

JOÃO FRANCISCO DOS SANTOS

**EFICIÊNCIAS DE ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO DE PROGÊNIES S₂ DE
MILHO-PIPOCA (*Zea mays* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002

JOÃO FRANCISCO DOS SANTOS

**EFICIÊNCIAS DE ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO DE PROGÊNIES S₂ DE
MILHO-PIPOCA (*Zea mays* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 27 de junho de 2002

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Prof. Luiz Alexandre Peternelli
(Conselheiro)

Prof. Tuneo Sedyama

Prof. Carlos Alberto Scapim

Prof. José Marcelo Soriano Viana
(Orientador)

Aos meus pais Rita e Fausto.

Ao Damião, ao Claudionor e à Amaura.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade oferecida para a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro concedido.

Ao Professor José Marcelo Soriano Viana, por todo o apoio incondicional e indispensável, bem como pela sua orientação, imprescindível na realização deste trabalho.

Ao Professor Cosme Damião Cruz, pelas importantes sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Ao Professor Luiz Alexandre Peternelli, pelas importantes sugestões.

Ao Professor Tuneo Sedyama, pela importância de suas aulas e pelas sugestões.

Ao Professor Carlos Alberto Scapim, da Universidade Estadual de Maringá, pelas valiosas sugestões.

Ao Professor Paulo Vanderlei Ferreira, por todo o apoio e incentivo que sempre me ofereceu durante o curso de graduação.

À Professora e orientadora Ana Maria Q. Lopez, por todo o ensinamento, entusiasmo e amizade.

À Professora Lúcia Pereira, por todo o carinho e amizade que sempre demonstrou.

Aos Professores Paulo Sávio Lopes, Rita de Cassia e Conceição.

Aos funcionários e amigos do Campo da Genética: Vicente, Sebastião, Antônio e Márcio.

Aos meus irmãozinhos da genética: Maria Teresa, Aurinelza, Frederico, Aloísio, Tassiano, Emanuel, Héder e Mauro, por toda clarividência da cordialidade e amizade.

Aos amigos de curso, em especial a Roberto, Digner, André, Samuel, Eduardo, Vander, Marcelo, Raquel, Isaura, Luciana, Ana Paula, Virgínia, Gisele, Luciane, Luciana, Rogério Backes e Fernanda.

Aos funcionários da Biblioteca Central, por sua indispensável colaboração, em especial à Nena.

Aos meus queridos amigos e amigas, milhares, que tanto prezo e faço questão de mencionar: Carlão, Célio, Anel, Ítalo, Ronaldo, Rodrigo, Alexandre, Lindemberg, Roseilton e Ueliton. Às amigas Paula Conti, Andréia Yamamoto, Verônica, Érica, Edna, Natália, Flávia, Eliane, Nilza e Florinda, por toda a simplicidade e simpatia.

Aos meus amigos da Residência Universitária Alagoana, da Universidade Solidária e aos amigos do Instituto Xingó.

Ao Professor Jackes Alan, à Arlene e à Aurinete, da Pró-Reitoria estudantil da UFAL.

Aos amigos da agronomia e à minha turma de formatura, por todo o carinho e convivência, em especial a Sérgio, Consuelo, Josean, Paulo Costa e José Carlos.

BIOGRAFIA

JOÃO FRANCISCO DOS SANTOS, filho de Fausto Francisco dos Santos e Rita Maria da Conceição, nasceu em 13 de fevereiro de 1974, na cidade de São José da Lage, Alagoas.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Alagoas, concluindo-o em dezembro de 1998. No período de fevereiro de 1999 a janeiro de 2000, foi pesquisador do CNPq no Instituto Xingó, na área temática de Biodiversidade.

Em fevereiro de 2000, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Milho-pipoca	3
2.1.1. Aspectos gerais da cultura	3
2.1.2. Capacidade de expansão	4
2.1.3. Melhoramento intrapopulacional empregando famílias endogâmicas	7
2.1.4. Melhoramento visando obtenção de linhagens e híbridos superiores.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Material	14
3.2. Métodos	14
3.3. Correção dos dados de produção e capacidade de expansão ..	21
3.3.1. Correção com base em regressão.....	22
3.3.2. Correção por estrato.....	23
3.4. Análise de variância.....	25
3.5. Estimacão de parâmetros genéticos.....	26
3.5.1. Estimacão de herdabilidade	26
3.5.2. Estimacão das correlacões genotípicas entre os caracteres.	26
3.6. Ganhos genéticos.....	27
3.7. Estratégias de seleçao	28
3.7.1. Seleçao combinada	29

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Correção dos dados	30
4.1.1. Correção pela regressão	31
4.1.2. Correção por estrato.....	31
4.2. Análise de variância.....	31
4.3. Estimativas dos parâmetros genéticos	34
4.3.1. Variâncias genótípicas entre e herdabilidades em nível de família.....	34
4.3.2. Correlações genótípicas entre os caracteres	35
4.4. Ganhos preditos na seleção entre famílias S_2 da população Beija-Flor.....	36
4.5. Eficiência da seleção em S_1	38
4.6. Seleção entre e dentro	43
4.6.1. Predição de ganhos com seleção entre.....	43
4.6.2. Estimativas de parâmetros genéticos, usando os dados das plantas autofecundadas.....	44
4.6.3. Predição de ganhos com seleção entre e dentro	45
4.7. Seleção massal	49
4.7.1. Predição de ganhos.....	53
4.8. Seleção combinada	54
4.8.1. Estimativas do peso do mérito do indivíduo e da família.....	57
4.8.2. Predição de ganhos.....	57
4.9. Comparação das estratégias de seleção com base em ganhos preditos.....	61
5. GANHOS REALIZADOS	64
6. RESUMO E CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

RESUMO

SANTOS, João Francisco, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2002. **Eficiências de estratégias de seleção de progênies S₂ de milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Orientador: José Marcelo Soriano Viana. Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Luiz Alexandre Peternelli.

Um ensaio de avaliação de progênies S₂ da população de milho-pipoca Beija-Flor foi instalado no campo experimental do Setor de Genética, na Universidade Federal de Viçosa, com os objetivos de avaliar a eficiência de seleção entre, entre e dentro, massal e combinada, visando à obtenção de linhagens superiores, e promover o melhoramento da população. Foram avaliadas 223 famílias sem repetição, num experimento com 23 fileiras de IAC 112. Foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos, fez-se predição de ganhos e computaram-se os ganhos. Os critérios de seleção avaliados foram seleção direta para capacidade de expansão e seleção com base no índice de Mulamba e Mock. Visando melhorar a eficiência da seleção, os dados de produção e capacidade de expansão foram corrigidos por um ou dois métodos: ajuste por regressão e estrato. Verificou-se variabilidade genotípica para os vários caracteres avaliados, inclusive capacidade de expansão e produção, originais e corrigidas. Correlação genotípica nula entre capacidade de expansão e produção foi observada. Entretanto, o uso do índice de seleção permitiu a obtenção de ganhos preditos positivos em ambas as variáveis. Os ganhos

preditos com o uso do índice de Mulamba e Mock, usando os dados originais, apresentou os melhores resultados. Em todas as estratégias, o uso do índice foi superior à seleção direta para CE e proporcionou ganhos em qualidade semelhantes à seleção direta em CE e ganhos em produção em sentido desejável. A seleção massal destacou-se na obtenção de famílias S_3 superiores. Os ganhos realizados foram inferiores aos ganhos preditos e não foi observada superioridade do índice de Mulamba e Mock em relação à seleção direta para CE. De modo geral, pode-se dizer que o uso do índice apresentou resultado mais desejável, uma vez que, além de apresentar ganho em qualidade, os ganhos em produção foram no sentido desejado. Isto não foi verdade com seleção entre, em que os ganhos obtidos com seleção direta para CE foram melhores. No confronto das estratégias, ficou evidente a superioridade da seleção entre e dentro, usando dados não-corrigidos. Seleção massal e combinada proporcionaram ganhos semelhantes, intermediários à seleção entre e dentro e seleção entre.

ABSTRACT

SANTOS, João Francisco, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2002.
Efficiency of strategies for selecting popcorn (*Zea mays* L.) S₂ progenies. Adviser: José Marcelo Soriano Viana. Committee Members: Cosme Damião Cruz and Luiz Alexandre Peternelli.

An assay on S₂ progenies of the Beija-Flor population popcorn was installed in the experimental field of the Genetics sector of the UFV to evaluate the efficiency of between, between and within, mass and combined selections, aiming to obtain superior lines and improved population. A total of 223 families were evaluated without repetition, using an experiment with 23 rows of IAC 112. Genetic parameter estimates were obtained and gains predicted and computed. The selection criteria evaluated were direct selection for expansion capacity and Mulamba and mock-based selection. Aiming to improve selection efficiency, the production and expansion capacity data were corrected using one or two methods: regression fitting extract: genotypic variability including original and corrected capacity and production. Nucle genotypic correlation between expansion capacity and production was observed. However, the use of selection index allowed to obtain positive predicted gains from the Mulamba and Mox index, based on original data, presented the best results. In all the strategies, the use of the index was superior to CE direct selection and provided quality gain similar to CE direct selection and production gain in a desirable

direction. Mass selection had a better performance in obtaining superior S_3 families. The realized gains were lower than the predicted gains and Mulamba & Mock index superiority was not observed in relation to CE direct selection. Overall, it can be said that index presented a more desirable result, since production gains were in the desired direction, besides presenting quality gain. This was not true for between selection, in which the gains obtained from CE direct selection were better. When comparing the strategies used, between and within selection became evident, using non-corrected data. Mass and combined selections provided similar gains, intermediary to between and within selections and between selection.

1. INTRODUÇÃO

O processo de obtenção de híbridos, utilizado desde a década de 1930 no melhoramento do milho-pipoca, foi responsável pelo grande progresso obtido nessa cultura nos Estados Unidos, quanto à produtividade e qualidade (ZIEGLER e ASHMAN, 1994). Sua utilização no melhoramento do milho-pipoca é recente no Brasil, embora o primeiro programa de milho híbrido tenha-se iniciado em 1932, no Instituto Agrônômico (KRUG et al., 1943).

O desenvolvimento da indústria do milho-pipoca nos Estados Unidos, segundo dados do Popcorn Institute, começou na metade do século XIX e desde então se realizam pesquisas nas mais diferentes áreas, como melhoramento genético, qualidade e sanidade dos grãos, fitotecnia, entomologia, fitopatologia, tecnologia de alimentos, nutrição, entre outras. Em 1990, foram cultivados 101.000 ha. Na década de 90, as vendas de pipoca para microondas atingiram 240 milhões de dólares. O consumo anual de pipoca é de aproximadamente 16,4 bilhões de litros, o que representa um consumo de 1,4 a 1,6 kg de grãos por pessoa. Entre os híbridos avaliados em 1935, cerca de 25% apresentavam capacidade de expansão ($CE = \text{volume de pipoca/volume ou peso de grãos}$) entre 25 e 28,5 cm^3/cm^3 . Os híbridos atuais têm CE de 43 a 44 cm^3/g , revelando o poder do melhoramento genético em desenvolver populações superiores, contribuindo assim para o aumento da produção agrícola e da qualidade do produto.

Embora seja o terceiro produtor mundial de milho, no Brasil a cultura do milho-pipoca não tem a expressão econômica do milho normal, carecendo de dados oficiais sobre área plantada, produtividade e quantidade importada. Com dados fornecidos pelas empresas que atuam no setor, estima-se em cerca de 30 mil toneladas/ano o consumo de pipoca no País, concentrado nos meses de maio a julho (SAWAZAKI, 1996). De acordo com esse autor, no Brasil, o milho-pipoca não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum, e pouco progresso foi obtido no seu melhoramento.

Entre os problemas pelos quais passam os produtores de milho-pipoca está a dificuldade de obter sementes de boa qualidade, de cultivares que reúnam boas características agronômicas e culinárias. Conseqüentemente, a pipoca produzida no País é de baixa qualidade, sendo os principais motivos o reduzido investimento em pesquisas e a falta de legislação para regulamentar a comercialização de grãos (PACHECO et al., 1998).

Apesar dos problemas citados, o milho-pipoca é um produto amplamente consumido em nosso país, justificando o investimento de recursos públicos e privados no desenvolvimento de pesquisas que promoverão a expansão dessa cultura, principalmente na área de melhoramento genético. No período de 1998 a março de 2000, só nas Centrais de Abastecimento de Minas Gerais foram comercializadas 2.780,718 t, sendo aproximadamente 19,4% provenientes da Argentina.

Contrastando com o milho comum, o número de cultivares e de híbridos de milho-pipoca disponível no mercado brasileiro é pequeno, fazendo com que o melhoramento intrapopulacional seja uma opção de desenvolvimento de população de polinização aberta, de valor para pequenos produtores de milho, e contribua para a obtenção de linhagens superiores, decorrente do incremento que a seleção recorrente provoca nas frequências dos genes favoráveis (PACHECO et al., 1998).

Este trabalho teve como objetivos:

- Avaliar a eficiência de quatro estratégias de seleção – seleção entre, entre e dentro, massal e combinada – de famílias S_2 da população Beija-Flor, visando a obtenção de linhagens superiores.
- Promover melhoramento da população Beija-Flor, utilizando progênies S_2 .

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Milho-pipoca

2.1.1. Aspectos gerais da cultura

A origem do milho-pipoca confunde-se com a dos outros tipos conhecidos de milho. É certo, entretanto, que era utilizado pelos índios americanos bem antes da chegada de Colombo à América. Sabe-se também que as práticas de aquecer e estourar o milho eram mais comuns entre as tribos das Américas Central e do Sul que entre as tribos da América do Norte. Apesar das várias hipóteses dos pesquisadores, as constantes associações ao milho-pipoca dos materiais pré-históricos já localizados deixam a certeza de que este tipo de milho participou de forma marcante na formação da espécie *Zea mays* L. (GAMA et al., 1990).

O milho-pipoca caracteriza-se por apresentar sementes duras e pequenas que, sob a ação do calor, estouram, originando a pipoca. Como os demais tipos de milho, pertence à espécie botânica *Zea mays* L. Portanto, a característica de pipocamento constitui a diferença básica entre esse e os outros tipos. Utilizado há muito tempo pelos indígenas como fonte de alimento e muito ligado à tradição popular, esse tipo de milho desperta a atenção dos melhoristas, visando desenvolvimento de variedades aperfeiçoadas, que atendam à demanda e às exigências em qualidade por parte do mercado consumidor (ZINSLY e MACHADO, 1987).

De maneira geral, as variedades de milho-pipoca caracterizam-se por apresentar plantas menos vigorosas que o milho comum. As plantas são menores, de colmo mais fino e apresentam menor número de folhas. Em geral, são bastante prolíficas, não sendo difícil encontrar plantas com seis ou mais espigas (ZINSLY e MACHADO, 1987). Crescem mais lentamente, produzindo espigas menores que nascem mais altas, têm maior suscetibilidade ao acamamento, a pragas e doenças, menor produtividade e maior produção de pólen (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

Em relação aos fatores climáticos, o milho-pipoca, como o comum, não deve ser semeado em locais e/ou épocas onde a temperatura mínima seja inferior a 10 °C e a temperatura máxima ultrapasse 40°C, sendo a temperatura ideal em torno de 30 °C. Em regiões e/ou épocas onde a precipitação total seja inferior ou superior a 600 mm, porém distribuída em períodos em que o teor de água disponível no solo para a planta seja inferior a 40%, haverá queda na produção da cultura (GAMA et al., 1990). Ainda de acordo com estes autores, as adubações de plantio e de cobertura e o controle de pragas e doenças podem ser os mesmos recomendados para o milho comum.

2.1.2. Capacidade de expansão

A capacidade de expansão é atribuída à volatilização da água presente nos grânulos de amido do endosperma e ao aumento da pressão interna. Os melhores resultados de CE são obtidos quando a temperatura atinge 175 °C a 200 °C, após dois a três minutos do início do aquecimento (WEATHERWAX, 1922). Em trabalho recente, HOSENEY et al. (1983) comentam que o grão de pipoca estoura quando a temperatura atinge cerca de 177 °C. A água dentro do grão é superaquecida e sua vaporização determina o rompimento do pericarpo e a expansão. Quando o teor de umidade é reduzido, não há quantidade suficiente de água superaquecida para promover a expansão.

A capacidade de expansão é a principal característica do milho-pipoca (ALEXANDER e CREECH, 1977; ZINSLY e MACHADO, 1987), sendo a medida utilizada na avaliação da qualidade de uma variedade. Quanto maior for a capacidade de expansão, maior valor comercial terá a variedade, pois essa característica está associada com a maciez da pipoca. Para ser

comercializada, uma variedade deve ter CE acima de 18 ml/g. Abaixo desse índice, a pipoca apresenta-se muito rígida e com muitos piruás (ZINSLY e MACHADO, 1987).

A capacidade de expansão está condicionada tanto a fatores genéticos quanto de ambiente. Temperatura de pipocamento e teor de umidade dos grãos são os principais fatores não-genéticos. Além destes, podem ser citados danos ao pericarpo e endosperma causados na colheita, secagem e armazenamento dos grãos e por ataques de pragas e patógenos (ALEXANDER e CREECH, 1977).

CRUMBAKER et al. (1949) concluíram que os genes que determinam baixa capacidade de expansão são dominantes sobre aqueles que determinam alta capacidade de expansão e que devem existir poucos genes controlando o caráter. Muitas evidências, contudo, mostram que a CE é um caráter poligênico, porém de fácil modificação por seleção (ALEXANDER e CREECH, 1977). De acordo com ZIEGLER e ASHMAN (1994), a CE é um caráter quantitativo, dependente de quatro a cinco genes de efeitos maiores, mas também controlado por outros de efeitos menores que contribuem para a expansão e aspectos de qualidade, como maciez e sabor da pipoca.

Os estudos de herança da capacidade de expansão de milho-pipoca, realizados por LYERLY (1942), evidenciaram predominância de efeitos aditivos. Em alguns dos cruzamentos realizados com linhagens contrastantes quanto à CE, foram verificados efeitos de dominância e de sobredominância. DOFING et al. (1991), utilizando gerações obtidas a partir do cruzamento de linhagens de milho normal e pipoca, mostraram que o principal componente da variação genética da capacidade de expansão é o efeito genético aditivo. Em um dos casos também houve significância dos efeitos de dominância. Os efeitos epistáticos não foram significativos em nenhum dos cruzamentos estudados.

Embora a capacidade de expansão seja uma característica de herança quantitativa (ALEXANDER e CREECH, 1977), o seu controle genético é feito por uma quantidade menor de genes, comparativamente à produção (PACHECO et al., 1998). As estimativas de herdabilidade para capacidade de expansão variaram de 0,62 a 0,96 (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

Dentre os fatores não-genéticos que afetam a qualidade do milho-pipoca, GREEN JR. e HARRIS JR. (1960) citam teor de umidade na colheita, condições de secagem e de armazenamento, incidência de pragas e doenças, qualidade de óleo, tempo de pipocamento, forma da pipoca, entre outros. Segundo ZIEGLER e ASHMAN (1994), além de umidade, dano físico, composição e formato do grão, a metodologia para determinar a CE está entre os fatores que a influenciam.

A influência da umidade na qualidade do milho-pipoca desde há muito vem sendo estudada. Segundo WEATHERWAX (1922), é acentuada a amplitude de variação em grãos que estouram, embora existam máximo e mínimo. WILLIER e BRUNSON (1927) indicaram que 12% seria o teor de umidade ideal para se avaliar a CE. Os resultados de HUELSEN e BEMIS (1954) indicaram que as maiores médias de CE foram observadas no material colhido com menor umidade (15,65%) e que tinha teor de 14,37% por ocasião dos testes. De acordo com BEMIS (1959), HUELSON (1960), ELDREDGE e THOMAS (1959) e GREEN JR. e HARRIS JR. (1960), a umidade associada aos maiores valores de CE está entre 13 e 14%.

No trabalho de KIM et al. (1995), a umidade foi o fator mais importante que influenciou a CE. Conforme afirmam NASCIMENTO e BOITEUX (1994), é necessário padronizar o teor de umidade dos grãos nos testes de CE em programas de melhoramento. Quanto à avaliação de CE, verificou-se que cada população (híbrido) tem uma faixa ótima de umidade, na qual a CE é maximizada (AJUDARTE NETO et al., 1976).

Os resultados obtidos por WHITE et al. (1980) indicaram que grãos colhidos com elevado teor de umidade devem ser secados até um teor abaixo de 14%, mas acima de 11%, antes de avaliar a CE. Amostras secadas até 11% e depois reidratadas só apresentaram redução no valor de CE quando o teor de umidade se aproximou de 16%. Ainda segundo estes autores, quanto maior o teor de umidade inicial dos grãos e quanto maior a temperatura de secagem usada para reduzir o teor a 13%, menor o valor de CE.

O teor ideal de umidade para o pipocamento varia em função do tamanho da semente, sendo, de maneira geral, o melhor teor de umidade em torno de 12% (ZINSLY e MACHADO, 1987). De acordo com SONG e ECKHOFF (1994), para grãos com diâmetro superior a 5,16 mm, a umidade ótima deve

ser de 13%. Em relação àqueles com diâmetro inferior a 5,16 mm, a umidade ótima é de 13,5%. Segundo SAWAZAKI (1996), as variedades brasileiras têm seus valores ótimos, para máxima expansão, numa faixa de 11 a 13%.

2.1.3. Melhoramento intrapopulacional empregando famílias endogâmicas

O principal objetivo do melhoramento do milho-pipoca é aumentar a qualidade da pipoca e, simultaneamente, a produção de grãos. Em seguida, vêm as melhorias na resistência a doenças e pragas e no tamanho da espiga e do grão (ZIEGLER e ASHMAN, 1994).

Todo método de melhoramento usado para milho normal pode ser empregado em programa de melhoramento do milho-pipoca (ZINSLY e MACHADO, 1987). De acordo com ZIEGLER e ASHMAN (1994), progênies endogâmicas têm sido utilizadas para o melhoramento de populações. Conforme estes autores, o uso de progênies endogâmicas no melhoramento de populações é recomendado para caracteres de baixa herdabilidade, porque a endogamia faz aumentar a variância genética entre progênies e conduz a um aumento do progresso esperado por seleção. O método requer polinização controlada e o tamanho efetivo é o menor de todos, quando comparado com o mesmo número de progênies selecionadas por outros métodos.

A seleção recorrente foi sugerida como uma maneira de possibilitar o contínuo e progressivo melhoramento de populações, por meio da condução de ciclos sucessivos de seleção. Nesse sistema, procura-se acumular, gradualmente, genes favoráveis na população, mantendo sua variabilidade genética. Os métodos de seleção recorrente intra ou interpopulacionais envolvem o uso de progênies de meios-irmãos, irmãos germanos e famílias S_1 e S_2 , constituindo as populações melhoradas fontes importantes de materiais para a extração de linhagens em programas de desenvolvimento de híbridos a médio e longo prazo (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988).

De acordo com HALLAUER (1980), o progresso esperado por ano, pela seleção utilizando famílias de meios-irmãos, é aproximadamente de 50% do progresso esperado utilizando progênies S_1 . O progresso esperado utilizando famílias de meios-irmãos é inferior pelo fato de a variância genética aditiva entre progênies S_1 ser maior em relação a famílias de meios-irmãos. De acordo

com HORNER et al. (1969), a avaliação de progênies S_2 , em vez de S_1 , permitiu melhor exploração da variabilidade genética devido a efeitos aditivos.

Estudos comparativos entre processos seletivos intrapopulacionais têm sido realizados por vários pesquisadores. Conforme LONNQUIST e CASTRO (1967), com o uso de progênies S_1 a seleção utiliza maior proporção da variância genética aditiva. De acordo com WRIGHT (1980), comparações teóricas entre diferentes métodos de seleção recorrente indicaram que a seleção com base em progênies S_1 é mais eficiente em aumentar a frequência de genes favoráveis, principalmente quando existe dominância parcial ou completa.

