

**ANÁLISE BIOMÉTRICA NA POPULAÇÃO UENF DE MILHO PIPOCA
SOB SELEÇÃO RECORRENTE**

RAMON MACEDO RANGEL

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MAIO - 2009**

ANÁLISE BIOMÉTRICA NA POPULAÇÃO UENF DE MILHO PIPOCA SOB SELEÇÃO RECORRENTE

RAMON MACEDO RANGEL

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MAIO - 2009

ANÁLISE BIOMÉTRICA NA POPULAÇÃO UENF DE MILHO PIPOCA SOB SELEÇÃO RECORRENTE

RAMON MACEDO RANGEL

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 28 de Maio de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Carlos Alberto Scapim (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UEM

Prof. Geraldo do Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UENF
(Orientador)

À minha esposa Geliany,
Aos meus pais José de Abreu e Many,
Aos meus irmãos Adryan e Renan.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora;

À minha esposa Gelianny, aos meus pais José de Abreu e Many e meus irmãos Adryan e Renan, pelo apoio incondicional.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de cursar o doutorado, bem como pela concessão da bolsa;

Ao professor Antonio Teixeira do Amaral Júnior, pela disponibilidade desta orientação;

Aos demais professores do programa de Genética e Melhoramento de Plantas, pelos conhecimentos compartilhados;

Aos membros da banca de defesa de projeto de tese e defesa de tese, pela disponibilidade em nos auxiliar neste trabalho;

Ao Técnico Agrícola Sr. Geraldo Francisco de Carvalho e ao Eng.º Agrônomo Sr. Paulo Rogério Nunes, bem como seus colaboradores de campo, pelo auxílio na condução dos ensaios;

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Silvério Júnior, Ana Paula, Thiago Otávio, Vanessa Quitete, Cássio Vittorazzi, Érica Cristina, Tiago Conceição, Keila Silva, Marcela Freitas, Max Campos, Wellington Sérgio e Juliano, pelo auxílio em diversas etapas na condução deste trabalho;

Aos demais colegas do LMGV, pelo bom convívio; e

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

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. O Milho pipoca: Considerações Gerais.....	04
2.2. Uma Cultura de Importância Econômica.....	06
2.3. O Melhoramento do Milho Pipoca no Brasil e sua particularidade na UENF.....	08
2.4. Seleção Recorrente: Abordagem Sucinta.....	11
2.5. Seleção Recorrente entre Famílias de Irmãos Completos.....	12
2.6. Relações entre Características.....	13
2.7. Seleção por Índice Multivariado.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Material Genético.....	18
3.2. Obtenção das Famílias de Irmãos Completos.....	18
3.3. Avaliação das Famílias de Irmãos Completos.....	20
3.4. Análise Estatística.....	22
3.5. Esperança dos Quadrados Médios.....	23
3.6. Estimador dos Parâmetros Genéticos.....	23
3.6.1. Estimador da Variância Genotípica entre Famílias.....	25

3.6.2. Estimador da Variância Fenotípica entre Famílias.....	25
3.6.3. Estimador da Variância Residual.....	25
3.6.4. Estimador da Variância da Interação Genótipo “versus” Ambiente.....	25
3.6.5. Herdabilidade com base na média de Famílias.....	25
3.6.6. Estimador do Índice de Variação.....	26
3.7. Relações entre Características.....	26
3.7.1. Estimador das Correlações entre pares de Características.....	26
3.7.2. Estimador dos Coeficientes de Correlação Parcial.....	27
3.7.3. Estimador dos Efeitos Diretos e Indiretos da Análise de Trilha	27
3.8. Índices de Seleção.....	31
3.8.1. Índice de Smith (1936) e Hazel (1943).....	31
3.8.2. Índice de Pesek e Baker (1969).....	35
3.8.3. Índice de Mulamba e Mock (1978).....	36
3.8.4. Índice de Williams (1962).....	36
3.9. Recombinação das Famílias Seleccionadas.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1. Análise de Variância Conjunta.....	38
4.2. Estimativas das Médias e dos Limites Inferiores e Superiores.....	46
4.3. Parâmetros Genéticos.....	52
4.4. Relações entre Características.....	56
4.4.1. Correlação Simples.....	56
4.4.2. Análise de Trilha.....	60
4.4.3. Correlação Parcial.....	65
4.5. Índices de Seleção.....	66
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
7. APÊNDICE.....	86

RESUMO

RANGEL, RAMON MACEDO; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Maio de 2009. Análise biométrica na população UENF de milho pipoca sob seleção recorrente. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Prof. Alexandre Pio Viana e Prof. Messias Gonzaga Pereira.

Neste trabalho são apresentados os resultados do quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Duzentas famílias de irmãos completos foram obtidas e avaliadas quanto ao rendimento de grãos, capacidade de expansão e outras onze características de interesse agrônomo em dois ambientes no Estado do Rio de Janeiro. Os objetivos foram estimar o ganho genético esperado para as características avaliadas após seleção por meio de índices, investigar a possibilidade de seleção mais eficiente por meio do uso de análise de trilha e de correlações parciais e averiguar a viabilidade de recomendação de nova variedade a partir da população de quinto ciclo de seleção. Foi constatada variabilidade genotípica quanto ao rendimento de grãos e capacidade de expansão. A correlação entre essas características foi negativa, porém, não significativa em 5% de probabilidade pelo teste t. A análise de trilha indicou massa de 100 grãos como sendo a característica mais associada à CE neste estudo. O índice de Mulamba e Mock (1978), com base em pesos arbitrários, foi o que proporcionou os melhores resultados para a seleção de famílias de irmãos completos de quinto ciclo de seleção, com ganhos satisfatórios para rendimento de grãos e capacidade de expansão de 8,53% e 6,01%,

respectivamente. Campos dos Goytacazes e Itaocara demonstraram ser ambientes distintos para a avaliação de genótipos em seleção.

