosas, pequenas, capazes de se orientar verticalmente.

4. Vagens: grandes, com muitas sementes, sem deiscência.

5. Sementes: tão grandes quanto possível, dentro dos limites aceitáveis pelo consumidor.

6. Hábito de crescimento: determinado, estreito e ereto.

7. Taxa de crescimento: acumulação rápida com uma área foliar ótima.

8. Duração do crescimento: estabelecimento adequado e escalonado dos órgãos nutricionais e um longo período, desde a floração até a maturação.

9. Absorção em nível geralmente alta de minerais e translocação dentro da planta, suficiente para cobrir todas as necessidades.

10. Alta taxa de fotossíntese para todas as folhas.

11. Alta taxa de translocação dos produtos fotossintetizados.

No caso de cultivo consorciado, o ideótipo do feijoeiro diferencia em alguns pontos básicos, entre eles:

1. Sementes pequenas ou médias, para obter uma planta forte, de porte alto, com sistema radicular profundo e com folhas primárias maiores.

2. Planta alta de hábito determinado, com numerosas ramificações laterais e fortes, resistentes ao acamamento.

3. Muitas vagens devido ao grande número de nós dos ramos.

4. Vagens grandes.

5. Planta que responda a nitrogênio e fósforo.

6. Alto índice de produtividade.

Cerca de trinta anos se passaram da proposta do modelo de Donald (1968) e vinte e cinco do modelo de planta de feijoeiro de Adams (1973). Nesse período inúmeros trabalhos foram publicados, envolvendo o feijoeiro e outras espécies (Coyne, 1980; Rasmusson, 1986; Acquaah, Adams e Kelly, 1991; Brothers e Kelly, 1993; Kelly, Kolkman e Schneider, 1998).

Em uma discussão sobre a contribuição do melhoramento para a maior eficiência fisiológica, Rasmusson (1984 e 1986) enfatiza que há variabilidade genética para a maioria dos caracteres e que houve sucesso em se alterar isoladamente algum componente morfológico ou fisiológico da eficiência fotossintética, sobretudo aqueles de mais fácil avaliação. Contudo, afirma que os organismos vivos tendem a ter um alto grau de proporcionalidade nas dimensões dos diferentes órgãos. Não adianta alterar apenas um ou dois caracteres ou alguns desses órgãos. É necessária uma mudança harmoniosa das partes.

Constata-se na literatura que, entre os caracteres envolvidos no ideótipo do feijoeiro (Adams, 1973), o porte ereto da planta foi o que recebeu maior atenção (Santos e Vencovsky, 1986; Acquaah, Adams e Kelly, 1991; Brothers e Kelly, 1993), sobretudo porque além de uma possível melhoria na eficiência fisiológica, uma planta ereta facilita os tratos culturais, reduz as perdas na colheita manual e mecânica e diminui a incidência de patógenos, especialmente mofo branco (*Sclerotinia sclerotium* (Lib.) de Bary), (Coyne, 1980).

Uma planta ereta de feijão possui hábito de crescimento tipo II e com menor número de ramificações possível. Esse tipo de planta apresenta potencial

produtivo inferior às plantas de hábito III e especialmente IV, porque evidentemente, elas possuem menor número de nós, conseqüentemente, menor número de gemas em condições de produzir inflorescências. Entretanto, por meio de seleção, tem sido possível obter, tanto no exterior como no Brasil, plantas eretas com produtividade equivalente às de hábito III (Konergay, White e Cruz, 1992; Malburg e Kelly, 1992; Brothers e Kelly, 1993; e Collicchio, 1995).

Em trabalho recente no Brasil, visando elucidar o controle genético do porte do feijoeiro, Teixeira (1997) utilizou cultivares de hábitos I, II e III. A avaliação do porte foi efetuada, utilizando uma escala visual de notas, grau de ramificação, comprimento de entrenós, diâmetro de entrenós e altura de inserção da primeira vagem. O pesquisador realizou cruzamentos entre genitores diferindo acentuadamente no hábito de crescimento e procedeu à avaliação individual das plantas nas gerações F_1 , RC_{11} , RC_{21} , F_2 , F_3 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} e, posteriormente, continuou as avaliações utilizando famílias $F_{2:3}$ e $F_{3:4}$ dos mesmos cruzamentos. A autora concluiu que o comprimento de entrenós foi o caráter que mostrou maior variação havendo predominância do efeito aditivo no seu controle. A avaliação de plantas individuais, por meio de escala de notas, revelou ser de baixa eficiência, porém quando se utilizaram famílias, apesar de acentuada influência ambiental na expressão do caráter, as estimativas dos parâmetros genéticos evidenciaram a possibilidade de sucesso com a seleção, especialmente se esta for realizada utilizando informações de um maior número de gerações e/ou ambientes.

Tem sido constatado que, normalmente, as plantas eretas possuem folhas pequenas e grãos pequenos. Esse último caráter é uma séria restrição na aceitação do cultivar, especialmente por parte de atacadistas e consumidores. Nesse contexto alguns trabalhos foram realizados visando verificar a associação entre o porte da planta e o tamanho dos grãos (Acquaah, Adams e Kelly, 1991;

Brothers e Kelly, 1993; Collicchio, 1995). Nesses trabalhos ficou evidenciado que não há ligação entre os genes dos dois caracteres. Contudo, conforme Collicchio, Ramalho e Abreu (1997) enfatizam, o número de genes envolvidos no controle dos dois caracteres, especialmente o porte, deve ser grande, o que dificulta a seleção simultânea para os dois caracteres.

O principal objetivo de uma planta ereta é que ela permaneça nessa condição até o momento da colheita, evitando o acamamento e o possível contato das vagens maduras com o solo úmido, que não só amplia as perdas como também deprecia a qualidade do produto. Tem sido observado, que plantas que pouco acamam, apresentam o caráter de senescência tardia do caule, denominado 'stay green'.

2.3 Caráter 'stay green'

Foi observado em algumas espécies cultivadas como o milho, o sorgo e o girassol, que algumas plantas apresentam um retardamento na senescência das folhas e do caule após a maturação fisiológica. Enquanto as espigas e panículas já se encontravam completamente secas, o caule ainda permanecia verde. Por esta razão o caráter foi denominado de 'stay green' (Duncan, Bockholt e Miller, 1981). Este autores comentam que cultivares que possuem esta característica apresentam um menor acamamento e tolerância a estresse hídrico, além de uma melhor tolerância a doenças e pragas, como: tombamento (*Macrophomina phaseoli* (Tassi) Goid), antracnose (*Colletotrichum graminicola* (Cesati) Wilson) e ao pulgão *Oligonychus pratensis* (Banks) em sorgo.

A importância desse caráter é tão grande que, atualmente, dificilmente uma empresa de sementes de milho e sorgo coloca no mercado um novo cultivar que não possua esse caráter.

Embora a importância do caráter seja expressiva, como já realçado, há pouca informação sobre o seu controle genético. A mais provável explicação é sua dificuldade de avaliação. Em trabalho realizado com sorgo, utilizando linhagens com senescência tardia e senescência normal, foi constatado que a seleção para senescência tardia do caule é facilitada quando se utiliza diâmetro do colmo, concentração de açúcar no caule e número de folhas verdes retidas após a maturação fisiológica (Duncan, Bockholt e Miller, 1981).

Os procedimentos para avaliação do 'stay green' ainda é muito variável. Em alguns trabalhos foi utilizada uma escala de notas tendo como referência a retenção foliar (Wanous, Miller e Rosenow, 1993; Walulu et al., 1994). Outra metodologia adotada para avaliação desse caráter é a quantificação da área verde das folhas após a maturação fisiológica além da área foliar e taxa de senescência (Oosterom, Jayachandran e Bidinger, 1996). Outros autores adotaram um programa de computador que utiliza uma lâmina do caule para fazer a avaliação por meio de uma escala de notas (Culkadar-Olmedo, Miller, Hammond, 1997; Culkadar-Olmedo e Miller, 1997).

Visando elucidar o controle genético do caráter 'stay green' em sorgo, foram utilizadas as gerações F_1 , F_2 , e os dois retrocruzamentos de um cruzamento entre genitores variando na expressão do caráter (Walulu et al., 1994). Os autores concluíram que o ambiente exerceu forte influência na sua expressão. Sob condições normais de cultivo, a ação dos genes se manifestou de forma dominante, porém, sob condições de estresse hídrico, houve predominância de efeitos aditivos. Em trabalho semelhante com sorgo, Oosterom, Jayachandran e Bidinger (1996) avaliaram que houve predominância dos efeitos dominantes no controle do caráter 'stay green'.

Nos EUA foi estudado recentemente o controle genético do caráter 'stay green' em girassol, sendo utilizadas também as gerações F_1 , F_2 , os dois retrocruzamentos e os genitores. Embora fosse detectada significância para os

efeitos aditivos, dominantes e de epistasia aditiva x dominante, houve predominância dos efeitos aditivos (Culkadar-Olmedo e Miller, 1997; Culkadar-Olmedo, Miller e Hammond, 1997). Contatou-se, também, que não houve associação entre a senescência tardia – ‘stay green’ – e a umidade de grãos na colheita.

No caso do feijoeiro, o assincronismo entre o amadurecimento das vagens e do caule e folhas, embora não fosse denominado de ‘stay green’, também já foi relatado (Thomaz e Smart, 1993 e Genchev, 1993). Esse último autor, inclusive, enfatizou que as vagens amadureciam até cerca de dez dias antes do caule, independente das condições ambientais e que o caráter deve ser controlado por poucos genes, porém salienta que há necessidade de mais estudos para melhor elucidação do seu controle genético.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos em Lavras, na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, localizada na região Sul do Estado de Minas Gerais, a 910 metros de altitude, 21°58’ S de latitude e 45°22’ W de longitude.