HALLAUER et al. (1988) enfatizaram que os coeficientes para o componente da variância genética aditiva entre progênies são de 1,0 para progênies S_1 , 1,5 para progênies S_2 e aproximadamente 2,0 para progênies S_n ; entretanto, esse coeficiente se reduz para 0,25 entre progênies de meios-irmãos e 0,5 entre progênies de irmãos completos.

O uso de famílias endogâmicas em programas de seleção recorrente deve minimizar a depressão por endogamia. Segundo VASAL et al. (1995), que trabalharam com quatro populações de milho, a redução na depressão por endogamia foi em média de 4% em relação à produção. As estimativas de média das linhagens que podem ser obtidas das populações em estudo evidenciaram que os ciclos de seleção recorrente com base em famílias S_3 devem ter sido eficientes em aumentar a probabilidade de obtenção de linhagens vigorosas e produtivas.

Na literatura há vários trabalhos comparando os resultados dos modelos de seleção recorrente. Em relação à produção de milho, pode-se esperar aumento da ordem de 2 a 7% por ciclo, dependendo do germoplasma e método de seleção empregado (CIMMYT, 1981; DARRAH, 1986; HALLAUER e MIRANDA, 1988). JINAHYON e MOORE (1973), com dois ciclos de seleção entre famílias S_1 do composto Thay de milho normal, obtiveram aumento de produção de grãos de 8,3% por ciclo.

SPRAGUE e EBERHART (1977) sumarizaram os resultados de alguns programas de melhoramento intrapopulacional, envolvendo diferentes populações de milho normal e métodos de seleção. Com relação à produção de grãos, observaram-se ganhos de 2,0; 3,1; 3,4; 3,8; e 4,6% por ciclo, para seleção entre progênie S_2 , seleção entre famílias de irmãos completos, seleção

massal, seleção espiga por fileira e seleção entre progênes S_1 , respectivamente.

WEYHRICH et al. (1998) compararam a resposta à seleção de sete métodos, sendo seis intra e um interpopulacional, na população de milho BS11. No mínimo, quatro ciclos de seleção foram conduzidos para cada um dos seguintes métodos: seleção massal, seleção espiga por fileira modificado, seleção entre famílias de meios-irmãos, seleção entre famílias de irmãos completos, seleção de progênes S_1 e S_2 e seleção recorrente recíproca. Concluíram que, entre os sete métodos empregados com vistas a melhoramento intrapopulacional, a seleção de progênes S_2 teve a maior resposta para produção de grãos - 4,5% por ciclo - e a seleção massal teve a menor - 0,6% por ciclo.

MOTA (1974) encontrou valores relativamente altos para herdabilidade de progênes S_1 da variedade de milho Centralmex, para todos os caracteres estudados, quando comparados com progênes de meios-irmãos, o que sugere que a seleção nesse tipo de progênie deve ser eficiente.

É válido ressaltar que há contestações na literatura em relação à eficiência da seleção recorrente com base em famílias endogâmicas. LONNQUIST (1968) verificou que a seleção com base em progênes S_1 e S_2 tem se mostrado menos eficiente que o esperado. Mais recentemente, LAMKEY (1992), após 13 ciclos de seleção recorrente na população de milho BSSS, sendo os primeiros sete ciclos com seleção de famílias de meios-irmãos e os demais com seleção de progênes S_2 , não constatou superioridade da seleção com famílias S_2 . Segundo o autor, é um resultado inesperado, pois na ausência de sobredominância é esperado que a seleção de progênes S_2 seja superior a outros métodos de seleção recorrente.

2.1.4. Melhoramento visando obtenção de linhagens e híbridos superiores

Diversos tipos de milho híbrido podem ser sintetizados, porém os mais utilizados são aqueles obtidos com o emprego de linhagens. A técnica de autofecundação é a mais comumente empregada para a obtenção das linhagens. A planta é selecionada e, antes de aparecer barba, a espiga é protegida com um pequeno saco de papel impermeável ou de plástico. Quando, um ou dois dias depois, surge um bom tufo estilos-estigmas, coleta-se o pólen com um saco

maior, que, após a polinização, é fixado ao colmo, e aí fica, protegendo a espiga polinizada até a colheita (KRUG e VIÉGAS, 1962).

Vários métodos podem ser usados para isolar linhagens de milho. Ao selecionar para características específicas, os melhoristas geralmente têm poucas dificuldades em conseguir grande número de linhagens satisfatórias, isto é, linhagens com boas características agrônômicas. A maior dificuldade está na avaliação dessas linhagens para eventual uso na produção de milho híbrido, seja na fase da obtenção, ou depois que foram selecionadas, após várias gerações de autofecundações, até alcançar a homozigose. Na fase da obtenção, o melhorista pode usar epifitias artificiais e infestação por pragas de forma a selecionar para resistência, mas ele precisa de outras pressões seletivas que facultem isolar genótipos de alto potencial de produtividade em combinações híbridas (RUSSELL, 1974).

Um fator que pode afetar a escolha do tipo de híbrido de milho-pipoca é o desempenho agrônômico inferior, especialmente quanto à produção de sementes, das linhagens, relativamente às de milho normal. Quando se melhorar o desempenho das linhagens de milho-pipoca, provavelmente haverá incremento gradual na comercialização de híbridos simples (ZIEGLER e ASHMAN, 1994). Portanto, a eficiência da seleção se torna muito importante na obtenção de linhagens, e não se trata apenas de produzi-las, como mencionado para milho comum.

O principal objetivo do melhorista de milho, segundo RUSSELL (1976), é o desenvolvimento de linhagens que apresentem desempenho superior em combinações híbridas, o que já tinha sido considerado por SHULL (1909), ao concluir que o propósito do melhorista de milho não deve ser o de obtenção da melhor linhagem, mas sim o de conseguir a melhor combinação híbrida.

As populações-base utilizadas para extração de linhagens devem primeiramente apresentar características fenotípicas desejáveis comercialmente, como cor e tipo de grãos de agrado dos consumidores. Caso haja variação, é importante que as populações a serem utilizadas em um processo de obtenção de linhagens sejam uniformizadas quanto a essas características (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1978).

Um aspecto importante refere-se ao problema da amostragem. Teoricamente não existe nenhuma vantagem em se fazer sucessivas amostras de

linhagens da mesma população, em razão de a probabilidade de se obterem valores extremos ser a mesma em amostras sucessivas de mesmo tamanho (COMSTOCK, 1964), a menos que entre uma amostra e outra a população tenha sido melhorada por algum processo de seleção. Portanto, a chance de se obterem genótipos superiores por amostragem de linhagens, para utilização em híbridos, aumenta à medida que se aumenta o tamanho da amostra (VIEGAS e MIRANDA FILHO, 1978).

Segundo RUSSELL (1974), as informações sobre o aumento de produtividade dos híbridos em relação às variedades de polinização livre são variáveis, mas se situam geralmente em torno de 25 a 35%.

Trabalhando com milho normal, GENTER e ALEXANDER (1966) obtiveram evidências de que as linhas S_1 de mais alta produção tendem a produzir os cruzamentos de mais alta produção, mesmo que nem todas as linhas S_1 o façam. Apesar disso, os autores observaram que a correlação entre produção de linhas endógamas e seus cruzamentos tende a diminuir com a endogamia continuada, o que poderia ser explicado pela mascaração por genes deletérios, de genes desejáveis nas linhas endogâmicas. De acordo com RUSSELL (1974), o valor real de uma linhagem não é conhecido até que ela seja avaliada em combinações híbridas, e o comportamento das linhagens no ambiente onde se pratica a seleção deveria apresentar alta correlação com seu comportamento nos diferentes ambientes em que as linhagens serão usadas.

Correlação positiva entre características de vigor das linhagens e o comportamento de seus híbridos foi apontada por JENKINS (1929), HAYES e JOHNSON (1939) e RUSSELL e TEICH (1967).

GAMA e HALLAUER (1977) verificaram que caracteres de plantas e espigas de linhagens de milho não foram bons indicadores de seu desempenho em híbridos simples. As correlações da produção de linhagens com produção de híbridos simples foram de 0,09 e 0,11. Isso mostra que o teste de produção de linhagens em híbridos simples é o único procedimento para determinar o potencial de combinação das linhagens em híbrido simples.

Nesse sentido, vale ressaltar a importância dos métodos genealógicos no desenvolvimento de linhagens. Segundo RADEMACHER et al. (1999), a seleção recorrente recíproca (SRR) não tem sido amplamente adotada pelos

melhoristas simplesmente porque os métodos genealógicos foram eficientes no desenvolvimento de linhagens superiores.

Alguns aspectos estão se tornando imprescindíveis em híbridos mais modernos de milho, como resistência a doenças, resistência ao acamamento e quebramento, baixa percentagem de grãos ardidos na colheita e grãos de cor mais intensa (MAGNAVACA, 1997). É válido ressaltar ainda que no milho-pipoca existe a necessidade de combinar, em uma mesma população, genes que conferem alta CE e ótima produtividade.

A importância relativa da seleção para capacidade geral e específica de combinação foi estudada por LONNQUIST e RUMBAUGH (1958).

RICHEY (1945) trouxe exemplos teóricos para mostrar que a seleção visual durante as primeiras gerações de obtenção das linhagens poderia dar bons resultados, sendo mais conveniente, portanto, que o teste precoce para melhoria da capacidade de combinação. SPRAGUE e MILLER (1952) mostraram que a seleção visual durante a fase de endogamia nas gerações S_1 a S_4 , em dois grupos de progênies de milho, não gerou diferenças quanto à capacidade de combinação. Ao contrário, WELLHAUSEN e WORTMAN (1954) e OSLER et al. (1958) apresentaram provas da eficiência da seleção visual na capacidade de combinação.

Uma importante conclusão com relação à eficiência da seleção massal foi relatada por BAUMAN (1981), em que, segundo levantamento, em média, os melhoristas de milho americanos começam com aproximadamente 500 famílias e descartam 64% das famílias S_4 com base em seleção visual. Portanto, a seleção visual e a experiência do melhorista são importantes no processo de seleção.

Os relatos de RUSSELL (1974) chamam a atenção para a natureza dos resultados obtidos, e, segundo o autor, todos os estudos relacionados com as características das linhagens e o comportamento dos híbridos foram feitos em baixas densidades de plantio, em contraste com o que é hoje utilizado, e em condições de cultivo bem diferentes. Se os estudos fossem feitos de acordo como as práticas atuais de cultivo, talvez a relação das características das linhagens com o comportamento do híbrido tivesse sido maior do que foi assinalado nos estudos anteriores.

Após duas gerações de autofecundação ($F = 0,75$) o total da variância genética entre famílias S_2 é seis vezes maior que dentro de famílias S_2 . A endogamia faz aumentar a eficiência da seleção entre famílias, porém diminui a eficiência da seleção entre indivíduos de uma mesma família. A seleção visual é muito importante para algumas características, e a seleção visual entre progênies é mais eficiente que a seleção visual dentro (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988).

Uma ferramenta muito importante que tem sido empregada na seleção de linhagens superiores é o uso de testadores. Segundo JUGENHEIMER (1981), o uso de "topcross" é eficiente na avaliação preliminar de linhagens endogâmicas, sendo especialmente de grande utilidade para determinar a capacidade geral de combinação de grande número de famílias endogâmicas.

RODRIGUEZ e HALLAUER (1991) selecionaram famílias endogâmicas a partir de um programa de seleção recorrente recíproca, pela avaliação de híbridos $S_0 \times S_0$ a $S_4 \times S_4$. A correlação para rendimento de grãos obtida entre gerações de endogamia variou de 0,87, com híbridos S_0 a S_0 , a 0,31, com híbridos $S_4 \times S_4$. Das 20 famílias de irmãos completos mais produtivas em S_0 , apenas três ou quatro seriam selecionadas em S_4 , ocorrendo o mesmo com as 20 linhagens menos produtivas. No entanto, entre as 20 mais produtivas em S_4 não havia nenhuma das 20 menos produtivas em S_0 , o que demonstra a validade do método.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Na realização deste trabalho foram utilizadas famílias S₂ da população Beija-Flor (Programa 2), do programa de melhoramento de milho-pipoca desenvolvido pelo Setor de Genética do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa. Nos Quadros 1 a 4 essas progênes estão classificadas de acordo com os resultados obtidos por VILARINHO (2001).

3.2. Métodos

O experimento foi instalado no Campo Experimental do Setor de Genética, em lote isolado, na safra 99/00. As 223 famílias S₂ foram semeadas em blocos com 50 fileiras de 5 m, sem repetição, com a testemunha IAC 112 intercalada entre as progênes. O espaçamento foi de 0,9 m. Após o desbaste foram deixadas 25 plantas por fileira, correspondendo a uma densidade de 55.555 plantas por hectare. Em cada progênie foram autofecundadas de três a cinco plantas que apresentaram melhor desenvolvimento.

A avaliação experimental das progênes apenas com a(s) testemunha(s) repetida(s) apresenta vantagens do ponto de vista prático, operacional. A principal é a execução na mesma área necessária para o experimento com repetição e com a mesma necessidade de mão-de-obra, de pelo menos dois

trabalhos equivalentes. Portanto, permite aumentar o número de experimentos sem acréscimo de área e recursos. Alternativamente, pode-se considerar que reduz os custos de execução do programa.

Quadro 1 - Famílias S_2 provenientes de 30 S_1 avançadas e selecionadas com base em CE

Família S_1	Famílias S_2
6	99-233-1, 233-2, 233-3
8	99-234-1, 234-2, 234-3, 679 a 682-1, 679 a 682-2
24	99-251-1, 251-2
25	99-251-1, 715 a 718-1
58	99-763-1
60	99-281-1
77	99-776-1, 294-1
72	99-290-1, 290-2
76	99-293-1, 293-2, 293-3, 293-4
84	99-298-1, 298-2, 298-3, 298-4, 298-7
114	99-320-1, 320-2, 320-3, 815-1, 815-2
115	99-321-1, 321-2, 321-3, 818-1
116	99-323-1, 323-2, 323-3, 323-4
118	99-325-1, 325-3, 825-1
163	99-368-1, 368-3, 368-4
164	99-369-1
129	99-334-4, 334-5
132	99-336-1
136	99-340-1 e 852 a 854-1, 852 a 854-2
137	99-341-1, 341-2, 341-3
138	99-343-1, 343-2, 343-3, 343-4
142	99-345-1
144	99-346-1, 346-2
145	99-348-1, 348-2, 348-3
146	99-349-1
166	99-371-1, 371-2
151	99-354-1, 354-2
152	99-355-1, 355-2, 883 a 885-1
153	99-356-1, 356-2
155	99-359-1

Os números para este experimento foram: a avaliação de 223 famílias mais uma testemunha em um experimento em blocos com duas repetições

requer uma área de 2.016 m² (448 fileiras de 5 m, espaçadas por 0,9 m). Intercalando 23 fileiras da testemunha para cada 5 – 15 progênies, a área do experimento sem repetição foi de 1.107 m² (16 extratos de nove famílias, dois de 12, um de 5, um de 10, um de 11, um de 14 e um de 15, mais 23 fileiras da testemunha), uma área 45% menor. Essa redução significativa também seria alcançada utilizando blocos incompletos de Federer.

Quadro 2 - Famílias S₂ provenientes de 30 S₁ avançadas e selecionadas com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978)

Família S ₁	Famílias S ₂
117	99-324-1
8	99-234-1, 234-2, 234-3, 679 a 682-1, 679 a 682-2
24	99-251-1, 251-2
126	99-333-1, 333-2, 333-3, 333-4, 333-5
58	99-763-1
60	99-281-1
77	99-776-1, 294-1
72	99-290-1, 290-2
76	99-293-1, 293-2, 293-3, 293-4
84	99-298-1, 298-2, 298-3, 298-4, 298-7
114	99-320-2, 320-3, 815-1, 815-2
115	99-321-1, 321-2, 321-3, 818-1
116	99-323-1, 323-2, 323-3 e 323-4
118	99-325-1, 325-3, 825-1
163	99-368-1, 368-3, 368-4
164	99-369-1
129	99-334-4, 334-5
132	99-336-1
136	99-340-1, 852 a 854-1, 852 a 854-2
137	99-341-1, 341-2, 341-3
138	99-343-1, 343-2, 343-3, 343-4
142	99-345-1
144	99-346-1, 346-2
145	99-348-1, 348-2, 348-3
146	99-349-1
166	99-371-1, 371-2
151	99-354-1, 354-2
152	99-355-1, 355-2, 883 a 885-1
153	99-356-1, 356-2
147	99-350-2, 870 a 874-1, 870 a 874-2

Considerando cinco blocos, sendo quatro com 48 famílias e duas testemunhas e um com 31 progênies e as duas testemunhas, a área necessária seria de 1.048 m², correspondendo a uma redução de 48%.

Quadro 3 - Famílias S_2 derivadas de 30 S_1 avançadas e superiores em produção

Família S_1	Famílias S_2
70	99-771-1
50	99-274-1, 274-3, 274-4
84	99-298-1, 298-2, 298-3, 298-4, 298-7
145	99-348-1, 348-2, 348-3
136	99-340-1, 852 a 854-1, 852 a 854-2
32	99-260-1, 260-2
126	99-333-1, 333-2, 333-4, 333-5
137	99-341-2, 341-3
117	99-324-1
147	99-350-1, 350-2, 870 a 874-1, 870 – 874-2
111	99-318-1, 318-2
156	99-360-1, 360-2
58	99-763-1
24	99-251-1, 251-2
142	99-345-1
42	99-268-1
68	99-285-1, 285-2, 285-3, 285-5, 285-6, 285-7
144	99-346-1, 346-2
120	99-326-1
132	99-336-1
118	99-325-1, 325-3, 825-1
129	99-334-4, 334-5
22	99-711-1
151	99-354-1, 354-2
93	99-301-1, 301-3, 301-4
76	99-293-1, 293-2, 293-3, 293-4
138	99-343-1, 343-2, 343-3, 343-4
115	99-321-1, 321-2, 321-3, 818-1
135	99-339-1, 339-2, 339-3
108	99-314-1, 314-2, 314-3, 314-4, 314-5

Quanto à análise de variância, os dados são analisados considerando delineamento inteiramente casualizado, com testemunhas com diferentes números de repetições. A variância das repetições da testemunha, ou uma variância média em caso de pelo menos duas testemunhas, é assumida ser a estimativa da variância residual. Se a testemunha for um híbrido simples, qualquer que seja o tamanho da parcela ou, ainda, o número de plantas em cada repetição, a variação entre repetições se deve exclusivamente ao acaso. Em relação a qualquer testemunha que apresente variabilidade genética, como híbridos triplo e duplo e população de polinização aberta, parte dessa variação pode ser devida à variação de amostragem, principalmente no caso de

parcelas com reduzido número de plantas (as frequências gênicas nas diferentes repetições podem não ser as mesmas).

Quadro 4 - Famílias S_2 provenientes de S_1 avançadas e não selecionadas por nenhum dos critérios descritos anteriormente

Família S_1	Famílias S_2
2	99-229-1, 229-2, 229-3, 669-1
3	99-670 a 673-1
12	99-238-1
14	99-693-1, 693-2
18	99-244-1
20	99-246-1, 246-2, 246-4, 246-5, 707-1
21	99-708 a 710-1, 248-1
23	99-250-1,250-2
26	99-719-1, 254-1
27	99-720 a 723-1, 720 a 723-2, 720 a 723-3, 720 a 723-4
28	99-724 a 725-1, 724 a 725-2, 724 a 725-3
29	99-726 a 728-1
41	99-266-1, 266-2
51	99-275-1, 275-2
55	99-276-1
56	99-278-1, 278-2, 760 a 761-1, 760 a 761-2
69	99-770-1
78	99-777-1, 295-1
94	99-303-1, 303-2
97	99-304-1, 304-2, 304-3, 304-4, 304-5
105	99-310-1, 310-2, 310-3, 310-4, 310-5; 99-310-6, 310-7
109	99-315-1, 315-2, 315-3, 315-4
112	99-319-1, 319-2
123	99-330-1
125	99-331-1
131	99-335-1, 335-2
140	99-344-1, 344-2
149	99-351-1, 351-2, 351-3, 351-4
150	99-879 a 880-1,353-1, 352-2, 353-3, 353-4
154	99-358-1, 359-2, 358-3
158	99-361-1, 361-2, 361-3
159	99-363-3, 363-4, 903 a 904-1
160	99-364-1
122	99-329-1, 329-2
165	99-370-1, 370-2
168	99-373-1, 373-3, 373-4
169	99-374-2
170	99-375-2, 375-3, 920 a 921-1
171	99-377-1, 377-2
172	99-378-1

Apenas a título de comparação, são apresentados no Quadro 5 as fontes de variação e os graus de liberdade das análises considerando delineamento em blocos com duas repetições, delineamento inteiramente casualizado com progênies sem repetição e blocos incompletos de Federer, como descritos anteriormente. O estimador da variância residual associado ao menor número de graus de liberdade é o da análise que considerou blocos incompletos de Federer. Mesmo aumentando para 10 o número de blocos, o número de graus de liberdade do resíduo seria de apenas nove. Nesse caso, a redução na área experimental seria de 46%. Para tornar o número de graus de liberdade próximo do valor do experimento realizado, seriam necessárias seis testemunhas. Isso elevaria o número de graus de liberdade do resíduo para 20, sendo a área experimental 43,5% menor que a necessária para conduzir o experimento no delineamento em blocos, com duas repetições.

Quadro 5 - Fontes de variação e graus de liberdade das análises de variância em caso de delineamento em blocos completos (BC), inteiramente casualizado (IC) e em blocos incompletos de Federer (BI)

FV	GL _{BC}	GL _{IC}	GL _{BI}
Blocos	1	-	4
Progênies (P)	222	222	222
Testemunhas (T)	-	-	1
P vs. T	1	1	1
Resíduo	223	22	4
Total	447	245	232

A decisão de adotar esse tipo de experimento realmente objetivou maximizar o número de trabalhos, minimizando área e recursos financeiros e humanos, pois cada experimento com progênies endogâmicas requer coleta de dados e autofecundações, sendo, também, quando semeado em lote isolado, área de recombinação, visando melhoramento populacional. Como as famílias são casualizadas, espera-se que os resíduos sejam independentes. Adicionalmente, isso possibilita julgar sua eficiência, bem como dos processos de correção de dados descritos a seguir, os quais visam maximizar a eficiência do processo seletivo.

As características avaliadas por parcela foram:

- altura de planta (AP) – média das alturas, em metros, de três plantas competitivas, tomadas do nível do solo até a inserção da folha bandeira;
- altura da espiga (AE) – média das alturas, em metros, das espigas das mesmas plantas utilizadas para medir a altura, tomadas do nível do solo até a inserção da espiga superior;
- plantas acamadas (PA) – número de plantas que estavam tombadas, com ângulo superior a 30° entre o colmo e a vertical, por ocasião da colheita;
- plantas quebradas (PQ) – número de plantas quebradas abaixo da espiga superior, por ocasião da colheita;
- estande final (ST);
- número de espigas (NE);
- peso de cem grãos (PCG) – em gramas (g);
- peso de grãos (PG) – em quilogramas (kg);
- umidade dos grãos (UG) – porcentagem de umidade (base úmida) de uma amostra de grãos, medida logo após a pesagem;
- empalhamento (EM) – número de espigas mal empalhadas;
- número de espigas atacadas por pragas (NEAP);
- número de espigas atacadas por doenças (NEAD); e
- capacidade de expansão (CE) – relação entre o volume de pipoca, em mililitros (ml), e o peso de grãos utilizados, em gramas (g).

Na determinação da capacidade de expansão das famílias e das plantas autofecundadas, foram utilizadas amostras de 30 e 10 g de grãos, respectivamente, e uma pipoqueira de ar quente, a Hot Air Popcorn Pumper H7340, da Proctor Silex, com 1.250 W. Cada nova amostra de grãos era colocada na pipoqueira quando esta atingia temperatura de 100°C. Assim que os grãos eram colocados na pipoqueira, esta era ligada até que nenhum grão estourasse mais por um período de cinco segundos. A pipoca era, então, despejada em proveta de 1.000 ml, com o auxílio de um funil, e o volume de pipoca era medido. Antes da determinação de CE, as amostras foram armazenadas em câmara-fria por pelo menos três semanas.