ABSTRACT

RANGEL, RAMON MACEDO; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; May 2009. Biometrical analysis in the UENF popcorn population by recurrent selection. Advisor: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Committee Members: Prof. Alexandre Pio Viana and Prof. Messias Gonzaga Pereira.

In this study the results of the fifth cycle of recurrent selection in the UENF popcorn population are presented. Two hundred full-sib families were obtained and evaluated for grain yield, popping expansion (PE) and 11 other agronomic traits of interest, in two environments in the state of Rio de Janeiro. The objectives were to estimate the genetic gain expected for the traits evaluated by selection based on indexes, to investigate the possibility of a more efficient selection based on path analysis and partial correlations, and to investigate the possibility of the recommendation of a new variety derived from the population of the fifth selection cycle. There was genotypic variation for grain yield and popping expansion. The correlation between these traits was negative but not significant at 5% probability by the t test. Path analysis indicated the trait mass of 100 grains as most strongly associated with PE in this study. Best results were obtained by the index of Mulamba and Mock (1978) based on arbitrary weights for the selection of full-sib families in the fifth selection cycle, with satisfactory gains for grain yield and PE (8.53 % and 6.01%, respectively). Differences between the two environments Campos dos Goytacazes and Itaocara were stated for the evaluation of the genotypes under selection.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do milho pipoca tem exercido influência positiva em setores da economia nacional. Considerada uma cultura de elevada rentabilidade (Brugnera et al., 2003), seu produto final possui grande aceitação popular e em muito movimentada a economia informal. É presença garantida nas gôndolas dos mais diversos estabelecimentos comerciais do ramo de alimentos, seja nas grandes ou nas pequenas cidades do país.

Sawazaki (1995) considera que o milho pipoca não teve a mesma atenção dada ao milho comum, refletindo em pouco progresso no seu melhoramento no país, relacionando ainda este fato ao limitado número de instituições e melhoristas envolvidos com a cultura. A respeito desta observação, verifica-se que aos poucos a cultura vem recebendo atenção por parte de pesquisadores de instituições públicas e privadas no país. O desprendimento de esforços e recursos intelectuais e econômicos poderá refletir em progressos não apenas no melhoramento genético, mas também no que se refere ao manejo da cultura.

Para a safra 2008/2009, das cinco cultivares de milho pipoca e 292 cultivares de milho comum disponíveis aos agricultores, respectivamente, duas e trinta foram variedades de polinização livre (Cruz e Pereira Filho, 2009). Tal fato indica que este tipo de genótipo possui espaço no mercado brasileiro consumidor de sementes, muito embora, seu desenvolvimento esteja vinculado às empresas

públicas. Contudo, tais dados demonstram também a carência de cultivares de milho pipoca.

O desenvolvimento de variedades de polinização livre é de fundamental importância para a agropecuária brasileira, visto que favorece a inclusão do agricultor no processo produtivo, principalmente aquele que dispõe de pouco capital.

No melhoramento de milho sempre houve o interesse em desenvolver variedades melhoradas de polinização livre, vez que as variedades possuem a vantagem de possibilitar ao agricultor utilizar a sua própria semente, ao contrário do que ocorre com o uso do milho híbrido (Paterniani e Campos, 1999). Pixley et al. (2006) relatam que muitos programas públicos de melhoramento, dentre eles o do CIMMYT e IITA, investem consideráveis recursos para desenvolver e melhorar variedades de polinização aberta, disponibilizando-as como uma tecnologia situada entre as *landraces* e as variedades híbridas.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro desenvolve um Programa de Melhoramento de Milho Pipoca, com o objetivo de disponibilizar aos agricultores das regiões Norte e Noroeste Fluminense variedades com características desejáveis. Três vertentes têm sido trabalhadas, dentre as quais o emprego de seleção recorrente na população UENF.

A seleção recorrente é estratégia importantíssima para a recomendação de variedades melhoradas, tendo como exemplo a variedade de milho pipoca BRS Angela, da EMBRAPA/CNPMS (Pacheco et al., 2000).

O emprego de seleção recorrente visa à obtenção de variedade melhorada, com os consequentes aumentos das frequências de alelos favoráveis (Hallauer e Miranda Filho, 1988), sobretudo para produção de grãos e capacidade de expansão, que são as características de maior preocupação por parte dos melhoristas da cultura (Scapim et al., 2002).

Em virtude dos progressos obtidos com a população UENF de milho pipoca, delineou-se este trabalho com os seguintes objetivos:

- a) com a implementação do quinto ciclo de seleção recorrente, estimar o ganho genético esperado para as características avaliadas, após seleção por meio de índices;
- b) investigar a possibilidade de seleção mais eficiente por meio do uso de análise de trilha e de correlações parciais; e

c) averiguar a viabilidade de recomendação de nova variedade a partir do quinto ciclo de seleção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Milho pipoca: Considerações Gerais

Classificado como *Zea mays* L. ssp. *mays* ($2n=20$), o milho pipoca é uma Poaceae (Gramínea) que difere dos outros tipos de milho devido à sua característica básica do pipocamento ou pipoqueamento (Zinsly e Machado, 1987; Paterniani e Campos, 1999).