3.2 Material experimental

Para o estudo do controle genético do caráter ‘stay green’ no feijoeiro, foram utilizados os cultivares Carioca (P₁) e FT Tarumã (P₂). O cultivar Carioca

foi recomendado pelo Instituto Agronômico de Campinas em 1968 (Almeida, Leitão Filho e Miyascka, 1971) e apresenta grãos de cor creme, com estrias marrons, sem halo amarelo e com peso de 100 sementes de 22 a 25g. Possui hábito de crescimento do tipo III (prostrado), cor da flor branca e no momento da colheita todo o caule, folhas e vagens se encontram completamente secos, não apresentando o caráter 'stay green'. O cultivar 'FT Tarumã', lançado no mercado pela FT Pesquisa e Sementes, apresenta grãos pretos, flores violetas, hábito de crescimento do tipo II (ereto) e, no momento da colheita, o caule e as folhas permanecem verde enquanto as vagens estão completamente secas, o que evidencia a presença de senescência tardia, caráter 'stay green'.

3.3. Obtenção das populações segregantes

A geração F_1 do cruzamento entre os cultivares Carioca (P_1) x FT Tarumã (P_2) foi obtida em casa de vegetação, durante o ano de 1995, utilizando metodologia proposta por Ramalho, Santos e Zimmermann (1993). Posteriormente foram obtidas, nas mesmas condições, as gerações RC_{11} ($F_1 \times P_1$) e RC_{21} ($F_1 \times P_2$). As sementes das gerações F_2 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} , foram obtidas em nível de campo durante o ano de 1996.

A partir daí foram conduzidos experimentos distintos. Em um deles a avaliação foi realizada em indivíduos e no outro, em famílias.

3.4 Avaliação em plantas individuais

Esse experimento foi conduzido utilizando as gerações F_2 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} . O experimento foi conduzido no período do outono-inverno de 1996,

semeadura em julho. Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Nesse experimento foram avaliadas, além das três gerações mencionadas, os dois pais. No caso dos pais, as parcelas eram constituídas por uma linha de um metro com dez plantas. Já para as populações F_2 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} foram usadas sete parcelas de um metro, com dez plantas em cada bloco, devido serem essas populações segregantes. Desse modo, foram avaliadas, no total, 30 plantas de cada pai e 210 plantas das gerações segregantes.

No momento da colheita foi efetuada a avaliação por planta do caráter 'stay green', utilizando uma escala de notas visual, semelhante à adotada por Walulu et al. (1994) (Diagrama de notas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, cujo esquema é mostrado na Tabela 1, utilizando o seguinte modelo estatístico.

$$Y_{ijk} = m + b_j + t_l + e_{jl} + p_{(k)jl}$$

Y_{ijk} : valor observado para a planta k , do tratamento l no bloco j ;

m : média geral;

b_j : efeito do bloco j , ($j = 1, 2$ e 3);

t_l : efeito do tratamento l , ($l = 1, \dots, 5$);

$p_{(k)jl}$: efeito da planta k dentro do bloco j que recebeu o tratamento l ;

e_{jl} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} ;



Diagrama de notas para avaliação do caráter 'stay green'

TABELA 1. Esquema da análise de variância adotado na avaliação do caráter 'stay green' em plantas individuais.

FV	GL	QM
Tratamentos	t - 1	Q _t
Resíduo	(r-1) (t-1)	Q _r
Populações	Variância	
Dentro P ₁	gl ₁	$\sigma_{P_1}^2$
Dentro P ₂	gl ₂	$\sigma_{P_2}^2$
Dentro F ₂	gl ₃	$\sigma_{F_2}^2$
Dentro F ₂ RC ₁₁	gl ₄	$\sigma_{F_2RC_{11}}^2$
Dentro F ₂ RC ₂₁	gl ₅	$\sigma_{F_2RC_{21}}^2$

r e t: número de repetições e tratamentos, respectivamente;

$\sigma_{P_1}^2$ e $\sigma_{P_2}^2$: variância fenotípica dentro do pai 1 e 2, respectivamente;

$\sigma_{F_2}^2$, $\sigma_{F_2RC_{11}}^2$ e $\sigma_{F_2RC_{21}}^2$: variância fenotípica dentro das populações F₂, F₂RC₁₁ e F₂RC₂₁, respectivamente.

gl₁, gl₂, gl₃, gl₄ e gl₅: graus de liberdade associados aos pais 1 e 2 e as populações F₂, F₂RC₁₁ e F₂RC₂₁, respectivamente.

Utilizando os dados médios, foram estimados os componentes de média, empregando o método dos quadrados mínimos ponderados (Rowe e Alexander, 1980; Mather e Jinks, 1984). Considerou-se o modelo aditivo e dominante sem epistasia, conforme a seguinte expressão:

$$\hat{\beta} = (C'NS^{-1}C)^{-1}(C'NS^{-1}Y)$$

em que:

$\hat{\beta}$: vetor dos estimadores, ou seja:

$$\hat{\beta} = \begin{vmatrix} \hat{m} \\ \hat{a} \\ \hat{d} \end{vmatrix}$$

\hat{m} : estimador da média;

\hat{a} : estimador do desvio do homozigoto em relação à média;

\hat{d} : estimador do desvio do heterozigoto em relação à média;

C : é a matriz do modelo que, na presente situação, corresponde a:

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0,5 \\ 1 & 0,5 & 0,25 \\ 1 & -0,5 & 0,25 \end{vmatrix}$$

N : matriz associada ao número de plantas avaliadas, dada por:

$$N = \begin{vmatrix} n_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & n_5 \end{vmatrix}$$

Sendo n_1 , n_2 , n_3 , n_4 e n_5 o número de plantas das populações pai 1, pai 2, F_2 , F_2RC_{11} e F_2RC_{21} , respectivamente.

S : matriz das variâncias associadas às populações, dada por:

$$S = \begin{vmatrix} \hat{\sigma}_{P_1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \hat{\sigma}_{P_2}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \hat{\sigma}_{F_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \hat{\sigma}_{F_2RC_{11}}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \hat{\sigma}_{F_2RC_{21}}^2 \end{vmatrix}$$

Y : vetor dos valores médios observados, dado por:

$$Y = \begin{vmatrix} \bar{P}_1 \\ \bar{P}_2 \\ \bar{F}_2 \\ F_2 \bar{RC}_{11} \\ F_2 \bar{RC}_{21} \end{vmatrix}$$

Esse sistema foi resolvido utilizando o programa MAPGEN (Ferreira e Zambalde, 1997). A avaliação do ajustamento do modelo foi realizada a partir do coeficiente de determinação (R^2) e o teste Qui-quadrado (χ^2). Também foi aplicado o teste de 't' para verificar se as estimativas obtidas foram diferente de zero (Pimentel Gomes, 1990).

Estimou-se também os componentes da variância, utilizando o método dos quadrados mínimos ponderados iterativo (Mather e Jinks, 1984). Para isso também foi utilizado o programa MAPGEN (Ferreira e Zambalde, 1997). Utilizou-se a expressão descrita anteriormente, em que $\hat{\beta}$ é o vetor dos estimadores $\hat{\sigma}_e^2$ (variância ambiental entre plantas), $\hat{\sigma}_A^2$ (variância genética aditiva) e $\hat{\sigma}_D^2$ (variância genética de dominância), ou seja:

$$\hat{\beta} \begin{vmatrix} \hat{\sigma}_e^2 \\ \hat{\sigma}_A^2 \\ \hat{\sigma}_D^2 \end{vmatrix}$$

A matriz do modelo adotada (C) é dada por:

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 1,5 \end{vmatrix}$$

A matriz N , que corresponde aos graus de liberdade associados a cada população, é dada por:

$$N = \begin{vmatrix} gl_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & gl_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & gl_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & gl_4 + gl_5 \end{vmatrix}$$

O vetor Y corresponde às variâncias observadas dentro de cada tipo de família, e é dada por:

$$Y = \begin{vmatrix} \sigma_{P_1}^2 \\ \sigma_{P_2}^2 \\ \sigma_{F_2}^2 \\ \sigma_{F_2RC_1}^2 \end{vmatrix}$$

$\sigma_{F_2RC_{11}}^2$: corresponde à soma da variância de $\sigma_{F_2RC_{11}}^2$ e $\sigma_{F_2RC_{21}}^2$.

A matriz S representa a matriz de ponderação e, também, corresponde às variâncias observadas em cada população.

Como nos componentes de média, a verificação do ajustamento de modelo foi realizado utilizando o coeficiente de determinação (R^2) e Qui-quadrado (χ^2).

Foram obtidas também as estimativas da herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_a^2) e restrito (\hat{h}_r^2), com os respectivos erros associados, utilizando procedimento semelhante ao apresentado por Vello e Vencovsky (1974).

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2}{\frac{\hat{\sigma}_{F_2}^2}{r}}$$

$$\hat{h}_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\frac{\hat{\sigma}_{F_2}^2}{r}}$$

$$s(\hat{h}_a^2) = \left\{ \left(\frac{2}{9} \right) \left[\left(\frac{1}{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2} \right) \left(\frac{(\hat{\sigma}_{P_1}^2)^2}{n_1 + 2} + \frac{(\hat{\sigma}_{P_2}^2)^2}{n_2 + 2} \right) + \left(\frac{1}{n_3 + 2} \right) (3 - \hat{h}_a^2)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$s(\hat{h}_r^2) = \left\{ 2 \left[\left(\frac{1}{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2} \right) \left(\frac{(\hat{\sigma}_{F_2RC_{11}}^2)^2}{n_4 + 2} + \frac{(\hat{\sigma}_{F_2RC_{21}}^2)^2}{n_5 + 2} \right) + \left(\frac{1}{n_3 + 2} \right) (2 - \hat{h}_r^2)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Estimou-se o número de genes (k) envolvidos no controle do caráter pela expressão adaptada da proposta por, Burton (1951), ou seja:

$$k = \frac{\frac{1}{4} \left(\frac{3}{4} - \mu + \mu^2 \right) D^2}{\sigma_{F_2}^2 - \sigma_e^2}$$

em que na presente situação tem-se:

$$\mu = \frac{\left(\frac{4 \cdot \bar{F}_2 - 3 \cdot \bar{P}_1 - \bar{P}_2}{2} \right)}{\bar{P}_2 - \bar{P}_1}$$

$$D = \bar{P}_2 - \bar{P}_1$$

$\bar{F}_2, \bar{P}_1, \bar{P}_2$: médias das populações F_2 , pai 1 e pai 2, respectivamente.