Em todas as espigas autofecundadas determinou-se o peso de grãos. Os dados referentes às pesagens de espigas e de grãos foram corrigidos para

umidade-padrão de 14,5%, antes de se proceder às análises estatísticas, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$P_c = \frac{P(100 - UG)}{85,5}$$

em que

P_c = peso dos grãos ou peso de cem grãos corrigido para 14,5% de umidade;

P = peso dos grãos ou peso de cem grãos não corrigido para a umidade-padrão; e

85,5 = teor de matéria seca quando a umidade é de 14,5%.

Para o ajuste da produção de grãos, em razão de falhas de plantas nas parcelas, foi utilizada a correção por análise de covariância, de acordo com a seguinte expressão (VENCOVSKY e CRUZ, 1991):

$$z_i = y_i - b(ST - 25)$$

em que

z_i = rendimento corrigido do tratamento i ;

y_i = rendimento do tratamento i ; e

b = coeficiente de regressão residual de y_i em função do estande final.

O coeficiente b é obtido pela seguinte expressão:

$$b = \frac{Cov_r(PG, ST)}{V_r(ST)}$$

em que

$Cov_r(PG, ST)$ = covariância residual entre as características PG e ST; e

$V_r(ST)$ = variância residual da característica ST.

3.3. Correção dos dados de produção e capacidade de expansão

Segundo RUSSELL (1974), na obtenção e avaliação de material selecionado um problema é decidir sobre o ambiente ótimo para se praticar a seleção. O meio ideal deveria evidenciar a variabilidade genética entre as unidades de seleção para o caráter que está sendo selecionado. As correções aqui apresentadas têm como objetivo minimizar possíveis fontes de erros sistemáticas e contribuir com a melhoria da eficiência do processo seletivo, pois, de acordo

com FALCONER (1987), em geral, a variância causada pelo ambiente é uma fonte de erro que reduz a precisão nos estudos genéticos e o objetivo do pesquisador ou melhorista é, conseqüentemente, reduzi-la o mais possível através do manejo cuidadoso ou delineamento apropriado do experimento.

Em programas de melhoramento genético vegetal é comum a avaliação de grande número de famílias, gerando dificuldades para o melhorista exercer eficiente controle local. Um delineamento apropriado a essa situação é o látice, embora não haja garantia de sua superioridade em relação ao delineamento em blocos, por exemplo. Ao se conduzir um experimento com muitos tratamentos no delineamento inteiramente casualizado, com ou sem repetição, a área pode não ser suficientemente homogênea. Então, a falta de controle local diminui a precisão experimental, ou aumenta a variação residual, pois um efeito sistemático e que poderia ter sido controlado está acrescentado ao resíduo, como casual, aleatório.

Visando minimizar esse problema, pode-se repetir a(s) testemunha(s) a cada grupo de 10 progênies. Se o desempenho da(s) testemunha(s) for homogêneo em todos os estratos, está evidenciada a uniformidade da área. Diferenças relevantes de comportamento da(s) testemunha(s) indicam a necessidade de uniformização ou eliminação de um efeito sistemático de ambiente. Para isso, podem ser adotados dois critérios de correção dos dados: um com base em regressão linear múltipla e outro com base no desempenho da(s) testemunha(s) em cada estrato. Com correção eficiente, caso seja realmente necessário, famílias em diferentes estratos podem ser adequadamente comparadas, maximizando a eficiência do processo seletivo.

3.3.1. Correção com base em regressão

O objetivo desta correção é uniformizar ou eliminar efeitos ambientais sistemáticos dentro e entre os blocos no campo, incluídos no resíduo do modelo de análise de variância dos dados. Usando os valores fenotípicos da testemunha, os seguintes modelos de regressão foram ajustados, por meio de seleção por etapas (“the Stepwise regression procedure”).

$$Y_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X_{1i} + \hat{a}_2 X_{2i} + \hat{a}_3 X_{1i}^2 + \hat{a}_4 X_{2i}^2 + \hat{a}_5 X_{1i} X_{2i} + e_i$$

$$Y_i = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 (X_{1i} - 44,1) + \hat{a}_2 (X_{2i} - 24) + \hat{a}_3 (X_{1i} - 44,1)^2 + \hat{a}_4 (X_{2i} - 24)^2 + \hat{a}_5 (X_{1i} - 44,1)(X_{2i} - 24) + e_i$$

A correção dos valores fenotípicos das progênes (FS₂) em relação à produção e capacidade de expansão foi feita tomando por base os seguintes modelos:

Modelo 1:

$$FS_{2ci} = FS_{2i} - (\hat{a}_1 X_{1i} + \hat{a}_2 X_{2i} + \hat{a}_3 X_{1i}^2 + \hat{a}_4 X_{2i}^2 + \hat{a}_5 X_{1i} X_{2i})$$

Modelo 2:

$$FS_{2ci} = FS_{2i} - [\hat{a}_1 (X_{1i} - 44,1) + \hat{a}_2 (X_{2i} - 24) + \hat{a}_3 (X_{1i} - 44,1)^2 + \hat{a}_4 (X_{2i} - 24)^2 + \hat{a}_5 (X_{1i} - 44,1)(X_{2i} - 24)]$$

em que

FS_{2ci} = valor fenotípico da progênie i corrigido;

FS_{2i} = valor fenotípico da progênie i; e

X_{1i} e X_{2i} = coordenadas referentes à posição da família i no experimento, sendo X_{1i} a posição da progênie dentro do bloco de campo e X_{2i} o ponto médio deste bloco (Quadro 6). Os valores de X₁ dependem do espaçamento (0,9 m) e os de X₂ dependem do comprimento das parcelas (5 m) e da rua entre os blocos (1 m).

O modelo 1 remove o efeito ambiental sistemático e o outro adiciona este efeito aos valores fenotípicos.

Para a análise da variância, os valores da testemunha devem ser corrigidos.

3.3.2. Correção por estrato

Este método de correção foi sugerido por BACKES (2000). A correção dos valores fenotípicos das famílias é feita por estrato, em função das médias fenotípicas da(s) testemunha(s), localizada(s) nas extremidades de cada extrato, usando a seguinte expressão:

$$Y_c = Y_o - EA_1 + \frac{q}{t+1} (EA_1 - EA_{1+t})$$

em que

Y_c e Y_o = valores corrigido e observado, respectivamente;

q = número de parcelas entre as testemunhas localizadas em um mesmo estrato;

Quadro 6 - Croqui do experimento com a numeração das parcelas e as coordenadas das famílias e das testemunhas (T)

X ₁ (m)	X ₂ (m)				
	0	6	12	18	24
0	1	T9	101	T19	201
0,9	2	99	102	199	202
1,8	3	98	103	198	203
2,7	4	97	104	197	204
3,6	5	96	105	196	205
4,5	6	95	106	195	206
5,4	7	94	107	194	207
6,3	8	93	108	193	208
7,2	9	92	109	192	209
8,1	10	91	T10	191	T20
9	11	T8	111	T18	211
9,9	12	89	112	189	212
10,8	13	88	113	188	213
11,7	14	87	114	187	214
12,6	T1	86	115	186	215
13,5	16	85	116	185	216
14,4	17	84	117	184	217
15,3	18	83	118	183	218
16,2	19	82	119	182	219
17,1	20	81	T11	181	220
18	T2	T7	121	T17	221
18,9	22	79	122	179	T21
19,8	23	78	123	178	223
20,7	24	77	124	177	224
21,6	25	76	125	176	225
22,5	26	75	126	175	226
23,4	27	74	127	174	227
24,3	28	73	128	173	228
25,2	29	72	129	172	229
26,1	30	71	T12	171	230
27	31	T6	131	T16	231
27,9	32	69	132	169	232
28,8	33	68	133	168	T22
29,7	34	67	134	167	234
30,6	35	66	135	166	235
31,5	36	65	136	165	236
32,4	T3	64	137	164	237
33,3	38	63	138	163	238
34,2	39	62	139	162	239
35,1	40	61	T13	161	240
36	41	T5	141	T15	241
36,9	42	59	142	159	242
37,8	43	58	143	158	243
38,7	44	57	144	157	244
39,6	45	56	145	156	245
40,5	46	55	146	155	T23
41,4	47	54	147	154	
42,3	48	53	148	153	
43,2	49	52	149	152	
44,1	T4	51	T14	151	

t = número total de parcelas antecedentes à família a ser corrigida, em relação à primeira testemunha; e

EA_1 e EA_{1+t} = efeitos ambientais nas testemunhas de um mesmo estrato; EA_1 é o efeito ambiental na posição 1, calculado da seguinte forma: $EA_1 = P_f - \bar{i}$ sendo P_f o valor fenotípico da testemunha e \bar{i} a média geral da testemunha.

No trabalho de Backes a estimação da variância fenotípica foi realizada com base nos dados corrigidos. Neste trabalho optou-se por estimar a variância fenotípica e genotípica levando em consideração os dados corrigidos.

É importante ressaltar alguns pontos a serem observados no planejamento deste experimento. Em primeiro lugar, a(s) testemunha(s) não necessita(m) ser plantadas a intervalos regulares. Observado esse aspecto, é importante que os blocos de campo comecem e terminem com testemunha.

3.4. Análise de variância

As análises de variância foram realizadas usando o procedimento “Famílias com Testemunhas Intercalares” do programa GENES (CRUZ, 2001). A escolha do híbrido simples modificado IAC 112 como testemunha visou proporcionar uma estimativa da variância ambiental entre plantas, assumindo como desprezível a variabilidade genética dentro da população.

No Quadro 7 está apresentada a análise de variância, com as esperanças dos quadrados médios.

O estimador da variância genotípica entre é:

$$\hat{\sigma}_{GbF}^2 = QMF - QMR$$

Em relação às características peso de grãos e CE tomadas nas plantas autofecundadas e em plantas da testemunha, a variância genotípica dentro é:

$$\hat{\sigma}_{GwF}^2 = \hat{\sigma}_{PwF}^2 - \hat{\sigma}_w^2$$

em que

$\hat{\sigma}_{PwF}^2$ = variância fenotípica média dentro de progênies; e

$\hat{\sigma}_w^2$ = variância fenotípica média dentro da testemunha.

Quadro 7 - Análise de variância de um experimento com f famílias sem repetição e uma testemunha repetida r vezes^{1/}

FV	GL	QM	E (QM)
Famílias	$f - 1$	QMF	$\hat{\sigma}_{PbF}^2 = \hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_{GbF}^2$
Fam. vs. Test.	1	-	-
Resíduo	$r - 1$	QMR	σ^2

^{1/} QMF = variância fenotípica entre progênies.

QMR = variância fenotípica da testemunha.

$\hat{\sigma}_{GbF}^2$ = variância genotípica entre famílias.

3.5. Estimação de parâmetros genéticos

3.5.1. Estimação de herdabilidade

A eficiência da seleção entre é avaliada pela herdabilidade em nível de média de família, dada por:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_{GbF}^2}{\hat{\sigma}_{PbF}^2}$$

A eficiência da seleção dentro é avaliada pela herdabilidade em nível de planta dentro de família, cujo estimador é:

$$h_w^2 = \frac{\hat{\sigma}_{GwF}^2}{\hat{\sigma}_{PwF}^2}$$

Para avaliar a eficiência da seleção massal será estimada a herdabilidade em nível de planta, dada por:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_P^2}$$

sendo $\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_P^2 - \hat{\sigma}_E^2$ a variância genotípica total; $\hat{\sigma}_P^2$, a variância total das plantas autofecundadas; e $\hat{\sigma}_E^2$, a variância total das plantas nas repetições da testemunha.

3.5.2. Estimação das correlações genotípicas entre os caracteres

A correlação entre caracteres avalia o grau de associação entre estes. O seu valor é importante no melhoramento de plantas porque permite conhecer a influência que a seleção em uma característica terá sobre outras, por vezes

aparentemente independentes. O pleiotropismo é causa permanente da correlação genética, e o desequilíbrio provocado por ligações genéticas é causa temporária (FALCONER, 1987).

Visando avaliar os efeitos indiretos da seleção entre, da seleção dentro, da seleção combinada e da seleção massal, serão estimadas as correlações genóticas.

A correlação genótica entre os caracteres X e Y é, genericamente:

$$\tilde{r}_{G_{X,Y}} = \frac{\hat{\sigma}_{G_{XY}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{G_X}^2 \hat{\sigma}_{G_Y}^2}}$$

sendo $\sigma_{G_{XY}}$ a covariância genótica. Seu estimador é:

$$\hat{\sigma}_{G_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{G_{(X+Y)}}^2 - \hat{\sigma}_{G_X}^2 - \hat{\sigma}_{G_Y}^2}{2}$$

em que $\hat{\sigma}_{G_{(X+Y)}}^2$, $\hat{\sigma}_{G_X}^2$ e $\hat{\sigma}_{G_Y}^2$ são os estimadores das variâncias genóticas para as variáveis X+Y, X e Y.

3.6. Ganhos genéticos

O ganho direto com seleção entre, dentro, combinada e massal é, genericamente:

$$\ddot{A}G = p \cdot DS \cdot h^2$$

em que

p = controle parental (p=1/2 para seleção intrapopulacional e p=1 no caso de seleção visando obtenção de progênie S₃);

DS = diferencial de seleção; e

h² = herdabilidade no sentido amplo.

Se fosse possível a estimação dos componentes da variância genótica em populações endogâmicas, $\hat{\sigma}_A^2$, $\hat{\sigma}_D^2$, $4 \sum_{i=1}^k p_i q_i (p_i - q_i) \hat{a}_i d_i$, $\sum_{i=1}^k p_i q_i d_i^2$, assumindo genes com duas formas alélicas, os ganhos preditos com seleção entre ($\ddot{A}G_e$), dentro ($\ddot{A}G_w$), massal ($\ddot{A}G_m$) e combinada ($\ddot{A}G_c$) deveriam ser computados da seguinte forma:

$$\ddot{A}G_b = \frac{\text{Cov}(FS_n, FS_{n+1})}{\hat{\sigma}_{PbFS_n}^2} DS_b$$

$$\ddot{A}G_w = \frac{\text{Cov}(S_n, S_{n+1})}{\sigma_{wFS_n}^2} DS_w$$

$$\ddot{A}G_m = \frac{\text{Cov}(S_n, S_{n+1})}{\sigma_{PF}^2} DS_m = \ddot{A}G_c = \frac{\text{Cov}(S_n, S_{n+1})}{\sigma_{PF}^2} DS_c$$

em que

$\text{Cov}(FS_n, FS_{n+1})$ = covariância genotípica entre a média de família S_n e a média dos descendentes S_{n+1} ;

$\text{Cov}(S_n, S_{n+1})$ = covariância genotípica entre indivíduos S_n e seus descendentes S_{n+1} ;

$\sigma_{PbFS_n}^2$, $\sigma_{PwFS_n}^2$ e σ_{PF}^2 = respectivamente, as variâncias fenotípicas entre progênies S_n , dentro de progênies S_n e total na geração S_n ; e

DS_b , DS_w , DS_m e DS_c = diferenciais de seleção entre, dentro, massal e combinada, respectivamente.

O ganho indireto em Y devido à seleção com base em X é:

$$\ddot{A}G_{Y(X)} = p \cdot DS_{Y(X)} \cdot h_Y^2$$

em que

p = controle parental ($p=1/2$ para seleção intrapopulacional e $p=1$ no caso de seleção visando obtenção de progênies S_3);

$DS_{Y(X)}$ = diferencial de seleção indireto, obtido em função da média do caráter Y dos indivíduos selecionados, cuja superioridade é evidenciada com base no caráter X; e

h_Y^2 = herdabilidade em sentido amplo do caráter Y.

3.7. Estratégias de seleção

Visando o melhoramento de Beija-Flor, foi considerada apenas seleção entre. Em se tratando da obtenção de famílias S_3 superiores, foram analisadas as seguintes estratégias: seleção entre, seleção entre e dentro, seleção combinada e seleção massal. Os critérios de seleção considerados foram seleção direta com base em CE e seleção com base no índice de MULAMBA e MOCK (1978), função de CE e produção, usando os dados originais e corrigidos. Os pesos adotados foram 3 e 1, respectivamente. A seleção direta com base em produção foi considerada apenas para efeitos de comparação, uma vez que não é, em geral, uma estratégia aplicável ao melhoramento de milho-pipoca.

Na seleção entre foram selecionados 30% das progênies. No caso de seleção entre e dentro, a proporção de progênies S_2 selecionadas foi de 57,7% e as proporções de plantas S_2 selecionadas foram de 47, 49,5 e 51,41%, para dados originais, corrigidos pela regressão e corrigidos por estrato, respectivamente, de modo a proporcionar 109 famílias S_3 .

No caso de seleção massal e combinada foram selecionados 30% das plantas S_2 .

3.7.1. Seleção combinada

Este procedimento foi primeiramente discutido por LUSH (1947a,b) e pode ser usado com sucesso em melhoramento vegetal e animal. Segundo VIANA e CRUZ (1997), a seleção combinada é uma técnica usada para identificar indivíduos com melhor valor genético aditivo numa população sob seleção, usando informação do indivíduo e da sua família. Esse procedimento pode aumentar a eficiência do processo seletivo, maximizando o ganho genético esperado.

O índice de seleção combinada escolhido foi um dos analisados por VIANA e CRUZ (1997), dado por:

$$I = \hat{b}_1(Y_{ij} - \bar{Y}_j) + \hat{b}_2(\bar{Y}_j - \bar{Y}_.)$$

em que

$$\hat{b}_1 = \left[\frac{(1+F)\sigma_A^2}{\sigma_{PwF}^2} \right] (1-r_1) \text{ é o peso do mérito do indivíduo;}$$

$$\hat{b}_2 = \left[\frac{(1+F)\sigma_A^2}{\sigma_{GbF}^2 + \sigma^2 + \frac{\sigma_{PwF}^2}{p}} \right] \cdot \frac{1}{p} [1 + (p-1)r_1] \text{ é o peso do mérito da família;}$$

$$r_1 = \frac{\sigma_A^2}{(1+F)\sigma_A^2} = \frac{1}{(1+F)} = \frac{4}{7} \text{ é a correlação entre os valores genéticos aditivos de}$$

plantas em mesma família S_2 ;

Y_{ij} = valor fenotípico do indivíduo i da progênie j ; e

p = número médio de plantas autofecundadas (2,5).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Correção dos dados

Em razão da avaliação de grande número de famílias sem repetição, diferenças de comportamento nas repetições de cada testemunha evidenciam variação ambiental na área experimental, não considerada no modelo de análise de variância. Neste caso, como não se estabeleceu controle local, para melhorar a eficiência da seleção, devem-se corrigir os dados originais, eliminando ou uniformizando efeitos ambientais sistemáticos não incluídos no modelo de análise de variância. Neste trabalho foram adotados dois processos de correção, sendo um pelo ajuste de modelo de regressão linear múltipla e o outro por estrato. Os dois modelos de regressão proporcionaram exatamente os mesmos resultados de análise de variância e inferências, pois a correlação entre os dados corrigidos é 1, embora haja diferenças entre eles. No modelo 2, os efeitos ambientais são adicionados a todas as observações, enquanto no modelo 1 esses efeitos são eliminados. A superioridade do modelo 2 é evidente: ele não reduz os valores fenotípicos (parte do valor fenotípico se deve realmente a estes e outros efeitos ambientais) e não produz valores corrigidos negativos. Deve ser, portanto, o modelo adotado.

4.1.1. Correção pela regressão

O modelo ajustado em relação à produção foi $Y = 3350,9234 + 49,4095X_{2i}$, com coeficiente de determinação (r^2) de 61,1%. O modelo em relação à capacidade de expansão foi $Y = 40,0678 + 0,3306X_{2i}$, sendo o r^2 de 32,5%. Em razão dessa reduzida determinação, considerou-se desprezível a diferença ambiental entre blocos no campo e não se corrigiu a CE. Quanto à produção, apesar da baixa determinação do modelo, decidiu-se, visando avaliar a eficiência do procedimento neste trabalho, corrigir os dados.

4.1.2. Correção por estrato

A correção das famílias leva em consideração a testemunha situada nas extremidades de cada estrato. Nesse caso, é considerada a diferença entre as testemunhas e a posição relativa à testemunha de cada família. Essa correção, assim como o ajuste por regressão com heterogeneidade dentro dos blocos, é particular para cada família.

Os resultados médios de produção e CE são semelhantes aos dados originais. Segundo CRUZ (2001) provavelmente essa proximidade entre os valores médios se deve à homogeneidade do ambiente, que não apresentou diferença muito grande entre os referenciais. Contudo, entre os resultados corrigidos para CE, foi obtida uma estimativa negativa para a família que apresentou o menor desempenho médio. A estimativa negativa foi observada na família que apresentou o valor mínimo de capacidade de expansão. Portanto, o sinal negativo é consequência do baixo valor fenotípico. Em outras palavras, se a família for ruim e estiver num ambiente favorável, é provável que a correção seja igual ou superior ao valor fenotípico; neste caso, têm-se estimativas próximas de zero ou negativas.

4.2. Análise de variância

Os testes nas análises de variância evidenciaram variabilidade genética na população, com exceção de índice de prolificidade, peso de cem grãos e proporção de espigas atacadas por pragas (Quadro 8). Portanto, há possibilidade de progresso genético ao se praticar seleção. A correção dos dados de

Quadro 8 - Resumo das análises de variância do teste de famílias S₂ da população Beija-Flor, em relação a altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), estande final (ST), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade-padrão de 14,5% (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção não-corrigida (PG, kg/ha), capacidade de expansão não corrigida (CE, ml/g), produção corrigida pela regressão, modelo 1 (PGr₁), produção corrigida pela regressão, modelo 2 (PGr₂), produção corrigida por estratificação (PGe) e capacidade de expansão corrigida por estrato (CEe)

FV	GL	QM								
		AP	AE	ST	PPA	PPQ	PEME	IP	PCGu	PEAP
Famílias	188	0,05803 ^{0,0018}	0,0396 ^{0,0097}	18,3364 ^{0,0900}	0,00725 ^{0,0083}	0,0089 ^{0,0000}	0,0138 ^{0,0000}	0,1844 ^{0,1382}	2,0420 ^{0,4914}	0,0323 ^{0,8570}
Fam. vs. Test.	1	1E-05	0,0003	205,7389	0,0723	0,0735	0,0267	6,3534	7,7875	0,1407
Resíduo	12	0,01184	0,01152	9,25641	0,00201	0,00038	0,00096	0,10576	1,91881	0,04712
Máximo		2,42	1,55	25	0,45	0,50	1,00	2,00	19,24	1,00
Média		1,68	0,92	16,50	0,10	0,09	0,09	0,92	13,12	0,46
Mínimo		1,10	0,48	3,00	0,00	0,00	0,00	0,10	6,17	0,00
Média test.		1,68	0,92	20,61	0,02	0,007	0,03	1,64	12,31	0,34
CV (%) Geral		6,48	11,69	18,14	44,86	24,24	37,43	33,58	10,59	48,20
CV (%) Família		6,48	11,70	18,43	42,74	22,83	36,11	35,27	10,55	47,46
CV (%) Testemunha		6,48	11,63	14,75	163,51	246,63	79,88	19,78	11,24	62,12

Continua...