Quando comparadas ao milho comum, as plantas das populações de milho pipoca normalmente possuem porte menor, colmo mais fino e fraco, várias espigas por planta, menor número de folhas e tamanho reduzido do grão (semente), que pode ser redondo, chato ou pontudo (Zinsly e Machado, 1987). Tais plantas possuem geralmente um sistema radicular fasciculado e superficial, o que lhes confere pouca tolerância à seca (Goodman e Smith, 1987).

A origem genética do milho pipoca, assim como a do milho comum é objeto de hipóteses. De acordo com Bennetzen et al. (2001), a mais aceita é a de que o teosinte seja o ancestral do milho moderno. Existem evidências genéticas e citológicas que indicam que o milho e o teosinte são aparentados, apresentando mesmo número e homologia dos cromossomos, sendo que em cruzamentos entre o milho e um tipo de teosinte obtiveram-se híbridos férteis (Goodman e Smith, 1987).

Erwin (1949), citado por Gama (1997), considera que o milho pipoca é originário de uma mutação do milho de endosperma duro (*flint*). Entretanto,

Ziegler e Ashman (1994) concluíram ser muito improvável tal origem devido às evidências arqueológicas e ao caráter poligênico do pipoqueamento. Matsuoka et al. (2002), por meio de estudos filogenéticos com dados de microssatélites, suportam a hipótese de que o milho pipoca é realmente antigo e está na base da história da domesticação do milho.

Existe consenso entre os pesquisadores no que se refere à origem geográfica, indicando o milho como proveniente do Novo Mundo (Mangelsdorf, 1974; Hallauer e Miranda Filho, 1988). Tal afirmação se baseia em descobertas de fósseis em “Bat Cave” (Novo México), datados como os mais antigos exemplares de milho (2500 a.C.), onde tal material era do tipo pipoca (Mangelsdorf, 1974). Rust et al. (1994) relataram a descoberta de vestígios de utensílios utilizados para o preparo de pipoca, além de grãos chamuscados do tipo pipoca, referentes a um período que compreende 2250 a 200 anos a.C., em “La Venta”, planície costeira do Golfo do México. Segundo Zinsly e Machado (1987), tais descobertas evidenciaram a importância do milho pipoca na formação do patrimônio genético atual da espécie *Zea mays* L.

Santacruz-Varela et al. (2004) relatam que, desde antes da chegada de Colombo à América, muitos tipos de milho, incluindo milho pipoca, haviam sido incorporados ao sistema de agricultura por várias tribos nativas em áreas onde hoje compreendem o território dos Estados Unidos da América.

Devido à ausência de informações a respeito da diversidade genética do milho pipoca cultivado naquele país e a importância econômica da cultura, Santacruz-Varela et al. (2004) propuseram estudar a relação filogenética entre populações Norte Americanas de milho pipoca e sua relação com populações Mexicanas e Sul Americanas. Foram caracterizadas morfológica, isoenzimática e molecularmente, 56 populações dos E.U.A. e nove Latino Americanas, sendo identificados três grupos distintos. Os autores argumentam que, pelas informações obtidas, os três grupos deveriam ser reconhecidos taxonomicamente como três novas raças distintas.

Quanto à utilização do milho pipoca, Ruffato (1998), em sua revisão, relata que durante a Segunda Guerra Mundial o milho pipoca foi usado pela artilharia dos Estados Unidos da América como material de empacotamento de instrumentos frágeis de guerra, o que substituía o isopor ou papel usados nos dias de hoje. O milho pipoca também é utilizado como componente na

alimentação animal. Os criadores de pombos (columbófilos) preferem-no ao milho comum, como alimento para os pombos. Contudo, é na alimentação humana que o milho pipoca destaca-se, sendo amplamente difundido.

A maciez e textura da pipoca, que conferem qualidade à mesma, são definidas pela capacidade de expansão dos grãos (Zinsly e Machado, 1987).

A capacidade de expansão (CE) do milho pipoca compreende a razão entre o volume de pipoca expandida e o volume ou massa inicial dos grãos submetidos ao pipocamento (Lira, 1983; Guadagnin, 1996). Sabe-se que sementes de milho pipoca quando bem armazenadas conservam intacta sua capacidade de expansão por um período de 15 a 20 anos, porém, o poder de germinação é perdido após dois a três anos de armazenamento (Zinsly e Machado, 1987; Guadagnin, 1996).

Silva et al. (1993) compararam os grãos de milho pipoca e milho comum, e demonstraram ser o pericarpo do primeiro mais difusível e possuidor de maior condutividade térmica. Segundo os mesmos autores, a uma temperatura de aproximadamente 180 °C é gerada pressão no interior do grão, provocando o rompimento do pericarpo e o estouro do grão. A expansão ocorre devido à resistência do pericarpo, associada aos teores de água e óleo do grão.

Linares (1987) cita que o grau de dano no pericarpo e endosperma, além do método de secagem, são fatores que podem afetar a capacidade de expansão.