O número de genes também foi estimado pela expressão proposta por Mather e Jinks (1971), ou seja:

$$k = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8 \cdot \hat{\sigma}_A^2}$$

em que:

$\hat{\sigma}_A^2$: estimativa da variância aditiva.

3.5 Avaliação de famílias

Sessenta e quatro plantas da geração F_2 , sessenta e quatro da F_2RC_{11} e sessenta e quatro da F_2RC_{21} foram colhidas individualmente obtendo as famílias $F_{2:3}$ das respectivas populações.

Essas famílias $F_{2:3}$ foram avaliadas, utilizando o delineamento látice simples 14×14 . Como tratamentos foram incluídas as 192 famílias, os dois genitores e mais duas testemunhas, os cultivares Carioca-MG e Pérola.

As avaliações foram realizadas de modo semelhante para as gerações $F_{2:4}$ (semeadura em julho de 1997), $F_{2:5}$ (semeadura em novembro de 1997) e $F_{2:6}$ (semeadura em fevereiro de 1998), diferindo apenas no tamanho das parcelas que, na geração $F_{2:3}$, foi constituída por uma linha de um metro com 15 plantas e, nas demais gerações, por duas linhas de dois metros com 15 plantas por metro.

Em todos os experimentos a avaliação do caráter 'stay green' foi realizada utilizando a escala de notas apresentada no Diagrama de notas, sendo que nesse caso era considerado o comportamento médio das plantas de cada parcela.

As notas do caráter 'stay green' das gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$ foram submetidas à análise da variância obedecendo ao modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ijk} = m + t_l + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento l , no bloco k , dentro da repetição j ;

m : média geral;

t_l : efeito do tratamentos l (sendo $l = 1, \dots, 196$);

r_j : efeito da repetição j , (sendo $j = 1, 2$);

$b_{k(j)}$: efeito do bloco incompleto k dentro da repetição j , ($k = 1, \dots, 14$);

e_{ijk} : erro experimental associado a observação Y_{ijk} .

Na tabela 2 é apresentado o esquema da análise de variância individual para as gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$.

TABELA 2. Esquema da análise de variância e esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise individual interblocos do látice.

FV	QM	E(QM)
Repetições		
Tratamentos (ajust.)	Q ₁	$\sigma_e^2 + r\sigma_{G_i}^2$
Entre famílias F _{2;i}	Q ₂	$\sigma_e^2 + r\sigma_{G_{F_{2;i}}}^2$
Entre famílias F _{2;i} RC ₁₁	Q ₃	$\sigma_e^2 + r\sigma_{G_{F_{2;i}RC_{11}}}^2$
Entre famílias F _{2;i} RC ₂₁	Q ₄	$\sigma_e^2 + r\sigma_{G_{F_{2;i}RC_{21}}}^2$
Entre tipos de famílias	Q ₅	
Test. vs. Famílias	Q ₆	
Erro efetivo	Q ₇	σ_e^2

$\sigma_{G_i}^2$: variância genética entre as famílias na geração i;

$\sigma_{G_{F_{2;i}}}^2, \sigma_{G_{F_{2;i}RC_{11}}}^2, \sigma_{G_{F_{2;i}RC_{21}}}^2$: variância genética entre as famílias originadas de plantas F₂, F₂RC₁₁ e F₂RC₂₁ na geração i;

r : número de repetições.

A partir da Tabela 2 foram obtidas as estimativas dos erros associados para cada população, calculados a partir da expressão proposta ($s(\hat{\sigma}_{G_i}^2)$) com as devidas adequações a cada tipo de família:

i) Estimador do componente de variância genética na geração i, $\hat{\sigma}_{G_i}^2$:

$$\hat{\sigma}_{G_i}^2 = \frac{Q_1 - Q_7}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{F_{2;i}}}^2 = \frac{Q_2 - Q_7}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{F2}IRC11}^2 = \frac{Q_3 - Q_7}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{F2}IRC21}^2 = \frac{Q_4 - Q_7}{r}$$

$$s(\hat{\sigma}_{G_u}^2) = \sqrt{\frac{1}{r^2} \left(\frac{2Q_1^2}{GL_{Trat} + 2} + \frac{2Q_7^2}{GL_{Erro} + 2} \right)}$$

ii) Estimador da herdabilidade no sentido amplo na geração i , \hat{h}_a^2

$$\hat{h}_a^2 = \frac{Q_1 - Q_7}{Q_1}$$

$$s(\hat{h}_a^2) = \left\{ \left(\frac{2}{9} \right) \left[\left(\frac{1}{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2} \right) \left(\frac{(\hat{\sigma}_{F_1}^2)^2}{n_1 + 2} + \frac{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2}{n_2 + 2} \right) + \left(\frac{1}{n_3 + 2} \right) (3 - \hat{h}_a^2)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Para verificar o efeito interação sobre as famílias ao longo das gerações realizou-se a análise conjunta com as médias ajustadas do caráter 'stay green'. A partir do modelo estatístico descrito a seguir, é apresentado o esquema da análise da variância e suas respectivas esperanças matemáticas na Tabela 3.

$$Y_{ijk} = m + t_l + r_{k(l)} + g_i + (tg)_{li} + e_{ikl}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento l , na repetição k na geração i ;

m : média geral;

t_l : efeito do tratamento l , ($l = 1, \dots, 196$);

g_i : efeito da geração i , ($i = 1, \dots, 4$);

$r_{k(i)}$: efeito da repetição k , dentro da geração i , ($k= 1, 2$);

$(tg)_{li}$: efeito da interação do tratamento l com a geração i ;

e_{ijkl} : erro experimental associado a observação Y_{ikl} .

TABELA 3. Esquema da análise de variância conjunta com os quadrados médios e suas respectivas esperanças matemáticas $E(QM)$.

FV	QM	$E(QM)$
Gerações (E)		
Tratamento ajustados (G)	Q_1	
Entre famílias	Q_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE}^2 + m\sigma_G^2$
Entre famílias F_2	Q_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE_{F_2}}^2 + m\sigma_{G_{F_2}}^2$
Entre famílias F_2RC_{11}	Q_4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE_{RC1}}^2 + m\sigma_{G_{RC1}}^2$
Entre famílias F_2RC_{21}	Q_5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE_{RC2}}^2 + m\sigma_{G_{RC2}}^2$
Entre tipos de famílias	Q_6	
Test. vs. famílias	Q_7	
Test. vs. Resto	Q_8	
Trat. x gerações	Q_9	
Entre famílias x gerações	Q_{10}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE}^2$
Entre famílias F_2 x gerações	Q_{11}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{PGE_{F_2}}^2$
Entre famílias F_2RC_{11} x gerações	Q_{12}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE_{RC1}}^2$
Entre famílias F_2RC_{21} x gerações	Q_{13}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE_{RC2}}^2$
Entre tipos de famílias x gerações	Q_{15}	
Test. vs. famílias x gerações	Q_{16}	
Erro efetivo médio	Q_{17}	σ_e^2

σ_G^2 : variância genética entre as famílias;

σ_{GE}^2 : variância da interação entre tratamentos (G) x gerações (E);

$\sigma_{G_{F_2}}^2, \sigma_{G_{RC1}}^2, \sigma_{G_{RC2}}^2$: variância genética entre as famílias derivadas de plantas F_2, F_2RC_{11} e F_2RC_{21} , respectivamente;

$\sigma_{GE_{F_2}}^2, \sigma_{GE_{RC1}}^2, \sigma_{GE_{RC2}}^2$: variância da interação famílias x gerações entre as famílias e das populações F_2, F_2RC_{11} e F_2RC_{21} , respectivamente;

n : número de gerações.

A partir da Tabela 3 estimou-se a variância genética entre todas as famílias, entre as famílias de cada população e a herdabilidade no sentido amplo com seus respectivos erros, utilizando as expressões:

a) Variância genética entre as famílias:

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{Q_2 - Q_{10}}{rn}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{F_2}}^2 = \frac{Q_3 - Q_{11}}{rn}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{F_2RC11}}^2 = \frac{Q_4 - Q_{12}}{rn}$$

$$\hat{\sigma}_{G_{2RC21}}^2 = \frac{Q_5 - Q_{13}}{rn}$$

$$s(\hat{\sigma}_G^2) = \sqrt{\frac{1}{r^2} \left(\frac{2 \cdot Q_2^2}{GL_{Trat} + 2} + \frac{2 \cdot Q_{10}^2}{GL_{Int} + 2} \right)}$$

$$\hat{h}_a^2 = \frac{Q_2 - Q_{10}}{Q_2}$$

$$s(\hat{h}_a^2) = \left\{ \left(\frac{2}{9} \right) \left[\left(\frac{1}{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2} \right) \left(\frac{(\hat{\sigma}_{F_1}^2)^2}{n_1 + 2} + \frac{(\hat{\sigma}_{F_2}^2)^2}{n_2 + 2} \right) + \left(\frac{1}{n_3 + 2} \right) (3 - \hat{h}_a^2)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

b) Estimador da variância da interação famílias x gerações:

$$\hat{\sigma}_{GE}^2 = \frac{Q_{10} - Q_{17}}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{GEF_2}^2 = \frac{Q_{11} - Q_{17}}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{GEF_2RC_{11}}^2 = \frac{Q_{12} - Q_{17}}{r}$$

$$\hat{\sigma}_{GEF_2RC_{21}}^2 = \frac{Q_{13} - Q_{17}}{r}$$

Os erros associados para cada população foram calculados a partir da expressão proposta anteriormente com as devidas adequações a cada tipo de família.