Quadro 8 - Continuação

FV	GL	QM						
		PEAD	PG	CE	PGr ₁	PGr ₂	PGe	CEe
Famílias	188	0,04596 ^{0,0260}	415273,7419 ^{0,0503}	53,72 ^{0,0082}	567892,3360 ^{0,0001}	567892,2700 ^{0,0001}	531886,0284 ^{0,0184}	60,05 ^{0,0049}
Fam. vs. Test.	1	0,5206	20000363,7208	3450,31	19782656,2353	19782656,2791	18245242,6993	3204,38
Resíduo	12	0,01678	178915,65840	15,05	69620,8448	69620,8448	178915,6584	15,052
Máximo		1,00	4107,34	38,33	3514,43	4700,25762	4052,23480	40,08
Média		0,48	1452,90	19,10	889,78	2075,61389	1510,45373	19,71
Mínimo		0,00	359,30	3,33	-706,52	479,3026	59,83820	-1,67
Média testemunha		0,27	2735,20	35,94	2165,09	3350,92	2735,20	35,94
CV (%) Geral		27,86	27,54	19,21	27,14	12,22	26,61	18,68
CV (%) Família		27,09	29,11	20,30	29,65	12,71	28,00	19,67
CV (%) Testemunha		47,78	15,46	10,79	12,18	7,84	15,46	10,79

produção de grãos reduziu o nível de significância real do teste de nulidade, principalmente no caso de ajuste por regressão. A correção dos dados de CE por estrato implicou aumento da variância fenotípica entre e, em consequência, redução no nível de significância do teste. Apesar de as análises de variância da produção corrigida pelos dois modelos de regressão serem idênticas, o ajuste pelo modelo 2, $FS_{2ci} = FS_{2i} - 49,41(X_{2i} - 24)$, é superior, pois não produz estimativa negativa do valor corrigido e conduz a deixar estimativa de média geral superior, inclusive quando comparada com a média dos dados não corrigidos. A razão para isso é simples: o ajuste do modelo 1, $FS_{2ci} = FS_{2i} - 49,41X_{2i}$, remove efeito sistemático de ambiente não incluído no modelo de análise de variância, enquanto o ajuste do outro modelo acrescenta este efeito a todas as observações. Obviamente que nos dois casos o ajuste torna adequadamente comparáveis as médias das progênies.

As estimativas de correlações entre os valores de produção nas diferentes estratégias de correção foram altas, o mesmo sendo verdade em relação à CE. Os valores estimados entre produção não corrigida e produção corrigida pela regressão e corrigida por estrato foram de 0,85 e 0,86, respectivamente, os quais expressam a similaridade entre as correções. Isso fica evidente quando se observa a correlação em relação aos valores corrigidos pela regressão e por estrato, que foi de 0,96. As médias de produção corrigidas apresentaram magnitudes diferentes em relação aos valores não corrigidos. A corrigida por regressão foi 42,9% superior à produção média não corrigida. O percentual foi de 4% em relação aos dados corrigidos por estrato. Em relação à CE, a correlação estimada entre os valores não-corrigidos e corrigidos por estrato foi de 0,92. A média dos valores corrigidos foi 3,2% superior à dos não corrigidos, resultado semelhante ao de produção.

Por se tratar de população endogâmica, impossível de ser mantida com a estrutura genética atual, a discussão sobre os valores médios perde sua relevância e comparações com IAC 112 devem ser feitas com muito cuidado. Como as plantas da testemunha foram despendoadas, as médias de altura de planta, altura de espiga e de produção de grãos são certamente inferiores ao que se poderia obter nas mesmas condições sem despendoamento, pois a emasculação remove de quatro a seis folhas. O importante é ressaltar a existência de famílias com elevada produção, mais de 4.000 kg/ha, e com elevada qualidade, 38 a 40 ml/g.

Os valores de proporções de plantas acamadas e de espigas com pragas e doenças não são desprezíveis. A ausência de prolificidade deve ser reflexo da endogamia. O peso de cem grãos é típico da população Beija-Flor.

4.3. Estimativas dos parâmetros genéticos

4.3.1. Variâncias genóticas entre e herdabilidades em nível de família

Nas populações utilizadas em programas de melhoramento, a estimativa de parâmetros genéticos estabelece base para a escolha dos métodos. Um fato interessante é que as estimativas obtidas só são válidas para a população da qual o material experimental constitui algum tipo de amostra e para as condições em que o estudo foi conduzido. Assim, quando se pretende estimar as variâncias, tanto os genótipos quanto os ambientes de experimentação devem constituir amostras apropriadas de ambas as categorias de população (Cockerham, 1956, e Robinson e Cockerham, 1965, citados por FURTADO, 1996).

De modo geral, os valores de herdabilidade estimados foram elevados (Quadro 9). Portanto, espera-se alta eficiência no processo seletivo com vistas ao melhoramento de Beija-Flor e à obtenção de linhagens, com seleção direta com base em CE ou seleção com base em índice, considerando CE e produção, uma vez que a mais importante função da herdabilidade no estudo genético de um caráter métrico é o seu papel preditivo, expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genotípico.

Comparando os valores de herdabilidade de produção e CE não corrigidos com os obtidos após correção, percebe-se que a seleção com base nas médias corrigidas tende a ser mais eficiente.

Segundo CRUZ (2001), com a correção das médias houve aumento no valor da herdabilidade apenas para as características altura de planta, número de plantas acamadas e peso de espigas e diminuição no valor da herdabilidade das demais características.

Quadro 9 - Estimativas da variância genotípica entre médias de famílias S_2 ($\hat{\sigma}_G^2$) e do coeficiente de herdabilidade em sentido amplo em nível de média de progênie (h^2), em relação a altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade-padrão de 14,5% (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção original (PG, kg/ha), produção corrigida pela regressão (PGr₂), produção corrigida por estrato (PGe), capacidade de expansão original (CE, ml/g) e capacidade de expansão corrigida por estrato (CEe)

Característica	$\hat{\sigma}_G^2$	$h^2(\%)$
AP	0,04620	79,59
AE	0,02804	70,88
PPA	0,00514	71,91
PPQ	0,00856	95,71
PEME	0,01293	93,01
IP	0,07864	42,64
PCGu	0,12321	6,03
PEAD	0,02917	63,47
PG	236358,0835	56,92
CE	38,67	71,98
PGr ₂	498271,4252	87,74
PGe	352970,3701	66,36
CEe	44,96	74,92

4.3.2. Correlações genotípicas entre os caracteres

A maior correlação genotípica foi entre alturas de planta e espiga, resultado esse normalmente observado (Quadro 10). A seleção direta com base em CE ou CE corrigida por estrato não deve promover alterações indiretas relevantes, pois as correlações genotípicas dessas variáveis com as demais são de reduzida magnitude, inclusive produção. O mesmo é esperado se a seleção for feita com base em índice que inclua CE e produção, corrigidos ou não, também em razão dos reduzidos valores de correlação ou porque algumas características apresentam com CE e produção correlações de mesma magnitude e sinais opostos.

Quadro 10 - Correlações genotípicas entre os caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade-padrão de 14,5% (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), produção não corrigida (PG, kg/ha), capacidade de expansão não corrigida (CE, ml/g), produção corrigida pela regressão (PGr₂), produção corrigida por estrato (PGe) e capacidade de expansão corrigida por estrato (CEe)

Característica	AE	PPA	PPQ	PEAD	PEME	PG	CE	PGr ₂	PGe	CEe
AP	1,0000*	-0,3341	-0,3421	0,0810	0,0286	0,3423	-0,1736	0,3199	0,3551	-0,1003
AE	1	-0,2431	-0,2687	0,1524	0,0120	0,4823	-0,1881	0,4248	0,6568	0,0200
PPA		1	0,1989	0,3592	-0,0291	0,1087	0,2801	-0,0247	0,0491	0,2461
PPQ			1	0,1895	0,1676	-0,0625	-0,0335	-0,0324	0,0086	-0,0342
PG				-0,0437	-0,1550	1	-0,1371	-	-	-
PEAD				1	0,0311	-	-0,2532	0,0004	0,1145	-0,0833
PEME				-	1	-	-0,0964	-0,0754	-0,0303	-0,0313
CE				-	-	-	1	-0,0436	-	-
CEe				-	-	-	-	-	0,0075	1

* valor aproximado, pois a estimativa foi um pouco superior a um (1,0034).

4.4. Ganhos preditos na seleção entre famílias S₂ da população Beija-Flor

A seleção entre famílias S₂ visa o melhoramento de Beija-Flor, com recombinação envolvendo todas as progênies, e a identificação das superiores para obtenção de famílias S₃. Os ganhos apresentados no Quadro 11 são os esperados com seleção visando obtenção de linhagens e correspondem ao dobro do valor esperado com recombinação de progênies selecionadas e não selecionadas.

Em caso de seleção direta com base em CE, espera-se um ganho em qualidade de 6,09 ml/g e uma alteração na produção de apenas 102,06 kg/ha, um valor baixo, como esperado. As alterações nas médias das demais variáveis são também desprezíveis. Com o uso do índice de Mulamba e Mock, esperam-se ganhos em CE e produção de 5,89 ml/g e 205,45 kg/ha, os quais correspondem a 96,7 e 47,3% dos ganhos máximos. Trata-se, portanto, de uma estratégia superior à seleção direta para CE. As alterações indiretas nas demais características são, como esperado, desprezíveis.

Quadro 11 - Ganhos preditos com seleção entre famílias S₂, visando obtenção de progênies S₃, referentes a várias estratégias de seleção^{1/}, em relação a altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos corrigido para umidade-padrão de 14,5% (PCGu, g), produção original (PG, kg/ha), capacidade de expansão não corrigida (CE, ml/g), produção corrigida pela regressão (PGr₂), proporção de espigas atacadas por pragas (PEAP), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), produção corrigida por estrato (PGe) e capacidade de expansão corrigida por estrato (CEe)

Caráter	Estratégia							
	SDPG	SDPGr ₂	SDPGe	SDCE	SDCEe	SM&M	SM&Mr	SM&Me
AP	0,0681	0,0639	0,0863	-0,0311	-0,0392	-0,0377	-0,0148	-0,0131
AE	0,0330	0,0634	0,0620	-0,0254	-0,0228	-0,0392	-0,0120	-0,0027
PPA	-0,0028	-0,0033	-0,0094	0,0029	0,0048	0,0059	0,0016	0,0068
PPQ	-0,0222	-0,0113	-0,0112	0,0012	0,0022	0,0075	-0,0013	-0,0001
IP	0,1782	0,1120	0,1331	0,0291	0,0151	0,0723	0,0594	0,0313
PCGu	0,0267	0,0142	0,0148	0,0024	-0,0014	-0,0042	-0,0013	-0,0027
PEAD	-0,0360	0,0045	-0,0031	-0,0294	-0,0239	-0,0384	-0,0303	-0,0250
PEME	-0,037	-0,0353	-0,0282	-0,0083	0,0021	-0,0099	-0,0117	-0,0131
PG	434,7377	-	-	102,056	-	205,4521	-	-
CE	1,2323	0,4617	-	6,0870	-	5,8894	5,8873	-
PGr ₂	-	776,3509	-	-	-	-	277,5897	-
PGe	-	-	571,3734	-	106,8338	-	-	229,5895
CEe	-	-	1,3611	-	6,7128	-	-	6,4889

- ^{1/} SDPG - seleção direta em produção não corrigida;
SDPGr₂ - seleção direta em produção corrigida pela regressão;
SDPGe - seleção direta em produção corrigida por estrato;
SDCE - seleção direta para CE não corrigida;
SDCEe - seleção direta em CE corrigida por estrato;
M&M - seleção com base no Índice de Mulamba e Mock com peso 1 para produção e 3 para capacidade de expansão, usando produção e CE não corrigidas;
M&Mr - seleção com base no Índice de Mulamba e Mock com peso 1 para produção e 3 para capacidade de expansão, usando produção corrigida pela regressão e CE não corrigida;
M&Me - seleção com base no Índice de Mulamba e Mock com peso 1 para produção e 3 para capacidade de expansão, usando produção e CE corrigidas por estrato.

No caso de índice com produção corrigida pela regressão e CE não corrigida, os ganhos em CE e produção equivalem a 96,7 e 35,8% dos ganhos máximos, um resultado inferior ao da seleção com base em CE e produção não corrigidas.

Com a correção por estrato, o uso do índice deve proporcionar ganhos de 96,7 e 40,2% em relação aos valores máximos, para CE e produção, respectivamente.

Os ganhos esperados com o emprego de CE e produção corrigidas são numericamente superiores aos ganhos com o uso dos dados não corrigidos. No entanto, para uma avaliação dos processos de correção dos dados é necessário computar os ganhos em relação a um referencial comum: a média da geração S_2 . O ganho em produção com seleção com base em produção corrigida pela regressão é de $(776,35/2075,61) \times 100 = 37,4\%$. O uso de índice com produção corrigida pela regressão e CE original propicia ganhos adimensionais de $(277,59/2075,61) \times 100 = 13,4\%$ e $(5,89/19,1) \times 100 = 30,8\%$, respectivamente. O ganho em produção com seleção direta em produção corrigida por estrato é de $(571,37/1510,45) \times 100 = 37,8\%$. Os ganhos em produção e CE com seleção direta em CE corrigida por estrato são de $(106,83/1510,45) \times 100 = 7,1\%$ e $(6,71/19,71) \times 100 = 34\%$. Os ganhos esperados com o uso do índice de Mulamba e Mock são de $(229,58/1510,45) \times 100 = 15,2\%$ e $(6,49/19,71) \times 100 = 32,9\%$. Os valores computados com os dados não corrigidos são, respectivamente, de $(434,74/1452,9) \times 100 = 29,9\%$, com seleção direta para PG, $(102,06/1452,9) \times 100 = 7\%$, $(6,09/19,10) \times 100 = 31,8\%$, com seleção direta em CE, $(205,45/1452,9) \times 100 = 14,1\%$ e $(5,89/19,1) \times 100 = 30,8\%$, com seleção usando índice. Portanto, não se verifica clara superioridade dos ganhos calculados com base nos dados corrigidos por regressão e por estrato. Claro, contudo, que o uso do índice é sempre superior à seleção direta em CE.

Nos Quadros 12 e 13 estão apresentadas as famílias e plantas S_2 selecionadas a partir do uso do índice de Mulamba e Mock com produção e CE originais e corrigidas. Os números de plantas autofecundadas nas 57 famílias selecionadas foram de 129, considerando produção e CE originais; 118, considerando produção corrigida por regressão e CE original; e 102, considerando os dados de produção e CE corrigidas por estrato.

4.5. Eficiência da seleção em S_1

Como foram avaliadas progênies S_2 derivadas de S_1 selecionadas e não-selecionadas e a genealogia é conhecida, pode-se fazer uma avaliação da eficiência do processo seletivo em S_1 . Para isso, foram computados os percentuais de famílias S_1 que originaram pelo menos uma S_2 selecionada, considerando diferentes estratégias de seleção em S_1 e S_2 (Quadro 14).

Quadro 12 - Origem das 57 famílias S₂ selecionadas com seleção entre, utilizando índice de Mulamba e Mock com produção (PG) e CE (M&M), com produção corrigida pela regressão (PGr₂) e CE (M&Mr) e com produção e CE corrigidas por estrato (PGe e CEe) (M&Me), e seus valores fenotípicos de produção e CE

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
99-363-3	1400,26	38,33	99-358-1	1400,26	38,33	99-229-1	1768,58	40,09
99-883 a 885-1	1082,72	36,67	99-883 a 885-1	1082,72	36,67	99-883 a 885-1	651,95	37,06
99-229-1	1260,93	35,00	99-229-1	2446,76	35,00	99-363-3	923,42	35,76
99-370-1	1656,78	34,00	99-370-1	1656,78	34,00	99-266-1	2767,58	35,09
99-368-3	1111,32	34,00	99-368-3	1111,32	34,00	99-266-2	2584,89	35,09
99-368-1	2109,03	33,50	99-368-1	2109,03	33,50	99-278-2	2364,69	35,09
99-364-1	809,479	31,07	99-364-1	809,48	31,07	99-229-3	1769,67	35,09
99-355-1	1204,87	31,00	99-355-1	1204,87	31,00	99-304-1	1230,98	32,70
99-266-1	2139,67	30,00	99-266-1	3325,50	30,00	99-355-1	783,33	31,98
99-343-2	2001,87	30,00	99-266-2	3137,80	30,00	99-281-1	1750,07	31,79
99-266-2	1951,97	30,00	99-278-2	2581,05	30,00	99-275-2	2406,12	31,76
99-304-5	1734,93	30,00	99-229-3	2447,85	30,00	99-370-1	1179,94	31,43
99-278-2	1691,68	30,00	99-304-5	2327,84	30,00	99-368-3	634,48	31,43
99-229-3	1262,02	30,00	99-343-2	2298,32	30,00	99-233-3	1325,03	31,42
99-333-1	1136,38	30,00	99-304-1	1860,66	30,00	99-724 a 725-2	1781,84	31,41
99-304-1	971,289	30,00	99-333-1	1432,84	30,00	99-301-3	1616,78	30,98
99-281-1	1333,21	29,33	99-281-1	2222,58	29,33	99-368-1	1632,19	30,93
99-293-1	1561,66	29,00	99-293-1	2451,03	29,00	99-233-1	1073,53	30,42
99-350-1	1874,68	28,67	99-350-1	2171,14	28,67	99-304-5	1640,66	29,82
99-326-1	1525,79	28,67	99-326-1	2118,71	28,67	99-333-1	1309,26	29,21
99-776-1	1091,43	28,67	99-776-1	1980,80	28,67	99-354-2	812,16	28,94
99-301-3	1321,61	28,33	99-301-3	2210,98	28,33	99-364-1	332,64	28,50
99-351-1	1379,88	28,00	99-351-1	1676,34	28,00	99-320-1	2190,99	28,46
99-354-2	1229,09	27,67	99-354-2	1229,09	27,67	99-719-1	2966,23	28,42
99-340-1	2830,65	27,00	99-340-1	3127,10	27,00	99-776-1	1203,61	28,07
99-320-1	2040,39	27,00	99-320-1	2633,30	27,00	99-278-3	2333,13	27,98
99-323-2	1713,51	27,00	99-323-2	2306,42	27,00	99-293-1	1634,35	27,95
99-334-2	1617,38	27,00	99-334-2	1913,84	27,00	99-295-1	1159,24	27,79
99-356-2	1987,24	26,67	99-275-2	2637,51	26,67	99-251-2	2777,29	27,76
99-275-2	1748,14	26,67	99-356-2	1987,24	26,67	99-720 a 723-1	1843,82	27,76
99-310-1	2917,42	26,33	99-295-1	1748,20	26,67	99-354-1	962,59	27,57
99-870 a 874-2	1567,6	26,33	99-310-1	3510,34	26,33	99-815-1	3716,06	26,96
99-724 a 725-2	1173,97	26,32	99-233-3	2003,21	26,33	99-274-3	2214,08	26,76
99-354-1	1374,92	26,00	99-870 a 874-2	1864,06	26,33	99-238-1	2152,69	26,76
99-329-2	1227,01	26,00	99-724 a 725-2	2359,80	26,32	99-356-2	1547,26	26,46
99-355-2	2319,45	25,67	99-329-2	1819,92	26,00	99-355-2	1893,30	26,35
99-293-4	1404,75	25,67	99-355-2	2319,45	25,67	99-343-2	1658,77	26,21
99-815-1	3462,12	25,00	99-293-4	2294,12	25,67	99-274-4	1957,95	26,09
99-335-1	1303,72	25,00	99-233-1	1751,71	25,33	99-760 a 761-3	1482,67	26,01
99-294-1	1357,13	24,67	99-815-1	4055,03	25,00	99-293-4	1614,08	25,93
99-310-5	2592,94	24,33	99-294-1	2246,50	24,67	99-326-1	1533,71	25,76
99-321-3	2408,66	24,00	99-310-5	3185,86	24,33	99-712-1	1708,12	25,76
99-310-7	2671,5	23,67	99-321-3	3001,57	24,00	99-334-2	1632,48	25,58
99-377-2	1353,24	23,67	99-310-7	3264,41	23,67	99-310-1	2743,53	25,42
99-285-1	3019,31	23,33	99-285-1	3908,68	23,33	99-294-1	1612,00	25,36
99-356-1	2716,97	23,33	99-719-1	3579,27	23,33	99-285-1	3392,64	25,35
99-719-1	2393,44	23,33	99-356-1	2716,97	23,33	99-274-1	1968,68	25,09
99-363-4	2049,11	23,33	99-278-3	2588,01	23,33	99-268-1	1747,98	25,09
99-278-3	1698,64	23,33	99-314-3	2466,00	23,17	99-340-1	2582,78	24,53
99-314-3	1873,08	23,17	99-333-5	2277,73	23,00	99-724 a 725-1	2392,00	24,42
99-333-5	1981,27	23,00	99-314-4	2240,24	23,00	99-356-1	2281,60	23,42
99-374-2	1858,88	23,00	99-251-2	3405,36	22,67	99-278-1	1933,91	23,42
99-314-4	1647,33	23,00	99-323-4	2756,22	22,67	99-298-4	2287,37	23,21
99-333-3	1748,13	22,83	99-720 a 723-1	2446,83	22,67	99-234-2	2613,20	23,09
99-251-2	2219,53	22,67	99-323-1	4700,26	22,33	99-321-3	2456,57	22,76
99-323-4	2163,31	22,67	99-238-1	2830,86	21,67	99-260-2	2240,96	22,42
99-323-1	4107,34	22,33	99-293-2	3103,67	21,00	99-320-3	3040,43	21,65
Média	1813,87	27,28	Média	2391,99	27,28	Média	1856,42	28,38

Quadro 13 - Origem das plantas autofecundadas das 57 famílias S₂ obtidas por seleção entre, utilizando índice de Mulamba e Mock com produção (PG) e CE (M&M), produção corrigida pela regressão (PGr₂) e CE (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (PGe e CEe) (M&Me), e seus respectivos valores de peso de grãos da espiga autofecundada e CE