Sawazaki et al. (1986) avaliaram a influência do tamanho e umidade do grão na qualidade dos grãos e constataram que a capacidade de expansão foi maior nos grãos menores e nos teores de umidade de 10,5% a 11,5%. Nascimento e Boiteux (1994) recomendaram a padronização do grau de umidade dos grãos nos processos de identificação e seleção dos genótipos.

2.2. Uma Cultura de Importância Econômica

O agronegócio no Brasil tem-se mostrado um “braço forte” da economia nacional. A participação do agronegócio no PIB do Brasil nos últimos dez anos foi em média 24,5% (CEPEA, 2009).

Para o milho comum, a produção total estimada para a safra 2008/2009 é de 50,3 milhões de toneladas (CONAB, 2009). Quanto à cultura do milho pipoca,

há carência de informações sobre área plantada, bem como produção e quantidade importada (Carpentieri-Pípolo et al., 2002).

Na década de 90, o consumo de milho pipoca no Brasil era estimado em 80 mil toneladas e o país importava 75% dessa demanda (Galvão et al., 2000). Em 2003, com consumo estimado em 65 a 70 mil toneladas, as importações corresponderam a apenas 30% (Grupo Megaagro, 2004). Em relação à safra 2004/2005 uma nova redução na importação de grãos em cerca de 20 mil toneladas foi prevista, grande parte, em função do uso em larga escala do híbrido simples modificado IAC 112 (Sawazaki, 2001).

Santos (2005) relata que o cultivo de milho pipoca por meio do sistema integrado entre empresas empacotadoras e produtores tem crescido no país. Após selecionarem a região onde querem produzir, as empresas fornecem as sementes e a tecnologia, favorecendo aumentos de produtividade e redução nos custos de produção.

De acordo com a CEASA-Campinas (2009), no primeiro trimestre de 2009 o milho pipoca nacional estava cotado a R\$ 2,10 o kg, correspondendo a R\$ 63,00 a saca de 30 kg; e o milho pipoca importado, a R\$ 2,40 o kg, correspondendo a R\$ 60,00 a saca de 25 kg. Comparativamente, a saca de milho comum (60 kg) era comercializada a R\$ 30,00 (CEASA-RS, 2009). Segundo Ziegler e Ashman (1994), os grãos redondos, tipo pérola, com endosperma alaranjado, são os de maior aceitação comercial.

Os grãos de milho pipoca também podem ser utilizados na alimentação animal, como exemplo, a dos pombos-correio. As diferenças de preço entre o milho pipoca e o comum frequentemente direcionam à escolha do segundo. Contudo, genótipos de milho pipoca altamente produtivos e de baixa capacidade de expansão poderiam ser cultivados para atender a esta demanda. No Estado do Rio de Janeiro, dos 150 columbófilos (criadores de pombos) oficiais, 60 estão no Município de Campos dos Goytacazes, registrando uma média de 12 mil pombos e mais de 200 criadores não oficiais (O Diário, 2007).

O milho pipoca tem demonstrado elevado potencial para ser explorado na agricultura brasileira. Para os agricultores das regiões Norte e Noroeste Fluminense, a cultura é uma alternativa viável, decorrente do lucro proporcionado com seu cultivo e mercado.

Considerando-se os atrativos que a cultura do milho pipoca apresentam e com o possível advento de cultivares adaptadas às regiões Norte e Noroeste Fluminense, há a possibilidade do surgimento de empresas beneficiadoras de grão, o que ajudaria a impulsionar a cadeia produtiva da cultura.

2.3. O Melhoramento do Milho Pipoca no Brasil e sua Particularidade na UENF

O melhoramento do milho pipoca no Brasil não é recente. Apesar de diversos autores expressarem o contrário, iniciou-se em 1932, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). A primeira variedade nacional foi lançada em 1941, e proveio de ciclos de seleção massal na população base *South American Mushroom* (SAM), derivada de *South American*, procedente dos E.U.A. Porém, os trabalhos no País só foram retomados no início dos anos 80, culminando com o lançamento do híbrido simples modificado IAC 112, em 1988, oriundo de combinação de linhagens da variedade SAM com linhagens provenientes do híbrido intervarietal Guarani x UFV Amarelo e, quase que simultaneamente, do híbrido triplo Zélia, comercializado pela Pioneer¹.

Nos anos que se seguiram, raros foram os lançamentos de materiais melhorados por programas desenvolvidos no Brasil, podendo-se citar somente: RS 20, variedade de polinização aberta desenvolvida pela FEPAGRO; BRS Angela, variedade obtida de seleção recorrente no composto CMS-43, mas que apresenta como inconveniente a cor branca dos grãos; IAC 112, que atende uma parceria com a empresa Hikari; IAC 125, um híbrido 'top cross' registrado em abril de 2006; a variedade UFVM2-Barão Viçosa; e, recentemente, a Pioneer disponibilizou um híbrido triplo denominado Jade (Pacheco et al., 2000; Sawazaki, 2001; Scapim et al., 2002; Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2008; Cruz e Pereira Filho, 2009).

Embora o Brasil tenda à auto-suficiência no abastecimento de milho pipoca, a produção nacional tem sido obtida com sementes importadas de híbridos norte-americanos aqui registrados, e utilizados por empresas empacotadoras, como a Yoki Alimentos S.A., que estabelece acesso restrito de uso com os produtores parceiros da empresa. Como exemplares desses híbridos têm-se: P608, P608 HT, P618, P621 e P625 (Sawazaki, 2001; Sawazaki et al., 2003b).