A decomposição dos componentes da variância da interação foi realizada, utilizando a metodologia apresentada por Ramalho, Santos e Zimmermann (1993), pela expressão:

$$\hat{\sigma}_{GE}^2 = \frac{\sum_{i < i'} [(\hat{\sigma}_{P_i} - \hat{\sigma}_{P_{i'}})^2 + 2\hat{\sigma}_{P_i} \cdot \hat{\sigma}_{P_{i'}} (1 - r_{ii'})]}{n(n-1)}$$

em que:

$r_{ii'}$: correlação genética entre as gerações i e i' ;

n : número de gerações avaliadas.

Em todas as gerações, além das notas de 'stay green', foram coletados os dados de produção de grãos em g/parcela, os quais foram transformados para kg/ha. Obtiveram-se as correlações entre os dois caracteres visando identificar alguma associação entre eles, a partir da metodologia usada por Geraldí (1977). Inicialmente realizou-se a análise da variância, considerando o delineamento de blocos casualizados para cada caráter e para a soma do par, obtendo-se as esperanças matemáticas e produtos médios, apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Esperanças matemáticas dos produtos médios utilizados no cálculo da correlação entre o caráter 'stay green' e produção de grãos (kg/ha).

FV	QM _x	QM _y	QM _(x+y)	PM	E(PM)
Famílias	Q ₁	Q ₂	Q ₃	PM ₁ = 1/2(Q ₃ - Q ₁ - Q ₂)	Cov _{ei(x,y)} + rCov _{pi(x,y)}
Erro	Q ₄	Q ₅	Q ₆	PM ₂ = 1/2(Q ₆ - Q ₄ - Q ₅)	Cov _{ei(x,y)}

A partir das esperanças dos produtos médios foram estimadas as covariâncias genética e fenotípica:

a) Covariância fenotípica média entre os caracteres x e y, (Cov_{F̄(x,y)}):

$$Cov_{\bar{F}(x,y)} = \frac{PM_1}{r}$$

b) Covariância genética entre os caracteres x e y, (Cov_{pi(x,y)}):

$$Cov_{pi(x,y)} = \frac{PM_1 - PM_2}{r}$$

c) Coeficiente de correlação fenotípica média, (r_{F̄i(x,y)}):

$$r_{\bar{F}i(x,y)} = \frac{C\hat{o}v_{\bar{F}i(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}i(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}i(y)}^2}}$$

d) Coeficiente de correlação genética entre x e y, (r_{Gi(x,y)}):

$$r_{Gi(x,y)} = \frac{C\hat{o}v_{Gi(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{Gi(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{Gi(y)}^2}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{Gi(x)}^2$: estimador da variância genética para o caráter x, na geração i;

$\hat{\sigma}_{Gi(y)}^2$: estimador da variância genética para o caráter y, na geração i;

Estimou-se, também, a correlação genética entre as famílias nas diversas gerações, a partir das covariâncias entre as notas do caráter 'stay green' de uma geração para outra e, com as variâncias genéticas de cada geração. Aplicou-se a expressão a seguir:

$$r_{i,i'} = \frac{C\hat{o}v_{ii'}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{GF2i}^2 \cdot \hat{\sigma}_{GF2i'}^2}}$$

em que:

$r_{i,i'}$: correlação genética entre as gerações i e i';

$C\hat{o}v_{ii'}$: covariância entre as gerações i e i';

$\hat{\sigma}_{GF2i}^2$: variância genética na geração i;

$\hat{\sigma}_{GF2i'}^2$: variância genética na geração i';

Com base no desempenho médio das famílias ao longo das gerações estimou-se a herdabilidade realizada (h^2_{mi}), visando verificar o efeito da seleção precoce sobre o caráter 'stay green', utilizando procedimento apresentado por Fehr (1987) e Ramalho, Santos e Zimmermann (1993), pela expressão:

$$h_{ni'}^2 = \frac{GS_{i'} / m_{i'}}{ds_i / m_i}$$

em que:

$GS_{i'}$: ganho com a seleção na geração dos descendentes (geração i'), que foram selecionados na anterior (geração i), isto é, a média na geração i' dos indivíduos selecionados, menos a média geral dos indivíduos da geração i' ;

ds_i : diferencial de seleção, isto é, a média dos indivíduos selecionados na geração i menos a média geral dos indivíduos dessa geração;

m_i e $m_{i'}$: média das famílias selecionadas nas gerações i e i' , respectivamente.

Visando verificar o efeito da seleção precoce sobre as famílias, estimou-se o ganho realizado com a seleção divergente (GS) em cada geração, considerando a média das 20 famílias com as menores e maiores notas do caráter 'stay green' ($Ms_{i/i'}$), em relação à média geral de cada geração ($Mo_{i'}$). A expressão proposta foi:

$$GS\% = \left(\frac{Ms_{i/i'} - Mo_{i'}}{Mo_{i'}} \right) \cdot 100$$

sendo que $i \geq i'$ (i e $i' = 3, 4, 5$ e 6).

4 RESULTADOS

A apresentação dos resultados será dividida em duas etapas. A primeira envolvendo a avaliação de plantas individuais e a segunda, a avaliação das famílias.

4.1 Avaliação de plantas individuais

O resumo da análise da variância das notas dadas ao caráter 'stay green' é apresentado na Tabela 5. O efeito das populações foi altamente significativo, evidenciando a existência de variabilidade entre as populações avaliadas.

As médias das notas das diferentes populações avaliadas estão apresentadas na Tabela 6. Inicialmente chama atenção que os dois pais diferiram amplamente na expressão da característica. No cultivar Carioca, houve sincronismo na senescência de caule, vagens e folhas, isto é, o caráter 'stay green' não se manifestou e, portanto, as plantas receberam a nota média de 4,8, ou seja, praticamente a nota máxima. Já no 'FT Tarumã', as vagens apresentaram senescência muito mais precoce que as demais partes da planta. É um cultivar em que o 'stay green' se manifesta com grande intensidade, daí a menor nota observada.

A média da geração F_2 tendeu para um dos pais, o de maior expressão do 'stay green', menor valor, indicando, em princípio, a presença de dominância na expressão do caráter. Coerentemente com o que era esperado, a média das notas atribuídas às plantas da geração F_2 do RC_{11} tenderam para a expressão do pai - Carioca - e a F_2 do RC_{21} em direção contrária (Tabela 6 e Figura 1).

As estimativas dos componentes de média são apresentadas na Tabela 6. É necessário salientar inicialmente que o ajustamento dos dados ao modelo aditivo dominante foi muito bom, χ^2 não significativo e R^2 praticamente de 100%. As estimativas dos componentes de média evidenciaram também a presença de dominância, haja vista que o componente d, que mede o desvio do heterozigoto em relação à média, foi significativamente diferente de zero. O valor negativo desse componente é no sentido de reduzir a nota atribuída, isto é, maior 'stay green', devido ao modelo adotado. Nesse caso o componente aditivo foi significativamente diferente de zero e de magnitude semelhante ao d.

Quando se estimaram os componentes da variância (Tabela 7), o ajustamento ao modelo proposto também foi muito bom, indicando que a variação genética presente pode ser explicada considerando apenas a variância aditiva e de dominância. Aqui também a dominância ficou evidenciada, pois houve predominância da variância de dominância, cuja a estimativa foi cerca de cinco vezes a obtida pela variância aditiva.

As estimativas de herdabilidade (h^2) também estão apresentadas na Tabela 7. Observa-se que a herdabilidade no sentido amplo foi de 84,75% com um erro associado relativamente pequeno. Já a herdabilidade no sentido restrito apresentou uma estimativa bem inferior ($\hat{h}_r^2 = 14,28\%$), evidenciando mais uma vez a predominância de efeitos genéticos de dominância no controle do caráter.

Como houve predominância da dominância, foi utilizada a expressão de Burton (1951), para estimar o número de genes (k) envolvidos no controle do caráter, tendo sido obtido $k = 1,4$, pela expressão de Mather e Jinks (1971) foi obtido 5,1. Desse modo pode-se inferir que o caráter apresenta controle monogênico ou oligogênico. Esse fato é corroborado pela estimativa de herdabilidade no sentido amplo que foi elevada.

TABELA 5. Análise de variância de indivíduo, do caráter 'stay green', nas gerações F₂, F₂RC₁₁ e F₂RC₂₁, do cruzamento Carioca x FT Tarumã, avaliadas no inverno de 1996 em Lavras.

FV	GL	QM
Repetição	2	0,270
Tratamentos	4	4,568***
Erro	8	0,049
Dentro pai 1	25	0,226
Dentro pai 2	26	0,256
Dentro F ₂	156	1,569
Dentro RC ₁	164	1,468
Dentro RC ₂	173	1,117
CV (%)		7,3
Média		3,0

*** Significativo a 0,1 % de probabilidade;

TABELA 6. Médias e variâncias das populações avaliadas e suas respectivas estimativas para o caráter 'stay green' obtidas do cruzamento Carioca x FT Tarumã, avaliadas no inverno de 1996.

Populações	Médias		Variância
	Observada	Estimada	
Carioca	4,819	4,828	0,226
FT Tarumã	1,786	1,836	0,256
F ₂	2,449	2,506	1,569
F ₂ RC ₁₁	3,685	3,667	1,468
F ₂ RC ₂₁	2,268	2,171	1,117
Componentes de média			
	Estimativa	Erro padrão	Prob. > T
\hat{m}	3,33	0,0565	0,0003
\hat{a}	1,50	0,0545	0,0013
\hat{d}	-1,65	0,2069	0,0153
χ^2	1,73		0,4205
R ² (%)	99,74		

TABELA 7. Estimativas dos componentes de variância do caráter 'stay green', a partir dos dados de plantas individuais.