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-138-2	23,50	41,00	00-138-2	35,90	41,00	00-131-3	62,82	39,95
00-224-5	101,00	40,00	00-105-2	35,90	39,00	00-99-1	40,64	38,70
00-105-2	23,50	39,00	00-223-2	8,00	38,33	00-105-2	21,16	38,09
00-223-2	8,00	38,33	00-131-3	69,40	38,00	00-208-1	25,58	37,68
00-131-3	57,00	38,00	00-212-4	93,00	37,00	00-129-1	63,77	37,32
00-212-4	93,00	37,00	00-208-1	35,00	37,00	00-42-2	70,79	37,08
00-208-1	35,00	37,00	00-209-1	11,20	36,67	00-8-1	37,94	37,08
00-209-1	11,20	36,67	00-99-1	53,60	36,00	00-209-1	1,77	37,05
00-224-4	79,00	36,00	00-67-1	69,60	35,00	00-67-1	59,98	37,02
00-99-1	35,00	36,00	00-211-1	58,00	35,00	00-212-4	83,57	36,79
00-211-1	58,00	35,00	00-231-1	27,00	35,00	00-206-1	15,58	36,27
00-67-1	51,00	35,00	00-206-1	25,00	35,00	00-47-1	67,60	36,08
00-231-1	27,00	35,00	00-169-1	72,20	34,00	00-223-2	-1,46	35,75
00-206-1	25,00	35,00	00-212-3	33,50	34,00	00-211-1	48,57	35,09
00-169-1	66,00	34,00	00-228-2	16,50	34,00	00-59-1	34,13	35,08
00-212-3	33,50	34,00	00-228-1	13,00	34,00	00-48-1	25,30	35,08
00-228-2	16,50	34,00	00-231-2	10,50	34,00	00-38-3	62,48	34,08
00-228-1	13,00	34,00	00-227-1	16,00	33,50	00-212-3	24,07	33,79
00-231-2	10,50	34,00	00-8-1	53,30	32,00	00-92-1	42,55	33,53
00-227-1	16,00	33,50	00-135-1	43,40	32,00	00-99-2	14,64	32,70
00-135-1	31,00	32,00	00-156-2	32,20	32,00	00-231-1	17,54	32,42
00-156-2	26,00	32,00	00-109-3	68,40	31,00	00-35-3	59,77	32,08
00-109-3	56,00	31,00	00-138-1	44,40	31,00	00-207-2	9,58	31,97
00-138-1	32,00	31,00	00-207-2	19,00	31,00	00-207-3	9,58	31,97
00-207-2	19,00	31,00	00-207-3	19,00	31,00	00-207-1	3,08	31,97
00-207-3	19,00	31,00	00-207-1	12,50	31,00	00-56-1	27,52	31,75
00-207-1	12,50	31,00	00-169-2	57,20	30,00	00-169-1	59,16	31,53
00-169-2	51,00	30,00	00-135-2	54,40	30,00	00-127-1	32,76	31,46
00-135-2	42,00	30,00	00-211-4	40,60	30,00	00-228-2	7,04	31,42
00-211-4	40,60	30,00	00-86-1	40,60	30,00	00-228-1	3,54	31,42
00-209-2	38,00	30,00	00-127-1	40,40	30,00	00-231-2	1,04	31,42
00-127-1	28,00	30,00	00-209-2	38,00	30,00	00-227-1	6,54	30,92
00-86-1	22,00	30,00	00-59-1	36,60	30,00	00-135-1	28,97	30,75
00-59-1	18,00	30,00	00-48-1	35,80	30,00	00-86-1	28,10	30,68
00-104-1	11,50	30,00	00-99-2	27,60	30,00	00-209-2	28,57	30,38
00-48-1	11,00	30,00	00-104-1	23,90	30,00	00-211-4	31,17	30,09
00-99-2	9,00	30,00	00-104-2	14,90	30,00	00-49-2	60,21	30,08
00-104-2	2,50	30,00	00-38-3	74,80	29,00	00-35-2	45,37	30,08
00-211-5	30,30	29,00	00-82-1	37,60	29,00	00-104-1	10,56	29,82
00-82-1	19,00	29,00	00-82-2	30,60	29,00	00-104-2	1,56	29,82
00-82-2	12,00	29,00	00-211-5	30,30	29,00	00-211-5	20,87	29,09
00-141-1	89,00	28,00	00-141-1	101,40	28,00	00-206-2	-3,42	28,94
00-137-2	63,40	28,00	00-137-2	75,80	28,00	00-135-2	39,97	28,75
00-116-1	54,50	28,00	00-116-1	66,90	28,00	00-58-1	46,12	28,08
00-137-1	52,60	28,00	00-137-1	65,00	28,00	00-82-1	20,71	27,95
00-109-2	44,50	28,00	00-109-2	56,90	28,00	00-82-2	13,71	27,95
00-156-1	43,20	28,00	00-156-1	49,40	28,00	00-38-2	30,98	27,75
00-148-2	32,00	28,00	00-148-2	44,40	28,00	00-32-3	30,47	27,75
00-195-4	10,00	28,00	00-195-4	16,20	28,00	00-32-4	26,47	27,75
00-195-2	9,00	28,00	00-195-2	15,20	28,00	00-38-1	23,48	27,75
00-195-3	6,00	28,00	00-195-3	12,20	28,00	00-32-2	23,47	27,75
00-206-2	6,00	27,67	00-206-2	6,00	27,67	00-205-3	4,09	27,57
00-35-3	47,70	27,00	00-83-1	86,60	27,00	00-205-4	3,09	27,57
00-135-3	47,50	27,00	00-35-3	72,50	27,00	00-205-1	2,59	27,57
00-223-4	38,00	27,00	00-135-3	59,90	27,00	00-205-2	0,79	27,57
00-163-1	37,00	27,00	00-146-2	40,90	27,00	00-169-2	44,16	27,53
00158-2	31,00	27,00	00-112-4	39,40	27,00	00-131-2	71,32	26,95
00-146-2	28,50	27,00	00-223-4	38,00	27,00	00-53-1	31,61	26,75
00-112-4	27,00	27,00	00-158-2	37,20	27,00	00-14-1	20,64	26,75
00-152-1	22,00	27,00	00-152-1	28,20	27,00	00-14-2	17,44	26,75
00-138-3	10,00	27,00	00-138-3	22,40	27,00	00-86-2	26,60	26,68

Continua...

Quadro 13, Cont.

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-56-1	12,00	26,67	00-56-1	30,60	26,67	00-208-2	4,58	26,35
00-105-1	10,00	26,33	00-105-1	22,40	26,33	00-152-1	26,70	26,21
00-195-1	33,00	26,00	00-109-1	44,40	26,00	00-54-1	27,82	26,08
00-109-1	32,00	26,00	00-195-1	39,20	26,00	00-135-3	45,47	25,75
00-86-2	20,50	26,00	00-86-2	39,10	26,00	00-158-2	31,37	25,58
00-148-1	14,00	26,00	00-148-1	26,40	26,00	00-105-1	7,66	25,42
00-205-3	13,50	26,00	00-208-2	14,00	25,67	00-211-3	11,07	25,09
00-205-4	12,50	26,00	00-131-2	77,90	25,00	00-35-1	53,67	25,08
00-205-1	12,00	26,00	00-49-2	70,50	25,00	00-56-2	47,52	25,08
00-205-2	10,20	26,00	00-35-2	58,10	25,00	00-127-3	66,76	24,46
00-208-2	14,00	25,67	00-158-1	41,20	25,00	00-223-4	28,54	24,42
00-131-2	65,50	25,00	00-211-3	20,50	25,00	00-146-2	25,65	24,09
00-49-2	45,70	25,00	00-109-4	28,40	24,33	00-42-1	38,79	24,08
00-158-1	35,00	25,00	00-112-1	31,40	23,67	00-14-3	36,94	24,08
00-35-2	33,30	25,00	00-115-2	31,90	23,17	00-158-1	35,37	23,58
00-211-3	20,50	25,00	00-115-3	24,20	23,17	00-209-4	19,57	23,38
00-109-4	16,00	24,33	00-127-3	74,40	23,00	00-10-1	22,44	23,08
00-239-1	38,00	24,00	00-116-2	48,40	23,00	00-212-1	10,57	22,79
00-112-1	19,00	23,67	00-82-3	47,60	23,00	00-82-3	30,71	21,95
00-244-2	13,00	23,67	00-209-4	29,00	23,00	00-212-2	17,07	21,79
00-224-2	19,50	23,33	00-212-1	20,00	23,00	00-92-2	32,55	20,53
00-224-3	16,00	23,33	00-156-5	18,20	23,00	00-32-1	38,97	20,08
00-115-2	19,50	23,17	00-32-3	43,80	22,67	00-10-3	35,44	20,08
00-115-3	11,80	23,17	00-38-2	43,30	22,67	00-49-1	46,01	19,08
00-127-3	62,00	23,00	00-32-4	39,80	22,67	00-95-1	31,61	18,64
00-116-2	36,00	23,00	00-32-2	36,80	22,67	00-209-3	10,57	18,38
00-82-3	29,00	23,00	00-38-1	35,80	22,67	00-105-3	22,16	18,09
00-209-4	29,00	23,00	00-137-3	53,40	22,00	00-169-3	65,96	17,53
00-212-1	20,00	23,00	00-212-2	26,50	22,00	00-129-2	77,77	17,32
00-154-1	10,00	22,83	00-14-1	36,00	21,67	00-35-4	56,17	17,08
00-32-3	19,00	22,67	00-14-2	32,80	21,67	00-131-1	97,52	16,95
00-32-4	15,00	22,67	00-169-3	79,00	20,00	00-10-4	127,44	16,08
00-32-2	12,00	22,67	00-35-1	66,40	20,00	00-223-1	10,54	15,42
00-137-3	41,00	22,00	00-56-2	50,60	20,00	00-47-2	82,10	14,08
00-239-5	41,00	22,00	00-112-2	48,90	20,00	00-10-2	55,94	14,08
00-212-2	26,50	22,00	00-14-3	52,30	19,00	00-146-1	49,95	13,09
00-239-3	23,00	22,00	00-105-3	36,90	19,00	00-223-3	20,54	12,42
00-156-5	12,00	21,83	00-112-5	49,90	18,00	00-211-2	60,77	12,09
00-239-4	49,00	21,00	00-209-3	20,00	18,00	00-53-2	38,81	11,08
00-169-3	72,80	20,00	00-223-1	20,00	18,00	00-127-2	34,76	6,46
00-35-1	41,60	20,00	00-146-1	65,20	16,00	00-227-2	24,54	4,42
00-112-2	36,50	20,00	00-95-1	43,60	16,00			
00-56-2	32,00	20,00	00-156-3	32,20	16,00	Média	33,10	26,85
00-239-2	23,00	20,00	00-156-4	24,70	16,00			
00-105-3	24,50	19,00	00-131-1	104,10	15,00			
00-112-5	37,50	18,00	00-32-1	52,30	15,00			
00-209-3	20,00	18,00	00-115-1	39,90	15,00			
00-223-1	20,00	18,00	00-112-3	32,90	15,00			
00-146-1	52,80	16,00	00-223-3	30,00	15,00			
00-156-3	26,00	16,00	00-49-1	56,30	14,00			
00-95-1	25,00	16,00	00-141-2	105,40	13,00			
00-156-4	18,50	16,00	00-211-2	70,20	12,00			
00-131-1	91,70	15,00	00-35-4	68,90	12,00			
00-154-2	42,00	15,00	00-148-3	32,40	10,00			
00-223-3	30,00	15,00	00-115-4	40,90	9,00			
00-32-1	27,50	15,00	00-227-2	34,00	7,00			
00-115-1	27,50	15,00	00-127-2	42,40	5,00			
00-112-3	20,50	15,00	Média	42,19	25,66			
00-49-1	31,50	14,00						
00-141-2	93,00	13,00						
00-211-2	70,20	12,00						
00-35-4	44,10	12,00						
00-148-3	20,00	10,00						
00-115-4	28,50	9,00						
00-244-1	18,50	9,00						
00-227-2	34,00	7,00						
00-127-2	30,00	5,00						
00-224-1	27,50	3,00						
Média	31,32	25,33						

Quadro 14 - Porcentagens de progênies S_1 que originaram pelo menos uma família S_2 superior em qualidade e produção, selecionada com base no índice de Mulamba e Mock, utilizando dados originais (M&M), produção corrigida por regressão e CE original (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Genealogia das famílias S_1	Estratégia de seleção em S_2			
	M&M	M&Mr	M&Me	
Selecionadas com base em CE e avançadas	22	68,18	72,72	77,27
Selecionadas com base CE após substituição	8	50,00	62,50	62,50
Média		63,33	70,00	73,33
Selecionadas com base no índice de Mulamba e Mock e avançadas	23	69,56	69,56	69,56
Selecionadas com base no índice de Mulamba e Mock após substituição	7	57,14	57,14	42,85
Média		66,67	66,67	63,33
Selecionadas com base em produção e avançadas	24	50,00	50,00	58,33
Selecionadas com base em produção após substituição	6	66,66	66,66	33,33
Média		53,33	53,33	53,33
Não selecionadas por nenhum dos critérios anteriores e avançadas	40	37,50	40,00	37,50

Dois fatos se destacaram: a maior parte, 63 a 73% das famílias S_1 superiores em CE, e produção e CE, pelo índice de Mulamba e Mock, originaram pelo menos uma S_2 superior em CE e produção, pelo mesmo índice, independentemente da correção; e uma fração relevante das progênies S_1 não selecionadas por nenhum critério - 37 a 40% - originou pelo menos uma S_2 superior em qualidade e produção, independentemente da correção.

Está evidente, portanto, que a seleção entre progênies S_1 com base em CE e com base no índice de Mulamba e Mock teve boa eficiência. Pelos valores das herdabilidades estimadas por VILARINHO (2001) - 33,6% para produção e 59,7% para CE - não era esperada eficiência de 100%, nem tampouco que de famílias S_1 não selecionadas não pudessem ser obtidas S_2 superiores.

É interessante observar que a substituição de progênies S_1 selecionadas, mas não avançadas, por outras de desempenho pelo menos um pouco inferior reduz a eficiência da seleção. A porcentagem dessas famílias que originaram pelo menos uma S_2 superior em qualidade e produção é sistematicamente inferior aos valores correspondentes ao grupo das selecionadas e avançadas, independentemente da correção. A exceção ocorre no grupo das superiores em produção, pois certamente as famílias substituídas tinham melhor qualidade que as demais substituídas.

Os valores percentuais referentes ao grupo de progênies S_1 superiores quanto à produção não devem ser usados para julgar a eficiência do processo

de seleção direta com base em produção, uma vez que se está considerando seleção das S_2 com base em qualidade e produção.

4.6. Seleção entre e dentro

4.6.1. Predição de ganhos com seleção entre

Com a finalidade de obter famílias S_3 superiores, foram selecionadas 109 progênies, utilizando os dados das parcelas. No caso de seleção direta com base em CE, espera-se ganho em qualidade de 3,76 ml/g e alteração indireta na produção de 59,05 kg/ha (Quadro 15). As alterações nas médias das demais variáveis são irrelevantes. Com o uso do índice, esperam-se ganhos em CE e produção de 3,62 ml/g e 111,96 kg/ha, respectivamente. O ganho em CE equivale a 96,3% do ganho máximo.

Quadro 15 - Ganhos estimados com seleção de 109 famílias S_2 , visando obtenção de famílias S_3 superiores, nos caracteres altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m), proporção de plantas acamadas (PPA), proporção de plantas quebradas (PPQ), índice de prolificidade (IP), peso de cem grãos (PCGu, g), proporção de espigas atacadas por doenças (PEAD), proporção de espigas mal empalhadas (PEME), produção de grãos (PG, kg/ha), capacidade de expansão (CE, ml/g), produção de grãos corrigida por regressão (PGr_2), produção de grãos corrigida por estrato (PGe) e capacidade de expansão corrigida por estrato (CEe), em relação às estratégias seleção direta para CE (SDCE) e para CE corrigida por estrato (SDCEe) e seleção com base no índice de Mulamba e Mock, com CE e produção originais (M&M), com produção corrigida por regressão e CE original (M&Mr) e com CE e produção corrigidas por estrato (M&Me)

Característica	Estratégia de seleção				
	SDCE	SDCEe	M&M	M&Mr	M&Me
AP	-0,0238	-0,0194	-0,0118	-0,0053	-0,0085
AE	-0,0195	-0,0052	-0,0086	-0,0031	0,0007
PPA	0,0043	0,0055	0,0035	0,0039	0,0040
PPQ	-0,0025	0,0003	-0,0039	-0,0020	0,0004
IP	0,0311	0,0202	0,0500	0,0462	0,0347
PCGu	-0,0003	-0,0047	0,0009	0,0018	0,0011
PEAD	-0,0265	-0,0014	-0,0254	-0,0223	-0,0098
PEME	-0,0087	0,0015	-0,0090	-0,0058	-0,0035
PG	59,0591	-	111,9616	-	-
CE	3,7675	-	3,6289	3,5275	-
PGr_2	-	-	-	173,8524	-
PGe	-	90,9211	-	-	181,3852
CEe	-	3,9353	-	-	3,8329

O uso do índice com produção corrigida pela regressão proporcionou ganho esperado em CE de 3,52 ml/g e alteração na produção de 173,85 kg/ha. As alterações indiretas nas demais variáveis são desprezíveis. O ganho em CE equivale a 93,6% do ganho máximo.

No caso de seleção direta com base em CE corrigida por estrato, espera-se ganho em qualidade de 3,93 ml/g e alteração indireta na produção de 90,92 kg/ha, sendo as alterações nas médias das demais características de baixa magnitude. Com o uso do índice, esperam-se ganhos em CE e produção de 3,83 ml/g e 181,38 kg/ha, respectivamente. O ganho em CE corresponde a 97,4% do ganho máximo.

Como o índice de Mulamba e Mock proporciona, independentemente do processo de correção, praticamente o máximo de ganho em qualidade, associado ao maior ganho em produção, continua sendo estratégia superior à seleção direta com base em CE. Para julgar a eficiência dos processos de correção é necessário expressar os ganhos em porcentagem. Os ganhos em produção e CE com seleção direta em CE original são de $(59,05/1452,9) \times 100 = 4,1\%$ e $(3,76/19,1) \times 100 = 19,7\%$. Com o uso do índice, o ganho estimado em produção é de $(111,96/1452,9) \times 100 = 7,7\%$ e de $(3,62/19,1) \times 100 = 18,9\%$ em CE. Os ganhos esperados com os dados corrigidos por estrato e com seleção direta em CE são de $(90,92/1510,45) \times 100 = 6\%$ e $(3,93/19,71) \times 100 = 19,9\%$, em produção e CE, respectivamente. Com o uso do índice, os ganhos esperados são de $(181,38/1510,45) \times 100 = 12\%$ e $(3,83/19,71) \times 100 = 19,4\%$. Os ganhos estimados com o uso do índice com dados corrigidos pela regressão são de $(173,85/2075,61) \times 100 = 8,4\%$ e $(3,52/19,1) \times 100 = 18,4\%$, em produção e CE, respectivamente. Portanto, novamente não se verificou clara eficiência de correção dos dados.

4.6.2. Estimativas de parâmetros genéticos, usando os dados das plantas autofecundadas

Os dados de peso de grãos analisados são das espigas autofecundadas nas plantas de melhor desenvolvimento nas famílias. Como, em geral, as plantas não eram prolíficas ($IP = 0,92$), eles correspondem, aproximadamente, às produções das plantas autofecundadas. As estimativas das variâncias

fenotípicas, genotípicas e residuais entre famílias (Quadro 16) não são muito diferentes das obtidas pela análise dos dados de todos os indivíduos nas famílias (Quadros 8 e 9). Com exceção da variância residual da produção corrigida pela regressão, a relação entre a maior e a menor estimativa variou de 1,45 a 3,1. Em relação à capacidade de expansão, as estimativas das variâncias fenotípica e genotípica entre são mais próximas, sendo as relações mínima e máxima de 1,0 e 1,3. A relação para a variância residual é de 6,5.

Observa-se, para produção, que as variâncias genotípicas entre são maiores que as variâncias genotípicas dentro. Essa superioridade é sempre esperada, independentemente das frequências gênicas e do grau de dominância. O mesmo não se verifica quanto à CE, uma vez que a relação entre as variâncias é de aproximadamente 1,0.

Os valores estimados de herdabilidade em nível de planta dentro de família (Quadro 17) indicam que a seleção dentro com base em CE, corrigida ou não, ou com base em índice, com produção original ou corrigida e CE original ou corrigida, deve ter alta eficiência.

Em razão de os dados de produção e CE das plantas do IAC 112 não terem sido tomados nos mesmos indivíduos, só foi possível estimar as correlações fenotípicas dentro de progênie (Quadro 18).

Como os valores de herdabilidade de CE e CEe são próximos de 1 (0,97), as correlações fenotípicas são menores que as genotípicas, mas certamente as genotípicas têm o mesmo sinal. São, portanto, positivas. Por terem magnitudes reduzidas, as correlações entre valores fenotípicos de plantas dentro de famílias permitem inferir que a alteração indireta na produção, em razão de seleção direta em CE, deve ser reduzida. A seleção com base em índice deve permitir ganhos nos dois caracteres.

4.6.3. Predição de ganhos com seleção entre e dentro

Em relação aos dados não corrigidos, das 109 famílias obtidas por seleção entre, 87 foram avançadas e propiciaram 232 plantas S_2 autofecundadas. Para selecionar 109 plantas, algumas famílias contribuíram com mais de uma planta. A proporção de plantas selecionadas foi de 46,9%.

Quadro 16 - Estimativas das variâncias fenotípicas ($\hat{\sigma}_P^2$), genotípicas ($\hat{\sigma}_G^2$) e residual ($\hat{\sigma}_E^2, \hat{\sigma}^2$ e $\hat{\sigma}_w^2$) total, entre e dentro de famílias, em relação à produção de grãos (kg/ha) e CE (ml/g) das plantas autofecundadas, obtidas com dados originais (PG e CE), corrigidos pela regressão (PGr₂) e corrigidos por estrato (PGe e CEe)

Variável	$\hat{\sigma}_P^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_E^2$	$\hat{\sigma}_{PbF}^2$	$\hat{\sigma}_{GbF}^2$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\sigma}_{PwF}^2$	$\hat{\sigma}_{GwF}^2$	$\hat{\sigma}_w^2$
PG	1241186,5864	924240,4610	316946,1254	809764,2890	733785,5521	75978,7369	738946,0296	464175,3446	274770,6850
CE	76,9952	72,7877	4,2075	54,7143	52,4153	2,2990	55,8925	53,9835	1,9090
PGr ₂	1559026,2592	906327,9349	652698,3242	1183662,3001	721626,1871	462036,1130	738946,0296	464175,3446	274770,6850
PGe	1495081,8714	1178135,7461	316946,1254	1011425,3326	935446,5957	75978,7369	738946,0296	464175,3446	274770,6850
CEe	86,4365	82,2290	4,2075	58,4045	56,1055	2,2990	55,8925	53,9835	1,9090

Quadro 17 - Estimativas das herdabilidades em nível de indivíduo dentro de família S₂, em relação aos caracteres produção (PG), capacidade de expansão (CE), produção corrigida pela regressão (PGr₂) e por estrato (PGe) e CE corrigida por estrato (CEe)

Característica	h ² (%)
PG	62,82
CE	96,58
PGr ₂	62,82
PGe	62,82
CEe	96,58

Quadro 18 - Estimativas das correlações fenotípicas em nível de planta dentro de progênie, em relação aos caracteres produção (PG), capacidade de expansão (CE), produção corrigida pela regressão (PGr₂) e por estrato (PGe) e CE corrigida por estrato. (CEe)

Variáveis	Correlação
PG, CE	0,1275
PGr ₂ , CE	0,1275
PGe, CEe	0,1275

Das famílias selecionadas com base em CE e produção corrigida pela regressão, apenas 84 foram avançadas, com um total de 220 plantas S₂. A proporção de selecionadas foi de 49,5%.

Em relação às famílias selecionadas com base em CE e produção corrigidas por estrato, apenas 82 foram avançadas, perfazendo 212 plantas S₂. A proporção de selecionadas foi de 51,4%.

Os ganhos estimados com seleção entre e dentro estão apresentados no Quadro 19. Com seleção direta com base em CE, espera-se ganho em produção de 17,05 kg/ha e ganho em qualidade de 7,84 ml/g. Com o uso do índice, esperam-se ganhos em produção e CE de 191,32 kg/ha e 7,98 ml/g, respectivamente. Ao usar o índice com produção corrigida pela regressão, os ganhos esperados são de 183,4627 kg/ha e 8,11 ml/g. Após correção por estrato, os ganhos esperados com seleção direta para CE são de 20,73 kg/ha em produção e 8,50 ml/g em qualidade. O índice propiciou ganhos de 213,63 kg/ha em produção e 8,21 ml/g em CE.

Quadro 19 - Ganhos estimados com seleção entre e dentro de famílias S_2 , visando obtenção de famílias S_3 superiores, em relação aos caracteres produção (PG, kg/ha), capacidade de expansão (CE, ml/g), produção corrigida pela regressão (PG_{r2}), produção corrigida por estrato (PGe) e CE corrigida por estrato (CEe), nas estratégias seleção direta para capacidade de expansão (SDCE) e para CE corrigida por estrato (SDCEe) e seleção com base no índice de Mulamba e Mock, com CE e produção originais (M&M), com produção corrigida pela regressão e CE original (M&Mr) e com produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Estratégia de seleção	Ganho	
	PG	CE
SDCE	17,0556	7,84
M&M	191,3273	7,98
M&Mr	183,4627	8,11
SDCEe	20,7339	8,50
M&Me	213,6374	8,21

Os resultados esperados com seleção entre (Quadro 15) mostraram que a seleção direta em capacidade de expansão e o uso do índice de Mulamba e Mock devem promover melhorias na qualidade. O mesmo pode ser dito em relação aos ganhos estimados em qualidade na seleção dentro. Entretanto, os ganhos estimados em produção na seleção dentro com base em seleção direta para CE foram negativos. Resultados positivos e de melhor magnitude foram estimados com base em índice.