O desenvolvimento de pesquisas nacionais visando ao lançamento de materiais superiores tem-se mostrado necessário. Assim, com o objetivo de disponibilizar aos produtores da região Norte e Noroeste Fluminense, variedades com características desejáveis, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro desenvolve um Programa de Melhoramento de Milho Pipoca em três linhas de atuação: melhoramento da população UENF por meio de seleção recorrente; melhoramento por meio da implementação de dialelo; e uso de marcadores de DNA na composição de grupos heteróticos de milho pipoca.

A implementação de dialelo teve início em 2003, com objetivo de identificar híbridos superiores e genitores para formação de compostos. Freitas Júnior et al. (2006) avaliaram a capacidade combinatória de dez populações de milho pipoca por meio de dialelo circulante e verificaram a existência de genitores aptos ao melhoramento intrapopulacional, além de genitores que se destacaram em combinações híbridas. Rangel et al. (2007) e Rangel et al. (2008), avaliando as mesmas populações, porém em outros dois ambientes, ratificaram os resultados de Freitas Júnior et al. (2006), e estimaram os parâmetros genéticos associados a rendimento de grãos e capacidade de expansão.

Em 2007, dez linhagens provenientes da Universidade Estadual de Maringá foram cruzadas em esquema de dialelo completo originando 45 híbridos, os quais foram avaliados em dois ambientes no Estado do Rio de Janeiro. Conforme Silva (2009), três híbridos foram considerados superiores quanto à capacidade de expansão e rendimento de grãos.

Na corrente positiva do programa de melhoramento de milho pipoca da UENF, o uso dos marcadores de DNA contribuirá para a identificação de genótipos distantes, geneticamente, que em combinação, potencializarão a heterose para as características estudadas.

No que se refere ao melhoramento da população UENF (UNB-2U), Pereira e Amaral Júnior (2001) utilizaram o Delineamento I (Comstock e Robinson, 1948), e avaliaram 92 famílias de irmãos completos em dois ambientes contrastantes, com o intuito de definir a estratégia de melhoramento que maximizasse os ganhos desejados. Os resultados evidenciaram a existência de suficiente variabilidade genética para capacidade de expansão e produção de grãos, e que os maiores ganhos para estas características seriam possíveis com a seleção recorrente entre famílias de irmãos completos.

Daros et al. (2002) implementaram o primeiro ciclo de seleção recorrente na população UENF, obtendo 75 famílias de irmãos completos e avaliando-as em dois ambientes (Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ). Os resultados revelaram a possibilidade de progresso genético de 10,39% para capacidade de expansão e 4,69% para produção de grãos com o primeiro ciclo de seleção recorrente.

Diante dos resultados obtidos com o primeiro ciclo de seleção na população base UENF, Daros et al. (2004b) implementaram o segundo ciclo, contudo, utilizando famílias endogâmicas S_1 . A seleção das famílias superiores, realizada com base no índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), proporcionaram ganhos preditos de 26,95% para produção de grãos e de 17,8% para capacidade de expansão.

Santos et al. (2007), ao conduzirem o terceiro ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, detectaram, novamente, suficiente variabilidade genética a ser explorada em ciclos futuros. Foram obtidas e avaliadas 192 famílias de meios irmãos e, com o emprego do índice de Mulamba e Mock (1978), verificou-se a possibilidade de ganhos genéticos de 7,16% para capacidade de expansão e 10,00% para produção de grãos.

Vilela et al. (2008), por meio de marcadores RAPD, avaliaram o impacto da seleção recorrente na variabilidade genética da população UENF e concluíram que a seleção recorrente por diferentes estratégias de melhoramento não proporcionou o estreitamento genético da população sob seleção.

Freitas Júnior et al. (2009) conduziram novo ciclo de seleção recorrente na população UENF, desta vez com famílias de irmãos completos, e verificaram a possibilidade de progressos genéticos de 8,50% para capacidade de expansão e 10,55% para rendimento de grãos, com o uso do índice de Mulamba e Mock (1978).

Diante dos resultados alcançados, a expectativa é de que o programa de seleção recorrente de milho pipoca da UENF disponibilize nova variedade a ser avaliada em ensaios de VCU para averiguação da possibilidade de recomendação para o Norte e Noroeste Fluminense.

2.4. Seleção Recorrente: Abordagem Sucinta

Os melhoristas de milho têm usado frequentemente métodos de seleção recorrente com base em famílias de irmãos completos, meios irmãos e progênies S_1 ou S_2 (Carena, 2005).

Conforme relataram Hallauer e Miranda Filho (1988), a seleção recorrente é um método cíclico de seleção de genótipos de uma população que envolve três etapas: obtenção de progênies, avaliação das progênies e recombinação das selecionadas. Com este método, a cada ciclo de seleção recorrente ocorre uma maior concentração de alelos favoráveis na população trabalhada, com o consequente aumento da média populacional.

A seleção recorrente foi primeiramente empregada por Hull, em 1945, como sendo uma re-seleção, geração após geração, com subsequente intercruzamento entre os tipos selecionados (recombinação gênica), o que permite elevar a frequência de alelos favoráveis e manter a endogamia em baixo nível, a ponto de assegurar um alto grau de variabilidade genética (Pinto, 1995).