Componentes de Variância					
Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	LI ¹	LS ²	Prob. > T
$\hat{\sigma}_e^2$	0,2410	0,0151	0,1682	0,3743	0,0398
$\hat{\sigma}_A^2$	0,2240	0,2031	0,1937	0,2580	0,4711
$\hat{\sigma}_D^2$	1,1058	0,2477	0,9455	1,3108	0,1403
\hat{h}_r^2	14,28	23,23			
\hat{h}_a^2	84,75	7,91			
χ^2	0,10				0,7471
R ² (%)	99,99				

¹ LI : Limite inferior.

² LS : Limite superior.

$\hat{\sigma}_e^2$: variância ambiental;

$\hat{\sigma}_A^2$: variância genética dos efeitos aditivos;

$\hat{\sigma}_D^2$: Variância genética dos efeitos de dominância.

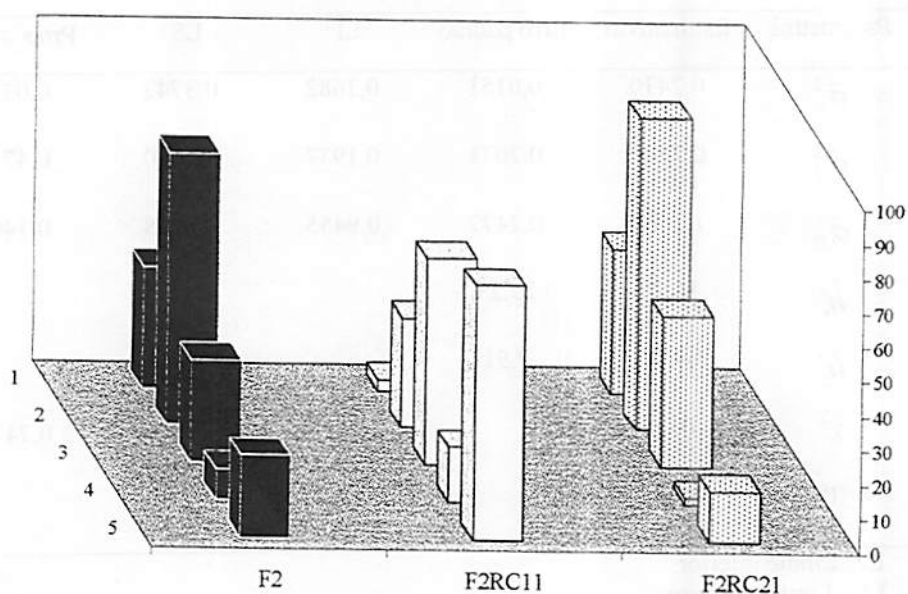


FIGURA 1. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando os valores observados na geração F_2 das populações F_2 , RC_{11} e RC_{21} .

4.2 Avaliação das famílias segregantes

O resumo das análises da variância das notas de 'stay green', relativo ao desempenho das famílias nas gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$ está apresentado na Tabela 8. Chama atenção inicialmente a eficiência do delineamento de látice em relação aos blocos casualizados que foi de pequena magnitude, inferior a 8% em todos os casos.

A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV%), foi menor na geração $F_{2:4}$ (CV=26,4%) e maior na $F_{2:6}$ (CV=18,7%). Vale

salientar que todas essas estimativas foram bem superiores às obtidas com as plantas individuais, anteriormente relatadas (Tabela 5 e 8), evidenciando em princípio a maior dificuldade na avaliação visual do caráter, considerando a parcela como um todo.

Embora a precisão experimental não fosse muito boa, foi possível detectar diferença significativa ($P \leq 0,001$) para a fonte de variação tratamentos em todos os casos. Na decomposição dessa fonte de variação ficou evidenciado que apenas quando se comparou a média das testemunhas com a média das 192 famílias em todas as gerações e entre as famílias do retrocruzamento com o pai 2, nas avaliações realizadas nas gerações $F_{2.5}$ e $F_{2.6}$, não foram observadas diferenças significativas.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos evidenciaram a existência de variação genética entre as famílias. As herdabilidades, no sentido amplo, ao nível de médias das famílias, foram em todos os casos inferiores à obtida ao nível de indivíduo. Isso ocorreu provavelmente devido à menor precisão experimental por ocasião da avaliação das famílias. Contudo, a menor estimativa à magnitude da herdabilidade foi de 67,7% (Tabela 8).

As médias obtidas nas diferentes gerações e para os vários tipos de famílias evidenciaram mais uma vez a presença de dominância no controle do caráter. As assimetrias nas distribuições de frequência obtida (Figuras 2, 3, 4 e 5) também reforçam essa observação.

As estimativas da variância genética são apresentadas na Tabela 9. Deve ser salientado inicialmente que os erros associados às estimativas da variância genética foram normalmente de pequena magnitude. A princípio pode-se inferir que a variabilidade entre as famílias derivadas do RC_2 , ou seja, conteúdo 75% dos alelos do cultivar FT Tarumã foi menor e, inclusive, em duas das gerações avaliadas foi negativa, portanto nula. Por meio da estimativa do coeficiente de variação genética essa observação fica mais evidente.

TABELA 8. Resumo das análises da variância do caráter notas de 'stay green' obtidas nas avaliações das famílias das diferentes gerações do cruzamento Carioca x FT Tarumã em Lavras.

FV	GL	QM			
		F _{2:3}	F _{2:4}	F _{2:5}	F _{2:6}
Trat. ajustado	195	1,871***	1,534***	1,207***	0,687***
Entre tipos de família	2	74,110***	7,145***	42,273***	21,706***
Entre famílias F ₂	63	1,263***	0,896**	0,754***	0,506***
Entre famílias RC ₁	63	1,340***	1,407***	1,157***	0,640***
Entre famílias RC ₂	63	0,650*	0,758*	0,337 ^{ns}	0,201 ^{ns}
Entre testemunhas	3	3,879***	3,288***	3,042***	1,841***
Test. vs. Famílias	1	0,006 ^{ns}	1,113 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,113 ^{ns}
Erro efetivo	169	0,493	0,565	0,412	0,244
Eficiência do látice		107,44	106,66	100,91	103,57
CV (%)		22,17	26,38	24,70	18,66
Médias Famílias F ₂		3,14	2,60	2,48	2,52
Famílias RC ₁		3,93	3,55	3,23	3,13
Famílias RC ₂		2,42	2,37	2,09	2,28
Carioca		5,00	5,00	4,00	4,25
FT Tarumã		1,75	2,00	1,25	2,00
Geral		3,16	2,84	2,60	2,65
\hat{h}_a^2 %		73,65 (64,65; 80,30) ¹	63,17 (50,59; 72,46)	65,87 (54,21; 74,48)	64,48 (52,35; 73,49)

***, Significativo a 0,1 % de probabilidade;

¹ Limites superior e inferior, respectivamente.

TABELA 9. Estimativas de variância genética e coeficientes de variância genética das diversas gerações.

Parâmetro	Geração			
	F _{2,3}	F _{2,4}	F _{2,5}	F _{2,6}
$\hat{\sigma}_G^2$	0,6890 (0,0980)	0,4845 (0,0831)	0,3975 (0,0648)	0,2215 (0,0370)
CVg (%)	26,27	24,51	24,25	17,76
$\hat{\sigma}_{G_{F_2}}^2$	0,3850 (0,1139)	0,1655 (0,0843)	0,1710 (0,0698)	0,1303 (0,0463)
CVg (%)	19,76	15,65	16,67	14,32
$\hat{\sigma}_{G_{RC_1}}^2$	0,4235 (0,1205)	0,4210 (0,1271)	0,3725 (0,1039)	0,1980 (0,0577)
CVg (%)	16,56	18,28	18,90	14,22
$\hat{\sigma}_{G_{RC_2}}^2$	0,0785 (0,0629)	0,0965 (0,0732)	-0,0375 (0,0370)	-0,0215 (0,0220)
CVg (%)	11,58	13,11	0	0

^{1/1} Erro padrão associado à estimativa.

Utilizando as médias ajustadas dos tratamentos das quatro gerações, realizou-se a análise conjunta, que é apresentada na Tabela 10. Constatou-se que as fontes de variação gerações, tratamentos, bem como a interação tratamentos x gerações foram significativas ($P \geq 0,001$). Também foi detectada significância entre os tipos de família e entre as famílias originadas de plantas F₂, RC₁₁ e RC₂₁. Quando se realizou o desdobramento da interação entre os tipos de família, verificou-se que as fontes de variação entre famílias F₂ x gerações e entre famílias RC₁ x gerações foram também significativas ($P \geq 0,001$). Contudo não foi detectada significância para as fontes de variação famílias do RC₂ x gerações, entre testemunhas x gerações e o contraste testemunhas vs. famílias x gerações.

Como nas análises individuais, observou-se que as médias das famílias originadas de plantas F₂ e RC₂ tenderam para o pai de maior 'stay green' - FT Tarumã -, menor nota. Já as famílias derivadas de plantas RC₁, com 75% dos

alelos do cultivar Carioca, apresentaram, à semelhança desse pai, menor expressão do caráter, maior nota média (Tabela 10). A distribuição de frequência das médias das famílias apresentou semelhança ao que ocorreu individualmente, em que cada geração apresentou assimetria na distribuição de frequência, evidenciando, como já salientado, a ocorrência de dominância (Figura 6).