Na comparação dos ganhos estimados com seleção entre versus seleção dentro, observa-se, que na seleção direta com base em CE, 48,1% do ganho estimado em qualidade se deve à seleção entre e 51,9% à seleção dentro. O ganho predito em produção foi negativo na seleção dentro (-42 kg/ha). Do ganho em qualidade com seleção direta com base em CEe, 45,9% se deve à seleção entre e 54,1% à seleção dentro. O ganho em produção foi também negativo (- 70,2 kg/ha).

Com seleção com base no índice de Mulamba e Mock, usando produção e CE, o ganho em qualidade foi de 45,5% devido à seleção entre e 54,5% atribuível à seleção dentro. Os valores para produção são de 58,5 e 41,5%, respectivamente.

Na seleção com o uso do índice com produção corrigida por regressão e CE, 43,5% do ganho em qualidade se deve à seleção entre e 56,5% à seleção dentro. Do ganho em produção, 94,8% é devido à seleção entre e 5,2% à seleção dentro.

Dos ganhos estimados em qualidade com o uso do índice com produção e CE corrigidas por estrato, 46,7% se devem à seleção entre e 53,3% à seleção dentro. Os valores para produção são, respectivamente, de 84,9 e 15,1%.

Mais uma vez o uso do índice mostrou-se superior à seleção direta para CE, independentemente da estratégia de correção. Os ganhos estimados em qualidade com o uso do índice são equivalentes aos esperados na seleção direta, e os ganhos em produção foram sempre superiores.

Os ganhos esperados com o emprego de CE e produção corrigidas por estrato são numericamente superiores aos ganhos preditos com o uso dos dados não corrigidos e corrigidos pela regressão. A exemplo de seleção entre, para avaliação dos processos de correção dos dados é necessário computar os ganhos em relação a um referencial comum: a média da geração S_2 . Os ganhos em produção e CE com seleção direta em CE são de $(17,05/1452,9) \times 100 = 1,2\%$ e $(7,84/19,10) \times 100 = 41\%$. Os ganhos esperados com o uso do índice são de $(191,3/1452,9) \times 100 = 13,2\%$ e $(7,98/19,1) \times 100 = 41,7\%$. Os valores estimados em relação aos dados de produção corrigida pela regressão, com o uso do índice, são de $(183,46/2075,61) \times 100 = 8,8\%$ e $(8,1/19,1) \times 100 = 42,4\%$, em produção e CE, respectivamente. Os valores computados em relação aos dados corrigidos por estrato, com base em seleção direta para CE, são de $(20,73/1510,45) \times 100 = 1,4\%$ e $(8,5/19,71) \times 100 = 43,1\%$, em produção e CE, respectivamente. Com o uso do índice, são de $(213,64/1510,45) \times 100 = 14,1\%$ e $(8,21/19,71) \times 100 = 41,6\%$. Os resultados acima se mostraram similares, independentemente da estratégia de correção, permitindo concluir que não há clara superioridade das estratégias de correção.

As plantas superiores com seleção entre e dentro, usando o índice de Mulamba e Mock, estão apresentadas no Quadro 20.

4.7. Seleção massal

Na seleção individual, 30% das 361 plantas S_2 foram selecionadas, o que equivale a 109 plantas.

Quadro 20 - Origem das 109 plantas S₂ selecionadas com seleção entre e dentro, utilizando índice de Mulamba e Mock com produção (PG) e CE (M&M), com produção corrigida pela regressão (PGr₂) e CE (M&Mr) e com produção e CE corrigidas por estrato (PGe e CEe) (M&Me), e seus respectivos valores de peso de grãos da espiga autofecundada e CE

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-138-2	23,50	41,00	00-138-2	35,90	41,00	00-26-4	84,45	42,08
00-224-5	101,00	40,00	00-224-5	101,00	40,00	00-131-3	62,82	39,95
00-105-2	23,50	39,00	00-105-2	35,90	39,00	00-99-1	40,64	38,70
00-223-2	8,00	38,33	00-223-2	8,00	38,33	00-105-2	21,16	38,09
00-131-3	57,00	38,00	00-131-3	69,40	38,00	00-208-1	25,58	37,68
00-76-3	35,00	38,00	00-76-3	53,60	38,00	00-224-5	91,54	37,42
00-212-4	93,00	37,00	00-26-4	98,80	37,00	00-138-2	15,58	37,35
00-26-4	74,00	37,00	00-212-4	93,00	37,00	00-129-1	63,77	37,32
00-208-1	35,00	37,00	00-208-1	35,00	37,00	00-42-2	70,79	37,08
00-209-1	11,20	36,67	00-209-1	11,20	36,67	00-8-1	37,94	37,08
00-224-4	79,00	36,00	00-224-4	79,00	36,00	00-209-1	1,77	37,05
00-99-1	35,00	36,00	00-99-1	53,60	36,00	00-67-1	59,98	37,02
00-211-1	58,00	35,00	00-67-1	69,60	35,00	00-212-4	83,57	36,79
00-129-1	57,00	35,00	00-129-1	69,40	35,00	00-206-1	15,58	36,27
00-67-1	51,00	35,00	00-76-2	66,60	35,00	00-47-1	67,60	36,08
00-76-2	48,00	35,00	00-211-1	58,00	35,00	00-223-2	-1,46	35,75
00-231-1	27,00	35,00	00-231-1	27,00	35,00	00-211-1	48,57	35,09
00-206-1	25,00	35,00	00-206-1	25,00	35,00	00-59-1	34,13	35,08
00-169-1	66,00	34,00	00-169-1	72,20	34,00	00-48-1	25,30	35,08
00-212-3	33,50	34,00	00-212-3	33,50	34,00	00-38-3	62,48	34,08
00-228-2	16,50	34,00	00-228-2	16,50	34,00	00-89-2	45,59	33,99
00-228-1	13,00	34,00	00-228-1	13,00	34,00	00-128-3	81,26	33,89
00-231-2	10,50	34,00	00-231-2	10,50	34,00	00-212-3	24,07	33,79
00-227-1	16,00	33,50	00-227-1	16,00	33,50	00-92-1	42,55	33,53
00-128-3	75,50	32,00	00-128-3	87,90	32,00	00-224-4	69,54	33,42
00-42-2	57,50	32,00	00-42-2	82,30	32,00	00-99-2	14,64	32,70
00-106-2	40,00	32,00	00-76-1	57,60	32,00	00-231-1	17,54	32,42
00-76-1	39,00	32,00	00-89-2	54,80	32,00	00-35-3	59,77	32,08
00-89-2	36,20	32,00	00-8-1	53,30	32,00	00-44-1	58,70	32,08
00-135-1	31,00	32,00	00-106-2	52,40	32,00	00-207-2	9,58	31,97
00-8-1	28,50	32,00	00-135-1	43,40	32,00	00-207-3	9,58	31,97
00-156-2	26,00	32,00	00-117-3	33,40	32,00	00-207-1	3,08	31,97
00-117-3	21,00	32,00	00-156-2	32,20	32,00	00-56-1	27,52	31,75
00-109-3	56,00	31,00	00-47-1	78,30	31,00	00-169-1	59,16	31,53
00-47-1	53,50	31,00	00-109-3	68,40	31,00	00-127-1	32,76	31,46
00-179-1	40,00	31,00	00-92-1	52,60	31,00	00-228-2	7,04	31,42
00-92-1	34,00	31,00	00-179-1	46,20	31,00	00-228-1	3,54	31,42
00-138-1	32,00	31,00	00-138-1	44,40	31,00	00-231-2	1,04	31,42
00-207-2	19,00	31,00	00-207-2	19,00	31,00	00-9-1	70,44	31,08
00-207-3	19,00	31,00	00-207-3	19,00	31,00	00-5-4	60,94	31,08
00-207-1	12,50	31,00	00-207-1	12,50	31,00	00-227-1	6,54	30,92
00-142-2	56,00	30,00	00-142-2	68,40	30,00	00-156-2	27,81	30,79
00-169-2	51,00	30,00	00-84-3	63,70	30,00	00-135-1	28,97	30,75
00-84-3	45,10	30,00	00-169-2	57,20	30,00	00-86-1	28,10	30,68
00-135-2	42,00	30,00	00-135-2	54,40	30,00	00-209-2	28,57	30,38
00-220-1	40,90	30,00	00-211-4	40,60	30,00	00-211-4	31,17	30,09
00-211-4	40,60	30,00	00-86-1	40,60	30,00	00-49-2	60,21	30,08
00-209-2	38,00	30,00	00-127-1	40,40	30,00	00-35-2	45,37	30,08
00-127-1	28,00	30,00	00-209-2	38,00	30,00	00-104-1	10,56	29,82
00-86-1	22,00	30,00	00-59-1	36,60	30,00	00-84-3	49,01	29,82
00-59-1	18,00	30,00	00-48-1	35,80	30,00	00-211-5	20,87	29,09
00-104-1	11,50	30,00	00-99-2	27,60	30,00	00-196-1	11,48	28,86

Continua...

Quadro 20, Cont.

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-48-1	11,00	30,00	00-104-1	23,90	30,00	00-135-2	39,97	28,75
00-38-3	50,00	29,00	00-38-3	74,80	29,00	00-199-3	4,89	28,46
00-211-5	30,30	29,00	00-82-1	37,60	29,00	00-26-1	49,45	28,08
00-196-1	20,00	29,00	00-82-2	30,60	29,00	00-58-1	46,12	28,08
00-82-1	19,00	29,00	00-211-5	30,30	29,00	00-82-1	20,71	27,95
00-141-1	89,00	28,00	00-196-1	26,20	29,00	00-38-2	30,98	27,75
00-137-2	63,40	28,00	00-141-1	101,40	28,00	00-32-3	30,47	27,75
00-116-1	54,50	28,00	00-137-2	75,80	28,00	00-32-4	26,47	27,75
00-137-1	52,60	28,00	00-116-1	66,90	28,00	00-38-1	23,48	27,75
00-109-2	44,50	28,00	00-137-1	65,00	28,00	00-32-2	23,47	27,75
00-156-1	43,20	28,00	00-109-2	56,90	28,00	00-205-3	4,09	27,57
00-148-2	32,00	28,00	00-156-1	49,40	28,00	00-169-2	44,16	27,53
00-107-1	29,00	28,00	00-148-2	44,40	28,00	00-138-1	24,08	27,35
00-83-1	68,00	27,00	00-107-1	41,40	28,00	00-109-3	48,04	27,15
00-35-3	47,70	27,00	00-83-1	86,60	27,00	00-131-2	71,32	26,95
00-135-3	47,50	27,00	00-35-3	72,50	27,00	00-195-4	1,77	26,90
00-223-4	38,00	27,00	00-135-3	59,90	27,00	00-156-1	45,01	26,79
00-163-1	37,00	27,00	00-163-1	43,20	27,00	00-53-1	31,61	26,75
00-179-2	32,00	27,00	00-146-2	40,90	27,00	00-14-1	20,64	26,75
00-158-2	31,00	27,00	00-112-4	39,40	27,00	00-83-1	70,81	26,38
00-146-2	28,50	27,00	00-179-2	38,20	27,00	00-208-2	4,58	26,35
00-112-4	27,00	27,00	00-223-4	38,00	27,00	00-148-2	33,65	26,25
00-152-1	22,00	27,00	00-158-2	37,20	27,00	00-152-1	26,70	26,21
00-199-3	14,00	26,67	00-152-1	28,20	27,00	00-12-3	29,94	26,08
00-56-1	12,00	26,67	00-56-1	30,60	26,67	00-54-1	27,82	26,08
00-9-1	61,00	26,00	00-199-3	20,20	26,67	00-142-2	48,66	25,92
00-5-4	51,50	26,00	00-9-1	85,80	26,00	00-135-3	45,47	25,75
00-195-1	33,00	26,00	00-5-4	76,30	26,00	00-158-2	31,37	25,58
00-109-1	32,00	26,00	00-109-1	44,40	26,00	00-116-1	50,18	25,58
00-205-3	13,50	26,00	00-195-1	39,20	26,00	00-202-1	7,29	25,49
00-131-2	65,50	25,00	00-205-3	13,50	26,00	00-163-1	34,49	25,16
00-49-2	45,70	25,00	00-131-2	77,90	25,00	00-137-2	57,45	25,15
00-239-1	38,00	24,00	00-49-2	70,50	25,00	00-137-1	46,65	25,15
00-161-3	19,00	24,00	00-35-2	58,10	25,00	00-35-1	53,67	25,08
00-244-2	13,00	23,67	00-239-1	38,00	24,00	00-39-2	42,68	25,08
00-202-1	16,70	23,33	00-161-3	25,20	24,00	00-127-3	66,76	24,46
00-115-2	19,50	23,17	00-244-2	13,00	23,67	00-146-2	25,65	24,09
00-58-1	30,20	23,00	00-202-1	16,70	23,33	00-91-4	20,72	23,91
00-154-1	10,00	22,83	00-115-2	31,90	23,17	00-141-1	79,41	23,33
00-32-3	19,00	22,67	00-58-1	48,80	23,00	00-112-4	19,66	23,28
00-53-1	16,50	21,67	00-154-1	16,20	22,83	00-201-2	6,60	23,12
00-14-1	11,20	21,67	00-32-3	43,80	22,67	00-31-2	81,26	23,08
00-91-4	11,20	21,43	00-14-1	36,00	21,67	00-10-1	22,44	23,08
00-245-2	29,00	21,00	00-53-1	35,10	21,67	00-161-3	17,93	22,37
00-54-1	12,50	21,00	00-91-4	29,80	21,43	00-154-1	13,26	21,83
00-232-1	16,60	20,67	00-54-1	31,10	21,00	00-239-1	28,54	21,42
00-201-2	16,00	20,67	00-245-2	29,00	21,00	00-198-1	0,19	21,18
00-198-1	9,00	20,36	00-121-2	20,90	20,67	00-244-2	3,54	21,09
00-111-3	7,40	20,33	00-198-1	15,20	20,36	00-126-2	12,25	21,03
00-229-3	40,00	20,00	00-111-1	19,80	20,33	00-84-1	52,91	20,82
00-213-1	29,00	20,00	00-229-3	40,00	20,00	00-115-2	14,17	20,31
00-157-1	16,00	20,00	00-157-1	22,20	20,00	00-36-1	23,78	18,83
00-126-2	8,50	20,00	00-126-2	20,90	20,00	00-95-1	31,61	18,64
00-193-1	31,00	16,00	00-95-1	43,60	16,00	00-25-4	46,95	17,08
00-95-1	25,00	16,00	00-193-1	37,20	16,00	00-193-1	23,36	12,97
00-10-4	118,00	11,00	00-10-4	142,80	11,00	00-93-1	32,58	10,59
00-103-1	27,50	7,00	00-103-1	39,90	7,00	00-103-1	27,96	7,55
Média	35,28	28,55	Média	46,01	28,68	Média	34,94	28,68

Os valores de herdabilidades em nível de planta S₂ (Quadro 21) indicam que a seleção massal com base em CE, corrigida ou não, ou com base em índice, com produção original ou corrigida e CE original ou corrigida, deve ter alta eficiência, comparável à seleção dentro de progênies.

Quadro 21 - Estimativas de herdabilidade em nível de planta S₂, em relação à produção de grãos (kg/ha) e CE (ml/g) das plantas autofecundadas, obtidas com dados originais (PG e CE), corrigidos pela regressão (PGr₂) e por estrato (PGe e CEe)

Variável	h ² (%)
PG	74,46
CE	94,53
PGr ₂	58,13
PGe	78,80
CEe	95,13

Como os valores de herdabilidade de CE e CEe são próximos de 1 (0,95), as correlações entre valores fenotípicos de planta S₂ (Quadro 22) são menores que as genotípicas, mas certamente as genotípicas têm o mesmo sinal. São, portanto, positivas.

Quadro 22 - Correlações fenotípicas em nível de planta S₂, em relação à produção de grãos (kg/ha) e CE (ml/g) das plantas autofecundadas, obtidas com dados originais (PG e CE), corrigidos pela regressão (PGr₂) e por estrato (PGe e CEe)

Variável	Correlação fenotípica
PG, CE	0,1657
PGr ₂ , CE	0,1166
PGe, CEe	0,2103

Embora de reduzidas magnitudes, esperam-se ganhos indiretos positivos em produção, com seleção direta em CE e CEe, e ganhos em qualidade e produção com o uso do índice, com ou sem correção. Verifica-se que as correlações em nível de planta S₂ são baixas, mostrando que, embora de magnitudes reduzidas, as correlações fenotípicas indicam que as plantas de melhor

qualidade não estão entre as de menor peso de grãos da espiga autofecundada. Assumindo que as correlações residuais entre produção e CE são desprezíveis, como verificado na análise dos dados das parcelas, esperam-se ganhos em produção e qualidade com seleção direta para CE ou com seleção utilizando o índice.

4.7.1. Predição de ganhos

Os ganhos apresentados no Quadro 23 são os esperados com seleção de 109 plantas S_2 , com base em seleção direta para CE e índice de Mulamba e Mock, utilizando dados originais e corrigidos.

Em caso de seleção direta com base em CE, espera-se ganho de 9,69 ml/g e alteração indireta na produção de 256,9145 kg/ha. Com o uso do índice, esperam-se ganhos em CE e produção de 9,31 ml/g e 457,1386 kg/ha, respectivamente, indicando a sua superioridade, uma vez que o ganho esperado em qualidade corresponde a 96,1% do ganho máximo e o ganho predito em produção é 77,9% maior.

Quadro 23 - Ganhos preditos com seleção massal, referentes à seleção direta com base em CE (SDCE) e CE corrigida por estrato (CEe), seleção com base no índice de Mulamba e Mock, seleção usando índice com a produção e CE originais (PG e CE) (M&M), produção corrigida pela regressão e CE (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Estratégia	PG	CE
SDCE	256,9145	9,6942
M&M	457,1386	9,3125
M&Mr	351,1782	9,3877
SDCE	206,8257	10,1026
M&Me	505,5862	9,7237

Os ganhos preditos com o uso do índice com produção corrigida pela regressão são de 9,38 ml/g em CE e 351,1718 kg/ha em produção. O ganho estimado em CE equivale a 96,8% do ganho obtido com seleção direta para CE.

Utilizando os dados corrigidos por estrato, os ganhos esperados com seleção direta em CE são de 10,10 ml/g e 206,8257 kg/ha, em CE e produção, respectivamente. Com o uso do índice, é esperado aumento em qualidade de 9,72 ml/g e acréscimo de 505,5862 kg/ha em produção. O ganho em qualidade é equivalente a 96,2% do ganho máximo.

Como o emprego do índice de Mulamba e Mock proporciona, independentemente do processo de correção, praticamente o máximo de ganho em qualidade e maior ganho em produção, continua sendo uma estratégia superior à seleção direta com base em CE. Para julgar a eficiência dos processos de correção é necessário expressar os ganhos de modo adimensional. Nesse caso, os ganhos esperados em relação aos dados não corrigidos e com seleção direta em CE são de $(256,9145/1452,90) \times 100 = 17,6\%$ e $(9,69/19,10) \times 100 = 50,7\%$, em produção e CE, respectivamente. Empregando índice, são esperados ganhos de $(457,1386/1452,90) \times 100 = 31,5\%$ e $(9,31/19,10) \times 100 = 48,7\%$, em relação a produção e CE, respectivamente. Após correção por estrato, os ganhos são, respectivamente, de $(206,8257/1510,4537) \times 100 = 13,7\%$ e $(10,10/19,71) \times 100 = 51,2\%$, com seleção direta em CE, e de $(505,5862/1510,4537) \times 100 = 33,5\%$ e $(9,72/19,71) \times 100 = 49,3\%$, com o uso do índice. Utilizando produção corrigida por regressão, esperam-se, com seleção direta para CE, ganhos de, respectivamente, $(192,2201/2075,6138) \times 100 = 9,5\%$ e $(9,69/19,10) \times 100 = 50,7\%$. Os ganhos esperados com o uso do índice são de $(351,1782/2075,6138) \times 100 = 16,9\%$ e $(9,38/19,10) \times 100 = 49,1\%$. Portanto, não há evidência de superioridade das estratégias de correção empregadas.

As plantas selecionadas com seleção massal estão relacionadas no Quadro 24, com as respectivas médias de produção e capacidade de expansão.

4.8. Seleção combinada

Como na seleção entre e dentro e na seleção massal, foram selecionadas 109 plantas S₂.

Quadro 24 - Origem das 109 plantas S₂ selecionadas com seleção massal, utilizando o índice de Mulamba e Mock baseado em produção (PG) e CE (M&M), produção corrigida pela regressão (PGr₂) e CE (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (Pge, Cee) (M&Me), e seus respectivos valores de peso de grãos da espiga autofecundada e CE

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	Pge	Cee
00-138-2	23,50	41,00	00-138-2	35,90	41,00	00-26-4	84,45	42,08
00-224-5	101,00	40,00	00-224-5	101,00	40,00	00-131-3	62,82	39,95
00-105-2	23,50	39,00	00-105-2	35,90	39,00	00-99-1	40,64	38,70
00-223-2	8,00	38,33	00-223-2	8,00	38,33	00-105-2	21,16	38,09
00-131-3	57,00	38,00	00-131-3	69,40	38,00	00-208-1	25,58	37,68
00-76-3	35,00	38,00	00-76-3	53,60	38,00	00-224-5	91,54	37,42
00-147-1	27,00	38,00	00-147-1	39,40	38,00	00-138-2	15,58	37,35
00-212-4	93,00	37,00	00-26-4	98,80	37,00	00-129-1	63,77	37,32
00-26-4	74,00	37,00	00-212-4	93,00	37,00	00-42-2	70,79	37,08
00-208-1	35,00	37,00	00-208-1	35,00	37,00	00-8-1	37,94	37,08
00-209-1	11,20	36,67	00-209-1	11,20	36,67	00-209-1	1,77	37,05
00-224-4	79,00	36,00	00-224-4	79,00	36,00	00-67-1	59,98	37,02
00-90-1	35,00	36,00	00-99-1	53,60	36,00	00-76-3	36,62	36,96
00-211-1	58,00	35,00	00-67-1	69,60	35,00	00-212-4	83,57	36,79
00-129-1	57,00	35,00	00-129-1	69,40	35,00	00-206-1	15,58	36,27
00-67-1	51,00	35,00	00-76-2	66,60	35,00	00-47-1	67,60	36,08
00-76-2	48,00	35,00	00-211-1	58,00	35,00	00-223-2	-1,46	35,75
00-231-1	27,00	35,00	00-231-1	27,00	35,00	00-147-1	26,40	35,67
00-206-1	25,00	35,00	00-206-1	25,00	35,00	00-211-1	48,57	35,09
00-169-1	66,00	34,00	00-169-1	72,20	34,00	00-59-1	34,13	35,08
00-212-3	33,50	34,00	00-212-3	33,50	34,00	00-48-1	25,30	35,08
00-228-2	16,50	34,00	00-228-2	16,50	34,00	00-62-1	29,83	34,21
00-228-1	13,00	34,00	00-228-1	13,00	34,00	00-38-3	62,48	34,08
00-231-2	10,50	34,00	00-231-2	10,50	34,00	00-22-1	48,14	34,08
00-227-1	16,00	33,50	00-227-1	16,00	33,50	00-89-2	45,59	33,99
00-168-2	105,80	33,00	00-168-2	112,00	33,00	00-76-2	49,62	33,96
00-136-1	21,50	33,00	00-136-1	33,90	33,00	00-128-3	81,26	33,89
00-118-2	85,00	32,00	00-118-2	97,40	32,00	00-212-3	24,07	33,79
00-128-3	75,50	32,00	00-128-3	87,90	32,00	00-92-1	42,55	33,53
00-42-2	57,50	32,00	00-42-2	82,30	32,00	00-224-4	69,54	33,42
00-106-2	40,00	32,00	00-76-1	57,60	32,00	00-99-2	14,64	32,70
00-76-1	39,00	32,00	00-89-2	54,80	32,00	00-231-1	17,54	32,42
00-89-2	36,20	32,00	00-8-1	53,30	32,00	00-35-3	59,77	32,08
00-135-1	31,00	32,00	00-106-2	52,40	32,00	00-44-1	58,70	32,08
00-8-1	28,50	32,00	00-135-1	43,40	32,00	00-207-2	9,58	31,97
00-156-2	26,00	32,00	00-117-3	33,40	32,00	00-207-3	9,58	31,97
00-117-3	21,00	32,00	00-156-2	32,20	32,00	00-207-1	3,08	31,97
00-109-3	56,00	31,00	00-47-1	78,30	31,00	00-56-1	27,52	31,75
00-47-1	53,50	31,00	00-109-3	68,40	31,00	00-169-1	59,16	31,53
00-179-1	40,00	31,00	00-92-1	52,60	31,00	00-127-1	32,76	31,46
00-92-1	34,00	31,00	00-179-1	46,20	31,00	00-228-2	7,04	31,42
00-138-1	32,00	31,00	00-138-1	44,40	31,00	00-228-1	3,54	31,42
00-207-2	19,00	31,00	00-207-2	19,00	31,00	00-231-2	1,04	31,42
00-207-3	19,00	31,00	00-207-3	19,00	31,00	00-9-1	70,44	31,08
00-207-1	12,50	31,00	00-207-1	12,50	31,00	00-5-4	60,94	31,08
00-230-1	73,50	30,00	00-230-1	73,50	30,00	00-76-1	40,62	30,96
00-142-2	56,00	30,00	00-142-2	68,40	30,00	00-136-1	17,51	30,95
00-169-2	51,00	30,00	00-84-3	63,70	30,00	00-227-1	6,54	30,92
00-84-3	45,10	30,00	00-169-2	57,20	30,00	00-156-2	27,81	30,79
00-135-2	42,00	30,00	00-135-2	54,40	30,00	00-135-1	28,97	30,75
00-220-1	40,90	30,00	00-220-1	40,90	30,00	00-86-1	28,10	30,68

Continua...