Linares (1987) relata que os pioneiros em sugerir o intercruzamento entre indivíduos selecionados, como um método para concentrar genes com efeitos desejáveis, foram East e Jones, em 1919, e Hayes e Garber, também em 1919.

De acordo com Paterniani (1980), a taxa de elevação das frequências gênicas favoráveis como efeito da seleção depende de muitos fatores, entre os quais podem-se mencionar: variabilidade genética, método de seleção empregado, tamanho da população e influência do ambiente.

A população inicial à qual será aplicada a seleção recorrente pode ser uma variedade de polinização aberta, variedade sintética, híbrido ou clone; porém, é de fundamental importância que tais populações possuam um elevado comportamento médio e variabilidade genética para assegurar um progresso contínuo durante os ciclos de seleção (Borém e Miranda, 2005).

A variedade de milho pipoca BRS Angela, disponibilizada pela Embrapa Milho e Sorgo, ratifica a importância da seleção recorrente como alternativa para a recomendação de variedades melhoradas (Pacheco et al., 2000).

Duas categorias compõem o método de seleção recorrente, quais sejam: melhoramento intrapopulacional, no qual a seleção visa à melhoria do comportamento de uma única população; e melhoramento interpopulacional, em

que a seleção visa ao melhoramento simultâneo de duas populações, com o objetivo de desenvolver linhagens com alta capacidade de combinação para a produção de híbridos, como pode ser verificado para milho pipoca em Faria et al. (2008).

No melhoramento intrapopulacional, a maior facilidade de execução e aplicabilidade na maioria das características agrônômicas torna tais métodos mais utilizados. Dentre as estratégias utilizadas, pode-se citar a seleção recorrente entre famílias de irmãos completos.

2.5. Seleção Recorrente entre Famílias de Irmãos Completos

A descendência do cruzamento entre duas plantas selecionadas na população é o que se denomina família de irmãos completos. Borém e Miranda (2005) argumentam que existem inúmeras variações deste esquema de seleção recorrente, que é também denominado seleção recorrente entre famílias de irmãos germanos.

Viana (2007), analisando ganhos genéticos teóricos de milho como resultado da seleção entre famílias de irmãos completos e entre famílias de meios irmãos, concluiu ser a primeira mais eficiente que a segunda.

O cruzamento planta a planta no melhoramento de milho foi utilizado por Blount, por volta de 1868. As sementes obtidas eram misturadas para plantio na próxima geração, não havendo, portanto, avaliação das progênes individuais. Entretanto, o método de seleção de progênes de irmãos completos foi proposto por Harland, em 1946, obtendo resultados considerados substanciais no melhoramento de uma variedade (Paterniani e Miranda Filho, 1987).

Na década de 1980, as progênes de irmãos completos obtidas por meio de polinizações manuais eram avaliadas. As sementes de cada cruzamento formavam, então, uma família, a qual era avaliada em ensaios de produção. As progênes que porventura se sobressaíssem nos ensaios eram recombinadas, empregando-se as sementes remanescentes de seus genitores, formando, assim, a população de primeiro ciclo de recombinação (Paterniani e Miranda Filho, 1987).

Daros et al. (2002) empregaram este esquema na condução do primeiro ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. O procedimento

requer que a planta seja prolífica, ou seja, produza mais de uma espiga por planta, de modo a permitir a obtenção de uma espiga cruzada e outra autofecundada.

Outra forma de emprego de progênies de irmãos completos se encontra na fase de recombinação das famílias selecionadas. Neste caso, em vez da família de irmão completo selecionada ser recombinada por meio de seus pais previamente autofecundados, o intercruzamento passa a ser realizado com as próprias famílias que foram avaliadas e selecionadas, ou seja, a unidade de avaliação é a mesma de recombinação. Deste modo, evita-se a necessidade de autofecundar as plantas, o que favorece os trabalhos de polinização e permite o incremento no número de famílias obtidas, sem, contudo, perder em ganho por ciclo de seleção em função do controle parental.

Em relação ao controle parental, Eberhart (1970), estudando os fatores que afetam a eficiência dos métodos de melhoramento, propôs, como meio de aumentar o ganho por ciclo de seleção, tornar maior a variância genética aditiva e o controle dos cruzamentos (controle parental) entre os indivíduos da população que está sendo submetida à seleção. Neste contexto, o controle parental assume valor igual a 1 quando a unidade de seleção for igual à unidade de recombinação; $1/2$, quando o pai é desconhecido e seleciona-se apenas a mãe, como no caso de seleção massal, massal estratificada, espiga por fileira e suas modificações; e 2 quando avalia-se famílias de meios irmãos e recombina-se indivíduos autofecundados.

2.6. Relações Entre Características

O grau de associação genética e não-genética entre duas ou mais características pode ser estimado por meio do coeficiente de correlação (Hallauer e Miranda Filho, 1988).

O estudo de correlações entre características é de grande importância por fornecer informações que venham auxiliar o melhorista no processo de seleção (Coimbra et al., 2001). A eficiência da seleção de um caráter pode ser aumentada com a utilização de características agrônômicas correlacionadas (Paterniani e Campos, 1999).