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, obtidos a partir da análise conjunta, estão apresentados na Tabela 11. Verifica-se que o erro associado às estimativas das variâncias genéticas entre as famílias foi de pequena magnitude. A maior estimativa do erro, proporcionalmente à variância genética, ocorreu na geração RC₂ e correspondeu a 65% da estimativa. Observa-se que a maior variância genética foi estimada entre as famílias do RC₁, o que é confirmado pela maior estimativa do coeficiente de variação genética ($CV_g = 12,62\%$). Considerando o CV_g , proporcionalmente à média de cada geração, a variabilidade genética liberada entre as famílias RC₂ foi a de menor magnitude.

A estimativa da interação famílias x gerações (σ^2_{GE}) correspondeu a 39% da variância genética, demonstrando que, embora a interação fosse significativa, a sua contribuição para a variação total não foi expressiva.

Foram realizadas as análises da variância das gerações duas a duas e estimada a contribuição da parte simples e complexa para a interação. Os resultados médios, independente da geração, mostraram que houve predominância da parte complexa da interação, ou seja, houve mudança na classificação das famílias no decorrer do avanço das gerações. De um modo geral, a natureza da interação não diferiu em função da origem das famílias (Tabela 11). As estimativas da correlação genética entre as gerações, independente da origem da família, evidenciaram que, embora a interação fosse complexa, a correlação genética entre os pares de geração nunca foi inferior a 60% (Tabela 12).

TABELA 10. Resumo da análise conjunta das notas do caráter 'stay green' nas diferentes gerações avaliadas.

	FV	GL	QM
Gerções		3	25,954***
Tratamentos		195	3,292***
Entre famílias		191	3,176***
Entre famílias F ₂		63	1,238***
Entre famílias RC ₁		63	2,281***
Entre famílias RC ₂		63	0,620***
Entre tipos de famílias		2	172,940***
Entre testemunhas		3	11,240***
Test. vs. famílias		1	0,980 ^m
Gerções x tratamentos		585	0,670***
Gerções x famílias		573	0,676***
Entre tipos de famílias x gerções		6	3,603***
Entre famílias F ₂ x gerções		189	0,727***
Entre famílias RC ₁ x gerções		189	0,755***
Entre famílias RC ₂ x gerções		189	0,442 ^m
Entre testemunhas x gerções		9	0,302 ^m
Testemunhas vs. famílias x gerções		3	0,719 ^m
Erro médio		676	0,429
CV (%)			20,67
Média geral			2,81
Médias Famílias F ₂			2,68
Famílias RC ₁₁			3,46
Famílias RC ₂₁			2,29
Cartoca			4,56
FT Tarumã			1,75

*** Significativo a de 0,1 % de probabilidade;
^m não significativo.

TABELA 11. Estimativas da variância genética e variância da interação e seus erros associados para o caráter 'stay green', considerando a análise conjunta.

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	CVg (%)	
$\hat{\sigma}_G^2$	0,3125	0,0407	19,89	
$\hat{\sigma}_{GF_2}^2$	0,0639	0,0276	9,42	
$\hat{\sigma}_{GRC1}^2$	0,1908	0,0503	12,62	
$\hat{\sigma}_{GRC2}^2$	0,0223	0,0145	6,51	
Herdabilidade no sentido amplo (%)				78,72 (72,97; 83,01) ¹
	Estimativa	Erro padrão	Simples	Complexa
$\hat{\sigma}_{GE}^2$	0,1235	0,0231	19%	81%
$\hat{\sigma}_{GEF_2}^2$	0,1490	0,0390	7%	93%
$\hat{\sigma}_{GERC1}^2$	0,1630	0,0403	6%	94%
$\hat{\sigma}_{GERC2}^2$	0,0065	0,0254	4%	96%

¹ Limite superior e inferior, respectivamente.

TABELA 12. Estimativas da correlação genética, considerando todos tipos de famílias (F₂, F₂RC₁₁ e F₂RC₂₁)

Gerações	F _{2:4}	F _{2:5}	F _{2:6}
F _{2:3}	0,640	0,841	0,742
F _{2:4}		0,706	0,702
F _{2:5}			0,809

A estimativa da herdabilidade no sentido amplo, apresentada na Tabela 11, foi de 78,7%, ou seja, elevada, indicando a princípio que o caráter pode ser controlado por um pequeno número de genes e pouco influenciado pelo ambiente. Contudo, as estimativas da herdabilidade realizada (Tabela 13), considerando diferentes proporções de famílias selecionadas, foram de magnitude bem inferior à herdabilidade no sentido amplo. Considerando uma

intensidade de seleção de 10,42%, 20 famílias sendo selecionadas, em média a herdabilidade realizada foi de 27,7%.

TABELA 13. Estimativas das herdabilidades realizadas, considerando 192 famílias do cruzamento Carioca x FT Tarumã.

Número de famílias selecionadas na geração F _{2:3}	Herdabilidades realizadas %			
	Gerações			
	F _{2:4}	F _{2:5}	F _{2:6}	Média
20	29,1	31,0	22,9	27,7
30	26,7	21,8	23,6	24,0
40	20,8	24,3	20,4	21,8

As correlações genéticas e fenotípicas entre produtividade de grãos e das notas de 'stay green', das famílias, são apresentadas na Tabela 14. Fica evidente que, embora em dois casos a correlação fenotípica fosse significativa, em todos os casos elas foram de pequena magnitude. Isso indica ser possível a seleção de famílias para o caráter 'stay green' sem afetar a produtividade de grãos.

TABELA 14. Correlação fenotípica e genética entre a produção de grãos, em kg/ha, e a nota de 'stay green' do cruzamento Carioca x FT Tarumã, em diversas épocas em Lavras.

Estimativas	Geração			
	F _{2:3}	F _{2:4}	F _{2:5}	F _{2:6}
Correlação fenotípica	-0,185*	0,091 ^{ns}	0,023 ^{ns}	-0,195**
Correlação genética	-0,353	-0,135	0,066	-0,249

*, Significativo a 5% de probabilidade.

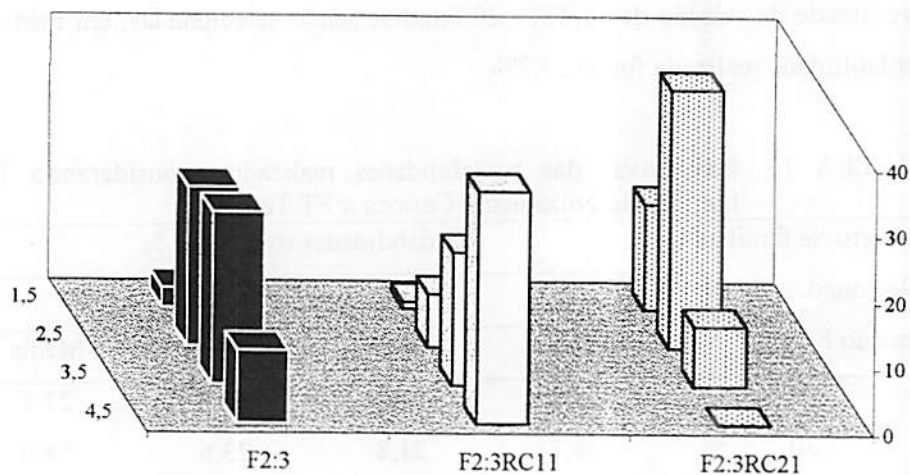
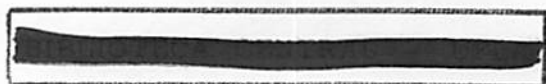


FIGURA 2. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando a média da geração $F_{2:3}$ das famílias derivadas de plantas F_2 de plantas RC_{11} e de plantas RC_{21} .

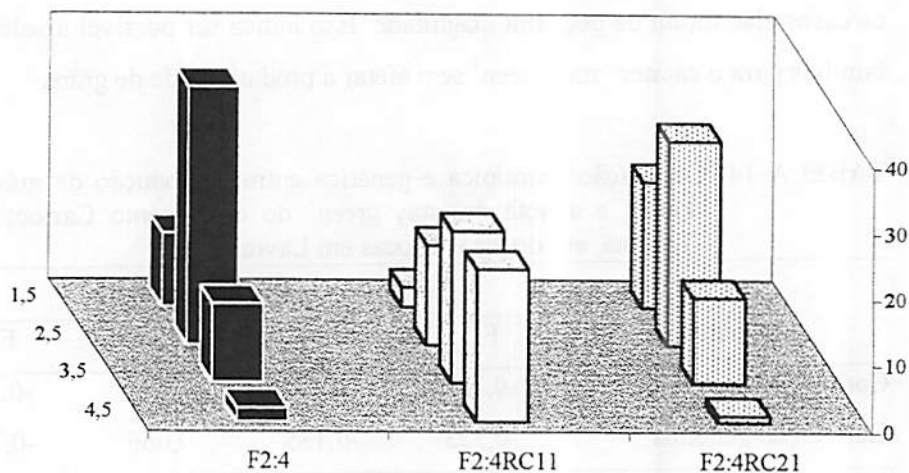


FIGURA 3. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando a média da geração $F_{2:4}$ das famílias derivadas de plantas F_2 de plantas RC_{11} e de plantas RC_{21} .

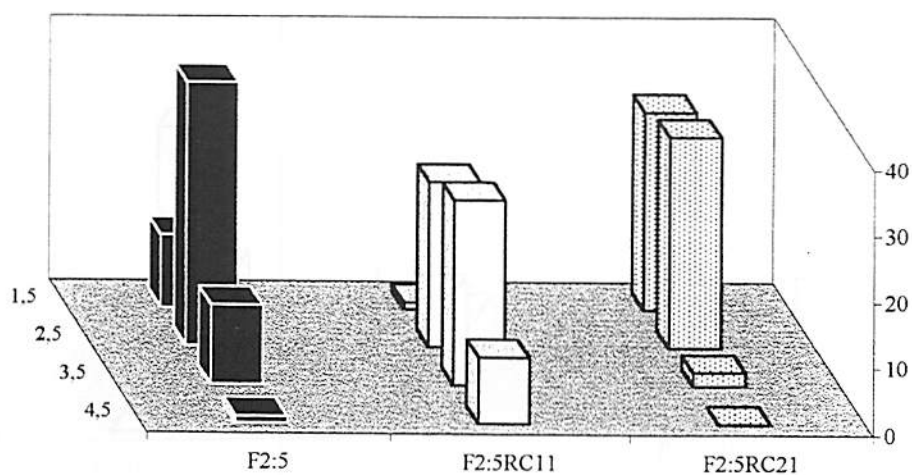


FIGURA 4. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando a média da geração $F_{2,5}$ das famílias derivadas de plantas F_2 de plantas RC_{11} e de plantas RC_{21} .