Quadro 24, Cont.

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-211-4	40,60	30,00	00-211-4	40,60	30,00	00-168-2	99,68	30,63
00-209-2	38,00	30,00	00-86-1	40,60	30,00	00-118-2	82,70	30,44
00-127-1	28,00	30,00	00-127-1	40,40	30,00	00-209-2	28,57	30,38
00-86-1	22,00	30,00	00-209-2	38,00	30,00	00-106-2	36,25	30,35
00-59-1	18,00	30,00	00-59-1	36,60	30,00	00-211-4	31,17	30,09
00-62-1	15,60	30,00	00-48-1	35,80	30,00	00-49-2	60,21	30,08
00-104-1	11,50	30,00	00-62-1	34,20	30,00	00-35-2	45,37	30,08
00-48-1	11,00	30,00	00-99-2	27,60	30,00	00-117-3	17,69	30,01
00-99-2	9,00	30,00	00-104-1	23,90	30,00	00-104-1	10,56	29,82
00-38-3	50,00	29,00	00-104-2	14,90	30,00	00-84-3	49,01	29,82
00-22-1	38,50	29,00	00-38-3	74,80	29,00	00-211-5	20,87	29,09
00-211-5	30,30	29,00	00-22-1	63,30	29,00	00-196-1	11,48	28,86
00-196-1	20,00	29,00	00-82-1	37,60	29,00	00-135-2	39,97	28,75
00-82-1	19,00	29,00	00-82-2	30,60	29,00	00-26-1	49,45	28,08
00-82-2	12,00	29,00	00-211-5	30,30	29,00	00-58-1	46,12	28,08
00-141-1	89,00	28,00	00-196-1	26,20	29,00	00-46-1	38,00	28,08
00-137-2	63,40	28,00	00-141-1	101,40	28,00	00-82-1	20,71	27,95
00-116-1	54,50	28,00	00-137-2	75,80	28,00	00-82-2	13,71	27,95
00-137-1	52,60	28,00	00-116-1	66,90	28,00	00-38-2	30,98	27,75
00-176-1	49,00	28,00	00-137-1	65,00	28,00	00-32-3	30,47	27,75
00-109-2	44,50	28,00	00-109-2	56,90	28,00	00-32-4	26,47	27,75
00-156-1	43,20	28,00	00-176-1	55,20	28,00	00-38-1	23,48	27,75
00-148-2	32,00	28,00	00-156-1	49,40	28,00	00-32-2	23,47	27,75
00-107-1	29,00	28,00	00-148-2	44,40	28,00	00-220-1	31,44	27,72
00-118-3	78,50	27,00	00-107-1	41,40	28,00	00-169-2	44,16	27,53
00-83-1	68,00	27,00	00-118-3	90,90	27,00	00-230-1	64,04	27,42
00-35-3	47,70	27,00	00-83-1	86,60	27,00	00-138-1	24,08	27,35
00-135-3	47,50	27,00	00-35-3	72,50	27,00	00-109-3	48,04	27,15
00-44-1	45,00	27,00	00-44-1	69,80	27,00	00-131-2	71,32	26,95
00-223-4	38,00	27,00	00-135-3	59,90	27,00	00-156-1	45,01	26,79
00-163-1	37,00	27,00	00-77-2	52,60	27,00	00-53-1	31,61	26,75
00-77-2	34,00	27,00	00-163-1	43,20	27,00	00-86-2	26,60	26,68
00-179-2	32,00	27,00	00-146-2	40,90	27,00	00-179-1	32,88	26,60
00-158-2	31,00	27,00	00-112-4	39,40	27,00	00-83-1	70,81	26,38
00-146-2	28,50	27,00	00-179-2	38,20	27,00	00-148-2	33,65	26,25
00-112-4	27,00	27,00	00-223-4	38,00	27,00	00-152-1	26,70	26,21
00-152-1	22,00	27,00	00-158-2	37,20	27,00	00-26-2	32,45	26,08
00-122-1	21,00	27,00	00-122-1	33,40	27,00	00-12-3	29,94	26,08
00-9-1	61,00	26,00	00-56-1	30,60	26,67	00-54-1	27,82	26,08
00-5-4	51,50	26,00	00-9-1	85,80	26,00	00-142-2	48,66	25,92
00-195-1	33,00	26,00	00-5-4	76,30	26,00	00-135-3	45,47	25,75
00-109-1	32,00	26,00	00-109-1	44,40	26,00	00-158-2	31,37	25,58
00-153-3	30,00	26,00	00-73-1	41,10	26,00	00-116-1	50,18	25,58
00-73-1	22,50	26,00	00-195-1	39,20	26,00	00-77-2	34,57	25,52
00-118-1	76,00	25,00	00-86-2	39,10	26,00	00-118-3	76,20	25,44
00-131-2	65,50	25,00	00-153-3	36,20	26,00	00-163-1	34,49	25,16
00-174-3	48,00	25,00	00-118-1	88,40	25,00	00-137-2	57,45	25,15
00-49-2	45,70	25,00	00-131-2	77,90	25,00	00-137-1	46,65	25,15
00-158-1	35,00	25,00	00-49-2	70,50	25,00	00-153-3	33,98	25,10
00-35-2	33,30	25,00	00-35-2	58,10	25,00	00-35-1	53,67	25,08
00-235-1	43,00	24,00	00-174-3	54,20	25,00	00-56-2	47,52	25,08
00-239-1	38,00	24,00	00-158-1	41,20	25,00	00-39-2	42,68	25,08
00-127-3	62,00	23,00	00-235-1	43,00	24,00	00-176-1	41,66	24,51
00-230-3	57,50	23,00	00-127-3	74,40	23,00	00-127-3	66,76	24,46
00-220-4	40,50	23,00	00-26-1	63,80	23,00	00-42-1	38,79	24,08
00-26-1	39,00	23,00	00-230-3	57,50	23,00	00-118-1	73,70	23,44
00-178-1	37,00	23,00	00-73-2	49,60	23,00	00-141-1	79,41	23,33
00-106-1	71,00	22,00	00-106-1	83,40	22,00	00-31-2	81,26	23,08
Média	40,96	30,13	Média	51,74	30,21	Média	40,47	30,40

4.8.1. Estimativas do peso do mérito do indivíduo e da família

Os pesos do mérito do indivíduo e da família não diferiram muito entre si nem variaram de forma acentuada com a correção por regressão e por estrato (Quadro 25). De modo geral, o peso do mérito da família é ligeiramente superior ao peso do mérito do indivíduo, à exceção dos valores obtidos com a produção corrigida por regressão. Essa ligeira superioridade não deve determinar a seleção de todos os indivíduos nas melhores famílias, ou, em outras palavras, a escolha de um indivíduo inferior numa família excepcional, em detrimento de um indivíduo superior em família ruim. As 109 plantas selecionadas pertencem no mínimo a 69 e no máximo a 73 famílias, números comparáveis aos obtidos por seleção massal, porém superiores aos resultados de seleção entre.

Quadro 25 - Estimativas dos pesos do mérito do indivíduo (b_1) e da família (b_2), em relação à produção de grãos (PG, kg/ha), capacidade de expansão (CE, ml/g), produção de grão corrigida por regressão (PGr_2) e produção e CE corrigidas por estrato (PGe e CEe)

Variável	b_1	b_2
PG	0,5360	0,6211
CE	0,5581	0,7015
PGr_2	0,5256	0,4551
PGe	0,6832	0,6696
CEe	0,6305	0,7563

4.8.2. Predição de ganhos

Os ganhos estimados com seleção direta em CE original foram de 9,68 ml/g em CE e 240,4277 kg/ha em produção (Quadro 26). Com o uso do índice, esperam-se ganhos de 9,30 ml/g em CE e 458,925 kg/ha em produção. O ganho em CE corresponde a 96,1% do ganho máximo.

No caso de índice com produção corrigida pela regressão e CE não corrigida, os ganhos são de 9,30 ml/g em CE e 358,4127 kg/ha em produção. O ganho em CE corresponde a 96,3% do ganho máximo esperado.

Quadro 26 - Ganhos estimados com seleção combinada, referentes à seleção direta com base em CE (SDCE) e CE corrigida por estrato (SDCEe), seleção com base no índice de Mulamba e Mock usando produção e CE originais (PG e CE) (M&M), produção corrigida pela regressão e CE (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Estratégia	Ganhos	
	PG	CE
SDCE	240,4277	9,6826
M&M	458,9250	9,3038
M&Mr	358,4127	9,3298
SDCEe	219,3866	10,0784
M&Me	508,2278	9,6884

Com seleção direta com base em CE corrigida por estrato, esperam-se ganhos de 10,07ml/g em CE e 219,3866 kg/ha em produção. Usando índice, são esperados ganhos de 9,68 ml/g em CE e 508,2278 kg/ha em produção. O ganho em qualidade com o uso do índice equivale a 96,1% do ganho máximo.

Os ganhos estimados com o uso do índice de Mulamba e Mock proporcionam, independentemente do processo de correção, praticamente o máximo de ganho em qualidade e maior ganho em produção, sendo estratégia superior à seleção direta com base em CE. Para julgar a eficiência dos processos de correção, é necessário expressar os ganhos em porcentagem. Os ganhos estimados em produção e CE, com seleção direta em CE original, são de $(240,4277/1452,90) \times 100 = 16,5\%$ e $(9,68/19,10) \times 100 = 50,7\%$. Os ganhos esperados com o uso do índice são de $(458,925/1452,90) \times 100 = 31,6\%$ e $(9,30/19,10) \times 100 = 48,7\%$, em produção e CE, respectivamente. Os valores esperados com os dados corrigidos por estrato são, respectivamente, de $(219,3866/1510,4537) \times 100 = 14,5\%$ e $(10,07/19,71) \times 100 = 51,1\%$, $(508,22/1510,4537) \times 100 = 33,6\%$ e $(9,68/19,71) \times 100 = 49,1\%$. Considerando produção corrigida por regressão, os ganhos são, respectivamente, de $(163,1367/2075,6138) \times 100 = 7,9\%$, $(9,68/19,10) \times 100 = 50,7\%$, $(358,4127/2075,6138) \times 100 = 17,3\%$ e $(9,32/19,10) \times 100 = 48,8\%$. Não há, portanto, superioridade das estratégias de correção.

As plantas selecionadas com seleção combinada estão relacionadas no Quadro 27, com as respectivas médias de produção e capacidade de expansão.

Quadro 27 - Origem das 109 plantas S₂ selecionadas com seleção combinada, utilizando índice de Mulamba e Mock com produção (PG) e CE (M&M), com produção corrigida pela regressão (PGr₂) e CE (M&Mr) e com produção e CE corrigidas por estrato (PGe e CEe) (M&Me), e seus respectivos valores de peso de grãos da espiga autofecundada e CE

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-138-2	23,50	41,00	00-138-2	35,90	41,00	00-26-4	84,45	42,08
00-224-5	101,00	40,00	00-224-5	101,00	40,00	00-131-3	62,82	39,95
00-105-2	23,50	39,00	00-105-2	35,90	39,00	00-99-1	40,64	38,70
00-223-2	8,00	38,33	00-223-2	8,00	38,33	00-105-2	21,16	38,09
00-131-3	57,00	38,00	00-131-3	69,40	38,00	00-208-1	25,58	37,68
00-76-3	35,00	38,00	00-76-3	53,60	38,00	00-224-5	91,54	37,42
00-147-1	27,00	38,00	00-147-1	39,40	38,00	00-138-2	15,58	37,35
00-212-4	93,00	37,00	00-26-4	98,80	37,00	00-129-1	63,77	37,32
00-26-4	74,00	37,00	00-212-4	93,00	37,00	00-42-2	70,79	37,08
00-208-1	35,00	37,00	00-208-1	35,00	37,00	00-8-1	37,94	37,08
00-209-1	11,20	36,67	00-209-1	11,20	36,67	00-209-1	1,77	37,05
00-224-4	79,00	36,00	00-224-4	79,00	36,00	00-67-1	59,98	37,02
00-99-1	35,00	36,00	00-99-1	53,60	36,00	00-76-3	36,62	36,96
00-211-1	58,00	35,00	00-67-1	69,60	35,00	00-212-4	83,57	36,79
00-129-1	57,00	35,00	00-129-1	69,40	35,00	00-206-1	15,58	36,27
00-67-1	51,00	35,00	00-76-2	66,60	35,00	00-47-1	67,60	36,08
00-76-2	48,00	35,00	00-211-1	58,00	35,00	00-223-2	-1,46	35,75
00-231-1	27,00	35,00	00-231-1	27,00	35,00	00-147-1	26,40	35,67
00-206-1	25,00	35,00	00-206-1	25,00	35,00	00-211-4	48,57	35,09
00-169-1	66,00	34,00	00-169-1	72,20	34,00	00-59-1	34,13	35,08
00-212-3	33,50	34,00	00-212-3	33,50	34,00	00-48-1	25,30	35,08
00-228-2	16,50	34,00	00-228-2	16,50	34,00	00-62-1	29,83	34,21
00-228-1	13,00	34,00	00-228-1	13,00	34,00	00-38-3	62,48	34,08
00-231-2	10,50	34,00	00-231-2	10,50	34,00	00-22-1	48,14	34,08
00-227-1	16,00	33,50	00-227-1	16,00	33,50	00-89-2	45,59	33,99
00-168-2	105,80	33,00	00-168-2	112,00	33,00	00-76-2	49,62	33,96
00-136-1	21,50	33,00	00-136-1	33,90	33,00	00-128-3	81,26	33,89
00-118-2	85,00	32,00	00-118-2	97,40	32,00	00-212-3	24,07	33,79
00-128-3	75,50	32,00	00-128-3	87,90	32,00	00-92-1	42,55	33,53
00-42-2	57,50	32,00	00-42-2	82,30	32,00	00-224-4	69,54	33,42
00-106-2	40,00	32,00	00-76-1	57,60	32,00	00-99-2	14,64	32,70
00-76-1	39,00	32,00	00-89-2	54,80	32,00	00-231-1	17,54	32,42
00-89-2	36,20	32,00	00-8-1	53,30	32,00	00-35-3	59,77	32,08
00-135-1	31,00	32,00	00-106-2	52,40	32,00	00-44-1	58,70	32,08
00-8-1	28,50	32,00	00-135-1	43,40	32,00	00-207-2	9,58	31,97
00-156-2	26,00	32,00	00-117-3	33,40	32,00	00-207-3	9,58	31,97
00-117-3	21,00	32,00	00-156-2	32,20	32,00	00-207-1	3,08	31,97
00-109-3	56,00	31,00	00-47-1	78,30	31,00	00-56-1	27,52	31,75
00-47-1	53,50	31,00	00-109-3	68,40	31,00	00-169-1	59,16	31,53
00-179-1	40,00	31,00	00-92-1	52,60	31,00	00-127-1	32,76	31,46
00-92-1	34,00	31,00	00-179-1	46,20	31,00	00-228-2	7,04	31,42
00-138-1	32,00	31,00	00-138-1	44,40	31,00	00-228-1	3,54	31,42
00-207-2	19,00	31,00	00-207-2	19,00	31,00	00-231-2	1,04	31,42
00-207-3	19,00	31,00	00-207-3	19,00	31,00	00-9-1	70,44	31,08
00-207-1	12,50	31,00	00-207-1	12,50	31,00	00-5-4	60,94	31,08
00-230-1	73,50	30,00	00-230-1	73,50	30,00	00-76-1	40,62	30,96
00-142-2	56,00	30,00	00-142-2	68,40	30,00	00-136-1	17,51	30,95
00-169-2	51,00	30,00	00-84-3	63,70	30,00	00-156-2	27,81	30,79
00-84-3	45,10	30,00	00-169-2	57,20	30,00	00-135-1	28,97	30,75
00-135-2	42,00	30,00	00-135-2	54,40	30,00	00-86-1	28,10	30,68
00-220-1	40,90	30,00	00-220-1	40,90	30,00	00-168-2	99,68	30,63

Continua...

Quadro 27, Cont.

M&M			M&Mr			M&Me		
Origem	PG	CE	Origem	PGr ₂	CE	Origem	PGe	CEe
00-211-4	40,60	30,00	00-211-4	40,60	30,00	00-118-2	82,70	30,44
00-209-2	38,00	30,00	00-86-1	40,60	30,00	00-209-2	28,57	30,38
00-127-1	28,00	30,00	00-127-1	40,40	30,00	00-106-2	36,25	30,35
00-86-1	22,00	30,00	00-209-2	38,00	30,00	00-211-4	31,17	30,09
00-59-1	18,00	30,00	00-59-1	36,60	30,00	00-49-2	60,21	30,08
00-62-1	15,60	30,00	00-48-1	35,80	30,00	00-35-2	45,37	30,08
00-104-1	11,50	30,00	00-62-1	34,20	30,00	00-117-3	17,69	30,01
00-48-1	11,00	30,00	00-99-2	27,60	30,00	00-104-1	10,56	29,82
00-99-2	9,00	30,00	00-104-1	23,90	30,00	00-104-2	1,56	29,82
00-104-2	2,50	30,00	00-104-2	14,90	30,00	00-84-3	49,01	29,82
00-38-3	50,00	29,00	00-38-3	74,80	29,00	00-211-5	20,87	29,09
00-22-1	38,50	29,00	00-22-1	63,30	29,00	00-196-1	11,48	28,86
00-211-5	30,30	29,00	00-82-1	37,60	29,00	00-135-2	39,97	28,75
00-196-1	20,00	29,00	00-82-2	30,60	29,00	00-26-1	49,45	28,08
00-82-1	19,00	29,00	00-211-5	30,30	29,00	00-58-1	46,12	28,08
00-82-2	12,00	29,00	00-196-1	26,20	29,00	00-46-1	38,00	28,08
00-141-1	89,00	28,00	00-141-1	101,40	28,00	00-82-1	20,71	27,95
00-137-2	63,40	28,00	00-137-2	75,80	28,00	00-82-2	13,71	27,95
00-116-1	54,50	28,00	00-116-1	66,90	28,00	00-38-2	30,98	27,75
00-137-1	52,60	28,00	00-137-1	65,00	28,00	00-32-3	30,47	27,75
00-176-1	49,00	28,00	00-109-2	56,90	28,00	00-32-4	26,47	27,75
00-109-2	44,50	28,00	00-176-1	55,20	28,00	00-38-1	23,48	27,75
00-156-1	43,20	28,00	00-156-1	49,40	28,00	00-32-2	23,47	27,75
00-148-2	32,00	28,00	00-148-2	44,40	28,00	00-220-1	31,44	27,72
00-107-1	29,00	28,00	00-107-1	41,40	28,00	00-169-2	44,16	27,53
00-118-3	78,50	27,00	00-118-3	90,90	27,00	00-230-1	64,04	27,42
00-83-1	68,00	27,00	00-83-1	86,60	27,00	00-138-1	24,08	27,35
00-35-3	47,70	27,00	00-35-3	72,50	27,00	00-109-3	48,04	27,15
00-135-3	47,50	27,00	00-44-1	69,80	27,00	00-131-2	71,32	26,95
00-44-1	45,00	27,00	00-135-3	59,90	27,00	00-156-1	45,01	26,79
00-223-4	38,00	27,00	00-77-2	52,60	27,00	00-53-1	31,61	26,75
00-163-1	37,00	27,00	00-163-1	43,20	27,00	00-86-2	26,60	26,68
00-77-2	34,00	27,00	00-146-2	40,90	27,00	00-179-1	32,88	26,60
00-179-2	32,00	27,00	00-112-4	39,40	27,00	00-83-1	70,81	26,38
00-158-2	31,00	27,00	00-179-2	38,20	27,00	00-148-2	33,65	26,25
00-146-2	28,50	27,00	00-223-4	38,00	27,00	00-152-1	26,70	26,21
00-112-4	27,00	27,00	00-158-2	37,20	27,00	00-26-2	32,45	26,08
00-152-1	22,00	27,00	00-152-1	28,20	27,00	00-12-3	29,94	26,08
00-9-1	61,00	26,00	00-138-3	22,40	27,00	00-142-2	48,66	25,92
00-5-4	51,50	26,00	00-9-1	85,80	26,00	00-135-3	45,47	25,75
00-195-1	33,00	26,00	00-5-4	76,30	26,00	00-158-2	31,37	25,58
00-109-1	32,00	26,00	00-109-1	44,40	26,00	00-116-1	50,18	25,58
00-153-3	30,00	26,00	00-73-1	41,10	26,00	00-77-2	34,57	25,52
00-86-2	20,50	26,00	00-195-1	39,20	26,00	00-118-3	76,20	25,44
00-118-1	76,00	25,00	00-86-2	39,10	26,00	00-163-1	34,49	25,16
00-131-2	65,50	25,00	00-118-1	88,40	25,00	00-137-2	57,45	25,15
00-174-3	48,00	25,00	00-131-2	77,90	25,00	00-137-1	46,65	25,15
00-49-2	45,70	25,00	00-49-2	70,50	25,00	00-35-1	53,67	25,08
00-158-1	35,00	25,00	00-35-2	58,10	25,00	00-56-2	47,52	25,08
00-35-2	33,30	25,00	00-174-3	54,20	25,00	00-39-2	42,68	25,08
00-239-1	38,00	24,00	00-158-1	41,20	25,00	00-176-1	41,66	24,51
00-127-3	62,00	23,00	00-127-3	74,40	23,00	00-127-3	66,76	24,46
00-230-3	57,50	23,00	00-26-1	63,80	23,00	00-109-2	36,54	24,15
00-26-1	39,00	23,00	00-73-2	49,60	23,00	00-42-1	38,79	24,08
00-178-1	37,00	23,00	00-116-2	48,40	23,00	00-14-3	36,94	24,08
00-116-2	36,00	23,00	00-82-3	47,60	23,00	00-118-1	73,70	23,44
00-106-1	71,00	22,00	00-106-1	83,40	22,00	00-141-1	79,41	23,33
00-169-3	72,80	20,00	00-169-3	79,00	20,00	00-31-2	81,26	23,08
Média	41,00	30,12	Média	51,96	30,15	Média	40,54	30,36

4.9. Comparação das estratégias de seleção com base em ganhos preditos

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que em todas as estratégias de seleção, seleção entre, entre e dentro, massal e combinada, os ganhos estimados com o uso do índice de Mulamba e Mock foram superiores aos esperados com seleção direta para CE. Não houve diferenças entre os ganhos preditos com os dados originais e corrigidos.