A mensuração da correlação pode ser diretamente realizada entre duas características em determinado número de indivíduos que representam a população, e é denominada correlação fenotípica, que é proveniente de duas causas: uma genética e outra ambiental. Somente a correlação genética envolve associações de natureza herdável e, por isso, é a que realmente interessa em um programa de melhoramento (Falconer, 1987).

Vilarinho et al. (2003) ressaltam que a prática de seleção em um caráter pode alterar a média de todos os outros com as quais é correlacionado geneticamente, causando efeito indireto de seleção em tais características. Isso assume importância relevante, uma vez que o melhorista está interessado na melhoria de um conjunto de características (Cruz et al., 2004).

No estudo das correlações simples entre características, há que se ter atenção vez que os coeficientes obtidos podem produzir grandes equívocos a respeito da relação que há entre duas características, podendo não ser uma medida real de causa e efeito. Deste modo, a magnitude do coeficiente de correlação pode ser o resultado do efeito que, sobre essas duas características, exerce uma terceira ou um grupo de características (Cruz et al., 2004).

O coeficiente de correlação parcial é uma medida mais informativa sobre a relação entre características, pois é estimado removendo-se os efeitos de outras características sobre a associação estudada (Cruz et al., 2004).

Os coeficientes de correlação simples também não fornecem a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos das associações entre características. Assim, o desdobramento dos coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos sobre uma variável básica é dado pela análise de trilha (Cruz et al., 2004).

No melhoramento de milho pipoca, a capacidade de expansão tem sido reportada como negativamente correlacionada com outras características importantes, como é caso da produção de grãos (Zinsly e Machado, 1987; Sawazaki, 1995; Coimbra et al., 2001; Carpentieri-Pípolo et al., 2002).

Daros et al. (2004a) estimaram as correlações entre capacidade de expansão e produção de grãos em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca, ratificando os resultados dos autores supracitados.

A correlação negativa entre as duas principais características em milho pipoca gera uma dificuldade adicional no melhoramento da cultura. Para tanto,

uma alternativa viável tem sido o uso de índices de seleção, que têm permitido obter ganhos em ambas as características, e em conjunto com outras que o melhorista priorizar no processo seletivo.

2.7. Seleção por Índice Multivariado

O crescimento do setor agrícola fez surgir o produtor rural profissional, o qual prima por materiais genéticos de qualidade, dotado de características de extrema excelência, as quais para serem reunidas em um genótipo requerem o auxílio de técnicas estatísticas mais elaboradas.

Na outra vertente encontram-se os consumidores, ávidos por alimentos de qualidade e preço acessível. No caso do milho pipoca, tal premissa se aplica e, deste modo, há necessidade de que as novas cultivares possuam características agrônomicas interessantes ao produtor, tais como, produtividade, resistência a doenças e pragas, pouco quebramento e acamamento de plantas; e características que sejam apreciadas pelos consumidores, tais como maciez e bom pipocamento.

Os índices de seleção são uma ferramenta muito útil no melhoramento de culturas como o milho pipoca. Conforme Cruz et al. (2004), tais índices constituem uma técnica multivariada que associa as informações relativas a vários caracteres de interesse agrônomico com as propriedades genéticas da população avaliada. Com os índices de seleção cria-se valor numérico, que funciona como caráter adicional, teórico, resultante da combinação de determinados caracteres selecionados pelo melhorista, sobre os quais se deseja proceder a seleção simultânea.

Os índices de seleção têm sido utilizados no Programa de Melhoramento de Milho pipoca da UENF. Daros et al. (2004a) empregaram o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) na seleção das famílias superiores de segundo ciclo.

O índice de Smith (1936) foi proposto nos programas de melhoramento de plantas como critério para selecionar, simultaneamente, duas ou mais características correlacionadas. Hazel (1943) adaptou esse procedimento ao melhoramento animal.

Santos et al. (2007), em continuação ao trabalho de Daros et al. (2004a), também empregaram o índice de Smith (1936) e Hazel (1943), além dos índices de Williams (1962), Pesek e Baker (1969) e Mulamba e Mock (1978).

De acordo com Santos et al. (2007), o índice de Mulamba e Mock (1978) permitiu a predição de ganhos em maior número de características e, quanto à capacidade de expansão e produção de grãos, proporcionou ganhos superiores aos demais índices.

O índice de Mulamba e Mock (1978) baseia-se em soma de “ranks” e consiste em classificar os materiais genotípicos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada caráter, resultando uma medida adicional tomada como índice de seleção (Cruz et al., 2004).

Vilarinho et al. (2002), com o objetivo de selecionar progênies S_1 e S_2 com elevado rendimento de grãos e capacidade de expansão, recomendaram o emprego do índice de Mulamba e Mock (1978) para a seleção de 30 progênies para melhoramento intrapopulacional.

Pesek e Baker (1969) propuseram o índice no qual os pesos econômicos relativos às várias características em estudo poderiam ser substituídos pelos ganhos desejados pelo melhorista para cada característica. Daí, esta proposta de índice ser considerada como índice com base nos ganhos desejados.

Tem-se verificado a aplicação do índice de Pesek e Baker (1969) no melhoramento de espécies florestais. Martins et al. (2003) avaliaram a possibilidade do emprego dos índices de seleção com o objetivo de identificar progênies de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) superiores quanto à circunferência à altura do peito, altura de plantas, dentre outras características. Os autores concluíram que o índice de Pesek e Baker (1969) foi o único a apresentar ganhos esperados no sentido almejado para todas as características avaliadas.