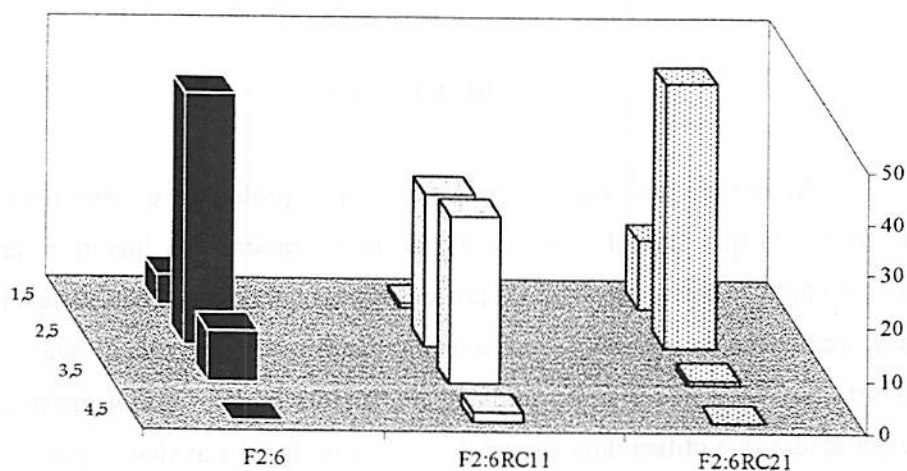


FIGURA 5. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando a média da geração $F_{2,6}$ das famílias derivadas de plantas F_2 de plantas RC_{11} e de plantas RC_{21} .

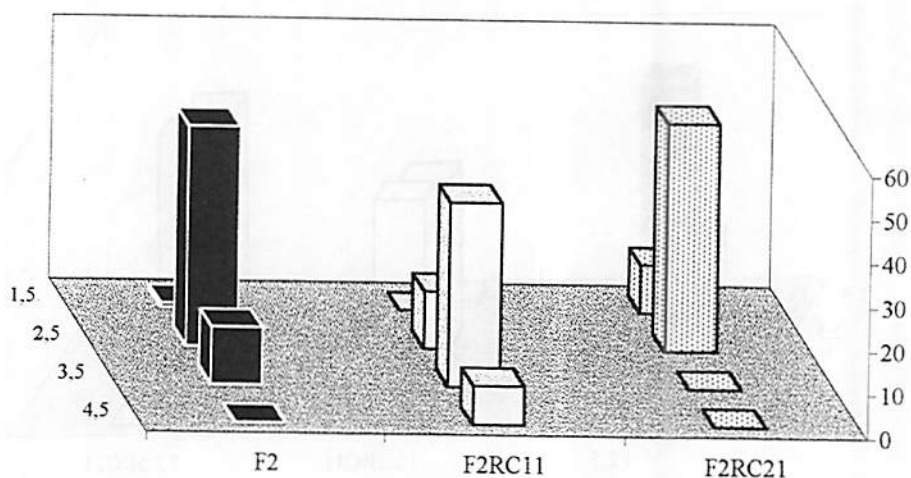


FIGURA 6. Distribuição de freqüência das notas de 'stay green', considerando a média das gerações $F_{2:3}$, $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$ das famílias derivadas de plantas F_2 , de plantas RC_{11} e de plantas RC_{21} .

5 DISCUSSÃO

No estudo do 'stay green', o principal problema é identificar uma metodologia que seja eficiente na avaliação do caráter. Na literatura há uma ampla variação a esse respeito. Os procedimentos para a avaliação variam desde a quantificação da área foliar após a maturação fisiológica e taxa de senescência (Oosterom, Jayachandram e Bidinger, 1996) até a adoção de um programa de computador que utiliza uma lâmina do caule para fazer a avaliação por meio de uma escala de notas (Culkadar-Olmedo, Miller, Hammond, 1997). Contudo, o procedimento mais utilizado é a escala de notas, cuja avaliação é realizada após a maturação fisiológica (Wanous, Miller e Rosenow, 1993; Walulu et al. 1994). O procedimento adotado nesse trabalho foi a escala visual de notas que, pelo

menos em princípio, mostrou-se eficiente. Os genitores avaliados eram muito contrastantes o que possibilitou uma ampla variação na descendência, permitindo que o discernimento, na maioria dos casos, fosse fácil.

Quando se avalia um caráter por meio de notas, um dos questionamentos é se as pressuposições da análise da variância são aceitas, ou seja, homogeneidade e normalidade dos erros e efeitos aditivos do modelo (Steel e Torrie, 1980). Todas essas pressuposições foram aceitas. Resultado semelhante foi relatado por Marques Júnior (1997) que utilizou uma escala de notas idêntica para avaliar o porte das plantas do feijoeiro. Um outro modo de se verificar a eficiência da avaliação por meio de notas é a precisão experimental obtida. Nos experimentos as estimativas dos coeficientes de variação experimental foram de 8,0% nas avaliações de plantas individuais e 18,0% a 26,0%, quando se avaliaram as famílias. Essas estimativas são comparáveis às relatadas para a cultura do feijoeiro com outros caracteres (Abreu et al., 1994; Estefanel, Pignataro e Storck, 1987) e, também, semelhantes às relatadas por Marques Júnior (1997), utilizando notas na avaliação do porte das plantas.

Em princípio é estranho o fato de que a precisão do experimento em que foram avaliadas plantas individuais tenha sido maior do que em famílias. Isso ocorreu, porque no caso das avaliações individuais, as plantas eram colhidas e a nota atribuída por consenso de dois avaliadores. No caso das famílias, a avaliação foi também realizada por dois avaliadores, porém sem possibilidade de manusear todas as plantas. Além do mais, a segregação dentro das famílias, já que o método de condução utilizado foi o de bulk dentro de plantas F_2 , era um complicador adicional em se obter uma nota média por parcela. Em trabalho conduzido com a cultura do feijoeiro envolvendo outros caracteres associados ao porte, Teixeira (1997) obteve resultados discordantes.

Ficou evidenciado que o caráter tem controle monogênico ou oligogênico, sendo influenciado pelo ambiente. Tal constatação é confirmada

pela estimativa do número de genes envolvidos no controle do caráter ($k = 1,4$ e $5,1$). As estimativas da herdabilidade no sentido amplo (Tabelas 8), foram normalmente altas e a ocorrência de interação famílias x gerações (Tabela 10), com predominância da interação do tipo complexa (Tabela 11). Na literatura há relatos, inclusive na cultura do feijoeiro (Genchev, 1993) e em outras espécies, que no controle deste caráter não estão envolvidos muitos genes.

Uma outra constatação é de que no controle do caráter há predominância dos efeitos de dominância. Isso pode ser verificado pela estimativa dos componentes de média, em que o valor de d - desvio do heterozigoto em relação à média - foi superior e significativo ao de a - desvio do homozigoto em relação à média (Tabela 6). Um outro fato é a predominância da variância de dominância (Tabela 7). Além disso, em praticamente todas as figuras, nota-se uma assimetria na distribuição de frequência das notas que é uma característica de caracteres em que ocorre dominância.

Um outro resultado que contribui para realçar a ocorrência de dominância é a diferença entre as estimativas de herdabilidade (h^2) no sentido amplo e as h^2 realizadas. É verdade que parte dessa diferença deve ser atribuída à interação, porém, é evidente que a diminuição dos locos em heterozigose em gerações mais avançadas teve reflexo nas estimativas da herdabilidade realizada. Na literatura há inúmeros relatos que concordam ser o caráter 'stay green' devido a genes com alelos de efeito de dominância (Walulu et al., 1994; Oosterom, Jayachandram e Bidinger, 1996).

Embora seja um caráter controlado por poucos genes, o efeito da interação famílias x gerações deverá dificultar a eficiência da seleção precoce. As estimativas da correlação genética do desempenho médio das famílias nas sucessivas gerações foi em média de 0,694 (Tabela 12). Vale salientar, entretanto, que as avaliações das sucessivas gerações foram conduzidas em épocas de semeadura bem contrastantes, especialmente em umidade e

temperaturas, que são fatores que afetam a expressão do caráter. Com altas temperaturas e umidade que ocorrem, por exemplo, no cultivo denominado de período das águas - semeadura em novembro -, há um desenvolvimento excessivo da parte vegetativa em detrimento da reprodutiva que afeta a expressão do caráter.

Embora tenha ocorrido interação, constata-se na Tabela 15 que a seleção divergente para maior e menor expressão do caráter 'stay green', realizada nas gerações precoces, mostrou ganhos expressivos em gerações avançadas. Veja que a seleção das 20 famílias com maior manifestação do caráter 'stay green' na geração F_{2,3}, menor média, apresentou um ganho de 15,8% em relação à média, na geração F_{2,6}. Nessa condição, quando a seleção foi efetuada em sentido contrário, o ganho foi de 21,5%. O mesmo fato é verificado na seleção efetuada na geração F_{2,4}.

TABELA 15. Estimativas de ganhos com a seleção precoce, considerando a média das 20 famílias de maior e menor expressão do caráter 'stay green'.