A magnitude dos ganhos preditos em qualidade é alta em todas as estratégias de seleção. O mesmo não foi observado em produção, em que os ganhos com seleção massal e combinada são os maiores, seguidos dos esperados com seleção entre e seleção entre e dentro. A seleção dentro não foi eficiente em promover ganhos na produção, como foi observado na seleção entre versus dentro, na seleção entre e dentro.

As estimativas para as quatro estratégias de seleção com o uso do índice mostraram que seleção massal e combinada proporcionaram os melhores resultados (Quadro 28). Não é possível distinguir diferenças entre essas estratégias. Os ganhos máximos estimados em qualidade e produção são de 9,72 ml/g e 508,2278 kg/ha.

Quadro 28 - Ganhos preditos, em relação aos caracteres produção (PG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, ml/g), utilizando o índice de Mulamba e Mock com produção e CE originais (M&M), com produção corrigida pela regressão (M&Mr) e com produção e CE corrigidas por estrato (M&Me), considerando seleção entre e dentro (SED), seleção massal (SM), seleção combinada (SC) e seleção entre (SE)

Estratégia	Ganho	
	PG	CE
SM, M&M	457,1386	9,31
SM, M&Mr	351,1782	9,39
SM, M&Me	505,5862	9,72
SC, M&M	458,9250	9,30
SC, M&Mr	358,4127	9,33
SC, M&Me	508,2278	9,69
SED, M&M	191,3273	7,99
SED, M&Mr	183,4627	8,11
SED, M&Me	213,6374	8,21
SE, M&M	205,4521	5,89
SE, M&Mr	277,5897	5,89
SE, M&Me	229,5895	6,49

A seleção entre e dentro proporcionou ganhos intermediários em qualidade e produção. Os resultados preditos com seleção entre são os menos expressivos. A seleção entre e dentro foi superior à seleção entre e os ganhos em qualidade esperados na seleção entre foram de 5,89, 5,89 e 6,48 ml/g, com base em produção e CE, produção corrigida por regressão e CE, e produção e CE corrigidas por estrato. Os progressos estimados com seleção entre e dentro foram, respectivamente, de 7,9, 8,1 e 8,21 ml/g.

É interessante considerar adicionalmente o número de famílias das quais as plantas selecionadas derivam (Quadro 29). Não há diferença entre os números de famílias com seleção direta para CE e com o uso do índice nas estratégias de seleção. A seleção entre e dentro apresentou o maior número de famílias: 84, em média. As seleções combinada e massal apresentaram, em média, 73 famílias. O menor número ocorreu com seleção entre - 45 em média.

Quadro 29 - Número de famílias e plantas S_2 considerando seleção massal (SM), seleção combinada (SC), seleção entre e dentro (SED) e seleção entre (SE), com base em CE original (CE) e corrigida por estrato (CEe) e índice de Mulamba e Mock com produção e CE (M&M), produção corrigida por regressão (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Estratégia	Família S_2	Planta S_2
SE, CE	43	114
SE, CEe	40	98
SE, M&M	46	129
SE, M&Mr	44	118
SE, M&Me	42	102
SED, CE	85	109
SED, CEe	83	109
SED, M&M	87	109
SED, M&Mr	84	109
SED, M&Me	82	109
SM, CE	74	109
SM, CEe	72	109
SM, M&M	76	109
SM, M&Mr	74	109
SM, M&Me	75	109
SC, CE	71	109
SC, CEe	69	109
SC, M&M	73	109
SC, M&Mr	71	109
SC, M&Me	73	109

Não há dúvida, portanto, em considerar, com base em ganhos preditos e número de famílias S_2 avançadas, que as estratégias superiores são seleção massal e seleção combinada. Em razão de sua praticidade, as famílias S_3 superiores devem ser as selecionadas por seleção massal, utilizando o índice de Mulamba e Mock com capacidade de expansão e produção não corrigidas.

5. GANHOS REALIZADOS

Os ganhos realizados com as estratégias de seleção foram calculados como a diferença entre a média das famílias S_3 derivadas das plantas S_2 selecionadas e a média da geração S_3 (Quadro 30).

Os ganhos realizados foram muito inferiores aos ganhos preditos, apresentando relação linear de apenas 0,18 para produção e 0,41 para CE. De acordo com VENCOVSKY e BARRIGA (1992), embora as estimativas de ganhos genéticos não sejam exatas, e quase sempre se trabalhe com aproximações, os progressos preditos têm sido razoavelmente concordantes com os observados, e os maiores desvios são normalmente atribuídos à interação genótipo x ambiente. Considerando apenas a variável CE, verifica-se que os ganhos tiveram plena concordância com a mudança prevista, o mesmo não sendo verdade em relação à produção.

No caso de seleção entre com base em CE, o ganho realizado foi de 1,08 ml/g em CE, sem ganho indireto em produção. A seleção considerando CE corrigida por estrato não produziu ganho em CE, sendo o ganho em produção irrelevante.

Os ganhos realizados com o uso do índice não diferiram entre si. Os progressos obtidos pela seleção com dados originais e corrigidos são de baixa magnitude. Portanto, as famílias S_3 derivadas das plantas S_2 selecionadas não apresentaram satisfatória superioridade de produção e CE.

Quadro 30 - Ganhos realizados com seleção entre famílias S₂ (SE), seleção entre e dentro (SED), seleção massal (SM), seleção combinada (SC), em relação à capacidade de expansão (CE, ml/g) e produção (PG, kg/ha), considerando seleção direta em CE (SDCE) e CE corrigida por estrato (SDCEe) e seleção com base no índice de Mulamba e Mock, com dados originais (M&M), produção corrigida por regressão e CE (M&Mr) e produção e CE corrigidas por estrato (M&Me)

Estratégia de Seleção	Nº Fam. ^{1/}	Ganhos	
		PG	CE
SE, SDCE	58 (44,6%)	-15,8913	1,08
SE, SDCEe	50 (38,5%)	27,0383	0,02
SE, M&M	69 (53,1%)	-13,1424	0,58
SE, M&Mr	64 (49,2%)	-0,5112	0,57
SE, M&Me	61 (46,9%)	41,8337	0,38
SED, SDCE	52 (40,0%)	-13,4037	1,54
SED, SDCEe	51 (39,2%)	-8,1218	1,57
SED, M&M	61 (46,9%)	15,0995	1,56
SED, M&Mr	59 (45,4%)	25,2850	1,54
SED, M&Me	58 (44,6%)	-26,3117	1,03
SM, SDCE	64 (49,2%)	8,0554	1,18
SM, SDCEe	61 (46,9%)	-7,3618	1,05
SM, M&M	64 (49,2%)	13,0368	1,21
SM, M&Mr	63 (48,5%)	24,6635	1,22
SM, M&Me	65 (50,0%)	2,4556	0,78
SC, SDCE	64 (49,2%)	-4,7147	1,23
SC, SDCEe	62 (47,7%)	-16,7195	0,95
SC, M&M	66 (50,8%)	10,0855	1,24
SC, M&Mr	65 (50,0%)	7,4500	1,23
SC, M&Me	64 (49,2%)	-7,1148	0,69

^{1/} Número de famílias S₃ derivadas de planta S₂ selecionada e valor percentual entre parênteses.

Na seleção entre e dentro, os ganhos realizados com seleção direta em CE e CE corrigida por estrato foram de 1,54 e 1,57 ml/g, com insignificante alteração indireta na média de produção das famílias S₃. Com o uso do índice, os ganhos em CE são equivalentes aos esperados com seleção direta para CE, sem alteração significativa em produção.

Com seleção massal, os ganhos realizados com base em seleção direta em CE e CEe são de 1,18 e 1,05 ml/g, respectivamente. Com o uso do índice, os ganhos em qualidade são de 1,21 ml/g, com produção e CE, 1,22 ml/g, com produção corrigida por regressão e CE, e 0,78, com produção e CE corrigidas por estrato. Os ganhos em produção com seleção direta para capacidade de expansão e índice foram irrelevantes.

Os ganhos com seleção combinada estão de acordo com os resultados já apresentados, ou seja, estão aquém dos ganhos estimados. A seleção direta com base em CE propiciou alteração de 1,23 ml/g e não houve alteração indireta na produção. Em relação à seleção com base em CE corrigida por estrato, o progresso em CE foi de 0,95 ml/g, sem alteração significativa em produção.

Os ganhos realizados com o uso de índice com dados não corrigidos foram de 1,24 ml/g em CE e 10,08 kg/ha em produção. Os demais resultados são semelhantes, podendo-se concluir que não há diferença entre os ganhos realizados em relação à CE e não há alteração na média de produção das famílias S₃.

Em conclusão, pode-se dizer que os ganhos realizados com as diferentes estratégias de seleção mostraram que não há diferença entre seleção direta em CE e seleção usando o índice de Mulamba e Mock. Os ganhos realizados em produção foram positivos, de modo geral, com o uso do índice, que mostrou ser a melhor opção.

A seleção entre apresentou o pior resultado: os ganhos em CE são os menores. O maior ganho foi obtido com seleção direta em CE: 1,08 ml/g. É interessante observar que a seleção direta com base em CE apresentou-se superior ao emprego do índice.

Os resultados com seleção massal e combinada são semelhantes. Os ganhos obtidos com dados corrigidos por estrato, usando o índice de Mulamba e Mock, proporcionaram o menor ganho em qualidade. O mesmo foi observado nas demais estratégias.

Seleção entre e dentro com o uso do índice e dados não corrigidos mostrou ser a melhor estratégia de seleção. Os progressos em qualidade resultantes de seleção direta em CE e índice são numericamente superiores aos demais.

Não há dúvida, portanto, em considerar, com base em ganhos realizados e número de famílias S₂ avançadas, que para o trabalho em questão a estratégia superior é a seleção entre e dentro. As famílias S₃ superiores devem ser as selecionadas pelo índice de Mulamba e Mock com capacidade de expansão e produção não corrigidas.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivos avaliar a eficiência de seleção entre, entre e dentro, massal e combinada, na seleção de famílias S_2 da população Beija-Flor, visando obtenção de linhagens superiores, e promover o melhoramento da população a partir da recombinação de progênies S_2 .

O teste de famílias foi realizado no campo experimental do Setor de Genética do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa. Foram avaliadas 223 famílias sem repetição. Utilizou-se o híbrido simples modificado IAC 112 como testemunha intercalada às famílias. Os dados de produção e CE foram corrigidos visando maximizar a eficiência da seleção. Duas estratégias de correção foram adotadas: ajuste por regressão e ajuste por estrato.

Na análise de variância das famílias com dados corrigidos e não-corrigidos foi constatada a existência de variabilidade genética para produção e capacidade de expansão. Os valores de máximos das famílias em relação às características produção e capacidade de expansão foram maiores que os respectivos valores da testemunha. Altura de planta e espiga, estande e proporção de plantas acamadas e quebradas também apresentaram variabilidade genética. Os valores de herdabilidade variaram de médio a alto em relação à produção e CE. As correlações genotípicas entre produção e CE foram de baixa magnitude.

Os ganhos preditos evidenciaram que a seleção de famílias e plantas com base em produção e capacidade de expansão com o índice de Mulamba e Mock se mostrou superior à seleção direta com base em CE, independentemente da correção, em todas as estratégias de seleção. Portanto, a correção não elevou o progresso com seleção. A seleção de famílias com vistas à obtenção de linhagens e melhoramento populacional foi com base nos dados não corrigidos. Seleção massal e combinada apresentaram os maiores ganhos preditos em qualidade e produção.

Não houve diferença entre os ganhos realizados com seleção de famílias e plantas utilizando dados corrigidos e não-corrigidos. Ao contrário do que foi observado com ganhos preditos, não houve diferença entre os ganhos realizados com base em seleção direta em CE e com o uso do índice de Mulamba e Mock. Seleção entre e dentro foi a melhor estratégia de seleção, proporcionando, em média, ganho em qualidade de 1,5 ml/g, com alteração insignificante em produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJUDARTE NETO, F.; WEIGEL, P.; PENA NETO, A. M.; ZINSLY, J. R. Seleção recorrente fenotípica em milho pipoca (*Zea mays* L.) para capacidade de expansão. Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". **Instituto de Genética**, v.10, p.1-3, 1976.

ALEXANDER, D. E.; CREECH, R. G. Popcorn. In: SPRAGUE, F. G. (Ed.). **Corn and corn improvement**. New York: Academic, 1977. p.385-386.

BACKES, R. L. **Estimativas de parâmetros genéticos, correção do efeito ambiental e predição de ganhos por seleção em populações F₅ e F₆ de soja (*Glycine max* (L) Merrill)**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 77 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BAUMAN, L. F. Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds, p. 199-208. In: LODEN, H. D. and WILKINSON, D. (Eds.) Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. Chicago. IL. 9-11. Dec. 1981. **Am. Seed Trade Assoc.**, Washington, D. C.

BEMIS, W. P. Popcorn-harvesting and conditioning for maximum popping. University of Illinois, Urbana, Illinois. **Illinois Research**, v.1, n.1, p.10-11, 1959.

CIMMYT. REVIEW. Centro internacional de mejoramiento de maiz y trigo. El Baton, México, 1981.

COCKERHAM, C. C. Analysis of quantitative gene action. **Brookhaven Symp. Biol.**, v.9, p.53-68, 1956.

COMSTOCK, R. E. Selection procedures in corn improvement. **Proc. Hybrid corn Ind. Res. Conf.**, v. 19, p. 87-94, 1964.

CRUMBAKER, D. E.; JOHNSON, J. J.; ELDREDGE, J. C. Inheritance of popping volume and associated characters in crosses between popcorn and dent corn. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 207-221, 1949.

CRUZ, E. M. Seleção de famílias de milho-pipoca avaliadas com testemunhas intercalares. Viçosa, MG: UFV, 2001. 63 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 648 p.

DARRAH, L. L. Evaluation of population improvement in the Kenya maize breeding method study. p. 160 – 175. In: B. Gelaw Africa Regional Maize Workshop, Lisboa, Zambia. 10 – 17 Mar. 1986. **CIMMYT**, El Baton, México.

DOFING, S. M.; D'CROZ-MASON, N.; THOMAS-COMPTON, M. A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 715-718, 1991.

ELDREDGE, J. C.; THOMAS, W. I. Popcorn-its production, processing and utilization. Bulletin P127. Agricultural Experiment Station. Ames: Iowa State University. 1959.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FURTADO, M. R. **Alternativa de seleção no delineamento I de Comstock e Robinson, em milho**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 94 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

GAMA, E.G.; HALLAUER, A. R. Relation between inbred and hybrid traits in maize. **Crop Science**, v.17, p. 703-706, 1977.

GAMA, E. G.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J. B.; SANS, L. M. A.; VIANA, P. A.; PANRENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; CORREA, L. A.; FERNANDES, F. T. Milho-pipoca. **Inf. Agropec.**, v. 14, n.165, p. 339-348,1990.

GENTER, C. F.; ALEXANDER, M. W. Development and selection of productive S₁ inbred lines of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v. 6, p. 429-431,1966.

GREEN JR., V. E., HARRIS JR., E. D. Popcorn quality and the measurement of popping expansion. **Proceedings of The Soil and Crop Science Society of Florida**, n. 20, p. 28-41, 1960.

- HALLAUER, A. R. Relation of quantitative genetics to applied maize breeding. **Revista Brasileira de Genética**, v.3, n. 3, p. 207-233, 1980.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State Univ. Press., 1988.
- HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A.; LAMKEY, K. R. Corn Breeding. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. (Ed.) **Corn and corn improvement**. Madison: A.S.A., 1988. p. 463-565.
- HAYES, H. K.; JOHNSON, I. J. The breeding of improved selfed lines of corn. **Jour. Am. Soc. Agron.**, v. 31, p. 710-724, 1939.
- HORNER, E. S.; CHAPMAN, W. H; LUTRICK, M. C.; LUNDY, H. W. Comparison of selection based on yield of topcross progenies and of s_2 progenies in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v. 9, p. 539-543, 1969.
- HOSENEY, R. C.; ZELEZNAK, K.; ABDELRAHMAN, A. Mechanism of popcorn popping. **Journal of Cereal Science**, v. 1, p. 43-52, 1983.
- HUELSON, W. A. Search for reasons why some popcorn does not pop well. University of Illinois, Urbana. **Illinois Research**, v. 2, n. 4, p. 12-13, 1960.
- HUELSEN, W. A.; BEMIS, W. P. Artificial drying rehydration of popcorn and their effects in poppine expansion. Urbana, 1995. (Bull. Illinois Agric., 586)
- HUELSEN, W. A.; BEMIS, W. P. Temperature of popper in relation to volumetric expansion of popcorn. **Food Technology**, p. 394-397, 1954.
- JENKINS, M. T. Correlation studies with inbred and crossbred strains of maize. **Jour. Agr. Res.**, v. 39, p. 677-721, 1929.
- JINAHYON, S.; MOORE, C. L. Recurrent selection techniques for maize improvement in Thailand. **Agron. Abstract.**, p. 7, 1973.
- JUGENHEIMER, R. W. **Variedades mejoradas, métodos de cultivo y production de semillas**. México, Limusa, 1981. 841 p.
- KIM, S. L.; PARK, S. U.; CHA, S. W.; SEO, J. H. Major characteristics affecting popping volume of popcorn. **Korean Journal of Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 167-174, 1995.
- KRUG, C. A.; VIÉGAS, G. P. **O milho híbrido**. São Paulo: Melhoramentos, 1962. 32 p.
- KRUG, C. A.; VIÉGAS, G. P.; PAOLIERI, L. Híbridos comerciais de milho. **Bragantia**, v. 3, p. 367-551, 1943.

LAMKEY, K. R. 50 years of recurrent selection in the Iowa stiff stalk synthetic maize population. **Maydica**, v. 37, n. 1, p. 19-28, 1992.

LONNQUIST, J. H. Further evidence on "testcross" versus line performance in maize. **Crop Science**, v. 8, p. 50-53, 1968.

LONNQUIST, J. H.; CASTRO, G. M. Relation of intrapopulation genetics effects to performance level of S_1 lines of maize. **Crop Science**, v. 7, p. 361-364, 1967.

LONNQUIST, J. H.; RUMBAUGH, M. D. Relative importance of test sequence for general and specific combining ability in corn breeding. **Agronomy Journal**, v. 50, p. 541-544, 1958.

LUSH, J. L. Family merit and individual merit as basis for selection. Part I. **Am. Nat.**, v. 81, p. 246-261, 1947a.

LUSH, J. L. Family merit and individual merit as basis for selection. Part II. **Am. Nat.**, v. 81, p. 362-379, 1947b.

LYERLY, P. J. Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. **Journal of American Society of Agronomy**, v. 34, n. 11, p. 986-999, 1942.

MAGNAVACA, R. Desenvolvimento de híbridos em empresas privadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA, 2, 1998, Lavras, MG. **Anais...** Lavras, MG: UFLA. 1997. p. 163-170.

MOTA, M. G. C. **Comportamento de progênies de meios-irmãos e S_1 na variedade de milho (*Zea mays* L.). Centralmex.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt J. Gen. Cytol.**, v.7, p. 40-51, 1978.

NASCIMENTO, W. M.; BOITEUX, L.S. Influência do grau de umidade do grão na capacidade de expansão de milho-pipoca. **Horticultura Brasileira**, v.12, n. 2, p. 179-180, 1994.

OSLER, R. D.; WELLHAUSEN, E. J.; PALACIOS, G. Effect of visual selection during inbreeding upon combining ability in corn. **Agron. Jour.**, v. 50, p. 45-48, 1958.

PACHECO, C. A. P.; GAMA, E. E. G. E.; GUIMARÃES, P. E. D.; SANTOS, M. X.; FERREIRA, A. D. Genetic parameters estimatives in CMS-42 and CMS-43 popcorn populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, 1998.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ. 1978. p. 202-246,

RADEMACHER, M. A. M.; HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A. Comparative Response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and BS22 maize populations. **Crop Science**, v. 39, p. 89-97, 1999.

RICHEY, F. D. Isolating better foundation inbreds for use in corn hybrids. **Genetics**, v. 30, p. 455-471, 1945.

ROBINSON, H. F.; COCKERHAM C. C. Estimación e significado de los parâmetros genéticos. **Fitotecnia Latino Americana**, v. 2, p. 23-28, 1965.

RODRIGUEZ, O. A.; HALLAUER, A. R. Variation among full-sib families of corn different generations of inbreeding. **Crop Science**, v. 31, p. 43-47, 1991.

RUSSELL, W. C. **Obtenção e avaliação de linhagens de milho**. São Paulo: Fundação Cargil, 1976. 53 p.

RUSSELL, W. C. Comparative performance for maize hybrids representing different areas of maize breeding. **Proc. Corn and Sorghum Res. Conf.**, v. 29, p. 81-101, 1974.

RUSSELL, W. A.; TEICH, A. H. Selection in *Zea mays* L. by inbred line appearance and testcross performance in low and high plant densities. 1967. (Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 552).

SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 157 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1996.

SHULL, G. H. A pure line method of corn breeding. **Amer. Breed. Assoc. Rep.**, v. 5, p. 51-59, 1909.

SONG, A.; ECKHOFF, S. R. Optimum moisture content for popcorn kernels of different sizes. **Cereal Chem.**, v. 71, n. 5, p. 458-460, 1994.

SPRAGUE, G. F.; EBERHART, S. A. Corn Breeding. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. (Eds.) **Corn and corn improvement**. 1977. p. 305-362. (ASA, CSSA, and SSSA, MADISON, WI. - Agron. Monogr., 18).

- SPRAGUE, G. F.; MILLER, P. A. The influence of visual selection inbreeding on combining ability in corn. **Agron. Jour.**, v. 44, p. 258-262, 1952.
- VASAL, S. K.; DHILLON, B. S.; SRINIVASAN, G.; McLEAN, S. D.; CROSSA, J.; ZHANG, S. H. Effect of S_3 recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. **Crop Science**, v. 35, p. 697-702, 1995.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Revista Brasileira de Genética. 1992. 496 p.
- VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados. I. Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 647, 1991.
- VIANA, J. M. S.; CRUZ, C. D. Combined selection in early generation testing of self-pollinated plants. **Brazilian Journal of Genetic**, v. 24, n. 4, p. 673-681, 1997.
- VIÉGAS, G. P.; MIRANDA FILHO, J.B. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1978. p. 257-309.
- VILARINHO, A. A. **Seleção de progênies endogâmicas S_1 e S_2 em programas de melhoramento intrapopulacional e de produção de híbridos de milho pipoca (*Zea mays* L.)**. Viçosa: UFV, 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- WEATHERWAX, P. **The popping of corn**. Proceedings of Indiana Academy of Science, 1922. p. 149-153.
- WELLHAUSEN, E. J.; WORTMAN, S. Combining ability in S_1 and derived S_3 lines of corn. **Agron. Jour.**, v. 46, p. 86-89, 1954.
- WEYHRICH, R. A.; LAMKEY, K. R.; HALLAUER, A. R. Responses to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. **Crop Science**, v. 38, p. 308-321, 1998.
- WHITE, G. M.; ROSS, I. J.; PONELEIT, C. G. Influence of drying parameters on the expansion volume of popcorn. **TRANSACTIONS of the ASAE** (American Society of Agricultural Engineering), c. 23, n. 5, p. 1272-1276, 1980.
- WILLIER, J. G.; BRUNSON, A. M. Factors affecting the popping quality of popcorn. **Journal of Agricultural Research**, v. 35, n. 7, p. 615-624, 1927.

WRIGHT, A. J. The expected efficiencies of half-sib, testcross and S_1 progeny testing methods in single population improvement. **Heredity**, v. 45, n. 3, p. 361-376, 1980.

ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). **Specialty corns**. Iowa: CRC Press, 1994. cap.7. p. 189-223.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Origem e evolução do milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, p. 413-414, 1987.