Geração avaliada	F _{2,3}		F _{2,4}		F _{2,5}		F _{2,6}	
	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor
F _{2,3}	1,76	4,83	2,29	3,65	2,08	3,48	2,23	3,22
GS (%)	44,0	52,8	19,4	28,5	30,8	33,9	15,8	21,5
F _{2,4}			1,59	4,95	2,15	4,23	2,34	3,71
GS (%)			44,0	74,3	17,3	62,3	11,7	40,0
F _{2,5}					1,61	4,16	2,31	3,28
GS (%)					38,1	60,0	12,8	23,8
F _{2,6}							1,90	3,77
GS (%)							39,5	42,3
Média da geração	3,16		2,84		2,60		2,65	

As estimativas das correlações genéticas e fenotípicas entre o caráter 'stay green' e a produtividade de grãos foram de pequena magnitude, permitindo inferir que os dois caracteres devem ser independentes (Tabela 14). Essa é uma condição favorável, pois será possível selecionar para o caráter 'stay green', em gerações precoces, sem afetar a seleção que será realizada posteriormente para a produtividade de grãos.

O caráter 'stay green' é utilizado em algumas espécies cultivadas, especialmente milho, sorgo e girassol, porque confere maior tolerância à seca e diminui acentuadamente o acamamento (Duncan, Bockholt e Miller, 1981; Wanous, Miller e Rosenow, 1993; Walulu et al., 1994; Oosterom, Jayachandran e Bidinger, 1996). No caso do feijoeiro, isso ainda não foi comprovado, embora em nível de campo observa-se que as plantas mais eretas, no momento da colheita, expressem a senescência tardia. É questionado se esse caráter no feijoeiro não poderá dificultar a operação de trilha, pois os caules permanecendo verdes, poderiam enroscar no cilindro das trilhadeiras, causando embuchamento e reduzindo a eficiência do implemento. Essa é uma observação que necessita comprovação. Seria importante tentar introduzir o caráter nos cultivares recomendados, porém avaliando se, de fato, a eficiência da trilha poderia ser afetada.

6 CONCLUSÕES

No controle genético do caráter 'stay green' foi verificado que há predominância dos efeitos dominantes e que o controle deve ser monogênico ou oligogênico, havendo também influência do ambiente na sua manifestação.

Não houve associação genética entre o 'stay green' e a produtividade de grãos, evidenciando ser possível a seleção nas gerações iniciais para o 'stay green' sem afetar o sucesso da seleção para produtividade em gerações mais avançadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- ACQUAAH, G.; ADAMS, M.W.; KELLY, J.D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. *Crop Science*, Madison, v.31, n.2. p.261-264, Mar./Apr. 1991.
- ADAMS, M. W. Arquitectura vegetal y eficiencia fisiologica de la planta de frijol. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURAL TROPICAL. El potenciales del frijol y de otras leguminosas de grano coestible en América Latina. Cali, 1973. p. 266-278.
- ALMEIDA, L. D'A. de; LEITÃO FILHO, H.F.; MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, Campinas, v.30, n.7, p.37-38, abr. 1971.
- BROTHERS, M.E.; KELLY, J.D. Interrelation of plant architecture and components in the pinto bean ideotype. *Crop Science*, Madison, v.33, n.6. p.1234-1238, Nov./Dec. 1993.
- BURTON, G.W. Quantitative inheritance in pearl midlet (*Penisetum glaucum*). *Agronomy Journal*, Madison. v.43, n.9. p.409-417, 1951.
- COLLICCHIO, E. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho de grãos. Lavras: UFLA, 1995. 98p. (Dissertação – Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas.).
- COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v. 32, n.3, p.297-304, mar. 1997.
- COYNE, D.P. Modification of plant architecture and crop yield by breeding. *HortScience*, Alexandria, v.15, n.3, p.244-247, June 1980.

- CUKADAR-OLMEDO, B.; MILLER, J.F. Combining ability of the stay green trait and seed moisture content in sunflower. *Crop Science*, Madison, v.37, n.2. p.378-382, Mar./Apr. 1997.
- CUKADAR-OLMEDO, B.; MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J. Inheritance of the stay green trait in sunflower. *Crop Science*, Madison, v.37, n.1. p.150-153, Jan./Fev. 1997.
- DONALD, C.M. The breeding of crops ideotypes. *Euphytica*, Wageningen, v.17, n.3. p.385-403, Dec. 1968.
- DUNCAN, R.R.; BOCKHOLT, A.J.; MILLER, F.R. Descriptive comparison of senescent and nonsenescent sorghum genotypes. *Agronomy Journal*, Madison, v.73, n.5. p.849-853, Set./Oct. 1981.
- ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STOCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2, 1987, Londrina. Anais...Londrina: UEL, 1987. p.115-131.
- FEHR, W.R. Principles of cultivar development. New York: MacMillan, 1987. v.1, 736p.
- FERREIRA, D.F.; ZAMBALDE, A.L. Simplificação das análises de algumas técnicas especiais da experimentação agropecuária no Mapgen e softwares correlatos. In: Anais do I Congresso da Sociedade brasileira de Informática Aplicada a Agropecuária e Agroindústria, Belo Horizonte, MG, Set., 1997. 285-291p.
- FERRI, M. G. Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia). 9 ed. São Paulo: Nobel, 1984. 113p.
- GENCHEV, D. Asynchronously ripening of stem and pods of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annual Bean Improvement Cooperative*, v.36, p.87-88, 1993.
- GEPTS, P.; BLISS, F.A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Colombia. *Economic Botany*, New York, v.40, n.4, p. 469-478, Oct./Dec. 1986.

- GEPTS, P.; OSBORN, T.C.; RASHKA, BLISS, F.A. Phaseolin protein variability in wild forms landraces of common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*, New York, v.40, n.4, p.451-468, Oct./Dec. 1986.
- GERALDI, I.O. **Estimação de parâmetros genéticos de caracteres do pendão em milho (*Zea maiz* L.) e perspectivas de melhoramento.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1977, 120p. (Tese - Doutorado Genética e Melhoramento de Plantas).
- KELLY, J.D.; KOLKMAN, J.M.; SCHNEIDER, K. Breeding for yield in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, Wageningen, v.102, n.3. p.343-356, 1998.
- KONERDAY, J.; WHITE, J.W.; CRUZ, O.O. de la. Growth habit and gene pool effects on inheritance of yield in common bean. *Euphytica*, Wageningen, v.62, n.3. p.171-180, 1992.
- MALBURG, M.E.; KELLY, J.D. Pinto bean for the Midwest. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, v.35, p. 15-16, 1992.
- MARQUES JÚNIOR, O.G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão.** Lavras: UFLA, 1997. 80p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MARQUES JÚNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P.; **Determinação da taxa de fecundação cruzada do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas diferentes épocas de semeadura em Lavras-MG.** *Ciência e Prática*, Lavras, v.19, n.3, p.339-341, Jul./Set. 1995.
- MATHER, K.; JINKS, L.L. **Biometrical genetics: the study of continuous variations.** Ithaca: Cornell University, 1971, n.p.
- MATHER, K.; JINKS, L.L. **Introdução à genética biométrica.** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.
- OOSTEROM, E.J.; JAYACHANDRAM, R.; BIDINGER, F.R. Diallel analysis of the stay-green trait and its components in sorghum. *Crop Science*, Madison, v.36, n.3. p.549-555, May/Jun. 1996.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia: UFG, 1993. 271p.
- RASMUSSEN, D.C. An evaluation of ideotype breeding. *Crop Science*, Madison, v.27, n.6. p.1140-1146, Nov./Dec. 1986.
- RASMUSSEN, D.C. Ideotype research and plant breeding. In: GUSTAFSON, J.P. (ed.) **Gene manipulation improvement; 16th Stadler Genetics symposium**, New York: Plenum Press, 1984. p.95-119.
- ROWE, K.E.; ALEXANDER, W.L. Computations for estimating the genetic parameters in joint-scaling tests. *Crop Science*, v.20, n.1. p.109-110. Nov./Dec. 1980.
- SANTOS, J. B. dos; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C., PAULA Jr., T. J. de, BORÉM, A. (eds.). **A cultura do feijoeiro em Minas Gerais.** Viçosa; UFV, 1998. p.55-81.
- SANTOS, J. B. dos; VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, set. 1986.
- SILVA, H.D. **Análise de experimentos em látice quadrado ('square lattice') com ênfase em componentes de variância e aplicações no melhoramento genético vegetal.** Viçosa: UFV, 1997. 139.p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SINGH, S. P. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris*. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Cali, v.25, p.92-94, 1982.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 2.ed. New York; MacGraw-Hill, 1980. 633p.
- TEIXEIRA, F. F. **Controle genético do porte do feijoeiro.** Lavras: UFLA, 1997. 86p. (Dissertação - Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas).
- THOMAS, H.; SMART, C.M. Crops that stay green. *Annals Applied Biology*, Warwick, v.123, n.1, p.193-219, Aug. 1993.

- VELLO, N.A.; VENCOVSKY, R. Variâncias associadas às estimativas e variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. Piracicaba: ESALQ, 1974. p.238-248. (Relatório Científico do Instituto de Genética, 8).
- VILHORDO, B. W.; MIZUSINSKI, O. M. F.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H. Morfologia. In. ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.79-99.
- VILHORDO, B. W.; MÜLLER, L.; EWALD, L. F.; LEÃO, M. L. Hábito de crescimento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomia sulriograndense*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 79-98, 1980.
- WALULU, R.S.; ROSENOW, D.T., WERTER, D.B., NGUYEN, H.T. Inheritance of the stay green trait in sorghum. *Crop Science*, Madison, v.34, n.4. p.970-972, Jul./Aug. 1994.
- WANOUS, M.K.; MILLER, F. R.; ROSENOW, D.T. Evaluation of visual rating scales for green leaf retention in sorghum. *Crop Science*, Madison, v.31, n.6. p.1691-1694, Nov./Dec. 1991.