Paula et al. (2002), com o objetivo de prever progressos genéticos advindos da seleção por meio de índices também em *Eucalyptus*, verificaram que o índice de Pesek e Baker (1969) proporcionou resultados satisfatórios e semelhantes aos obtidos pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943).

Williams (1962) propôs um índice que dispensa as estimativas de variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Deste modo, o índice é

estabelecido pela combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, as quais são ponderadas diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos.

Em milho doce, Cardoso et al. (2003), com o objetivo de comparar ganhos genéticos preditos utilizando diferentes índices para a seleção simultânea de quatro características em três populações, constataram que os maiores ganhos foram preditos pelo índice de Williams (1962).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material Genético

A população UNB-2U de milho pipoca, doravante denominada “UENF”, submetida à seleção recorrente neste estudo, compreende uma variedade de polinização aberta originada da população UNB-2 após dois ciclos de seleção massal em Campos dos Goytacazes, RJ.

A partir de um composto indígena que a ESALQ/USP doou à Universidade de Brasília, gerou-se a população UNB-1. A UNB-1 foi cruzada com a variedade Americana, e as progênes selecionadas, cruzadas com uma variedade de milho pipoca resistente à *Exserohilum turcicum* e de grãos amarelos. Por meio de seleção massal, após dois ciclos, obteve-se uma população constituída por plantas resistentes, com grãos amarelos e alta produção, a qual foi retrocruzada por três vezes com a variedade Americana, dando origem à população UNB-2 (Pereira e Amaral Júnior, 2001).

3.2. Obtenção das Famílias de Irmãos Completos

Foi empregado o método de Seleção Recorrente entre 200 Famílias de Irmãos Completos. As progênes foram obtidas durante o segundo e terceiro trimestre de 2007 no Campo Experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), anexo ao Colégio Estadual Agrícola Antônio

Sarlo, no Município de Campos dos Goytacazes, RJ. Para tanto, uma amostra da população UENF do quarto ciclo de seleção recorrente foi semeada em fileiras de 6,00 m de comprimento, no espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas, a uma profundidade de 0,05 m no sulco. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, aplicando-se 350 kg.ha⁻¹ de adubo N-P-K na formulação 04-14-08. Aos 21 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova, e aos 30 dias após a emergência uma adubação de cobertura com nitrogênio, na forma de sulfato de amônio. Os tratamentos culturais foram feitos conforme recomendado por Sawazaki (2001).

No procedimento de obtenção das progênes de irmãos completos, as fileiras de plantio foram enumeradas, bem como suas respectivas plantas (1 a 15), de modo a facilitar a identificação dos cruzamentos preferencialmente realizados entre os pares de fileiras. As polinizações foram realizadas manualmente. Para tanto, as espigas foram previamente cobertas, ou seja, antes de liberarem os estilo-estigmas, utilizando sacolas de plástico especial para tal fim.

Para a realização dos cruzamentos, preferencialmente nos horários da manhã, os pares de fileiras eram percorridos e as plantas que se apresentavam aptas a serem cruzadas eram identificadas, isto é, aquelas que estavam liberando pólen e ao mesmo tempo apresentando espigas receptivas. Identificadas as plantas, seus pendões eram cobertos com sacos de papel tipo "Kraft" para recolhimento dos grãos de pólen, sendo que em cada saco de papel havia a orientação de qual planta deveria ser polinizada, a fim de se obter progênes de irmãos completos.

No dia seguinte eram realizados os cruzamentos. Os riscos de contaminação por grãos de pólen estranho eram reduzidos, devido à perda de viabilidade dos mesmos após oito horas (Goodman e Smith, 1987), o que permitia afirmar que qualquer pólen viável que se encontrasse no saco de papel somente poderia ter sido proveniente do pendão coberto.

Findo o período de cruzamentos e beneficiamento das sementes, foram obtidas 200 famílias de irmãos completos.

3.3. Avaliação das Famílias de Irmãos Completos

As avaliações foram realizadas em dois ambientes no Estado do Rio de Janeiro: Campo Experimental da UENF, anexo ao Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, e Campo Experimental da UENF em Itaocara – Ilha Barra do Pomba, respectivamente, Regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Caracterizada pelas coordenadas 21° 45' de latitude sul, 41° 20' W de longitude e 11 m de altitude (Oliveira, 1996), Campos dos Goytacazes apresenta uma precipitação média anual de 1.023 mm, evapotranspiração potencial de 1.601 mm anuais e temperatura média anual de 23 °C, classificado como tropical chuvoso, clima de bosque (Am) (Koeppen, citado por Ometto, 1981). Já o Município de Itaocara é caracterizado pelas coordenadas 21° 39' 12" de latitude sul, 42° 04' 36" W de longitude e 60 m de altitude, apresentando clima do tipo Aw, com precipitação média anual de 1.041 mm e temperatura média anual de 22,5 °C (Fontes, 2001). A distância entre Campos dos Goytacazes e Itaocara é de 120 km.

Cada ensaio foi constituído pelas 200 famílias de irmãos completos e pelas testemunhas IAC 112, IAC 125 e Zélia, respectivamente, híbrido simples modificado, 'top cross' e híbrido triplo.

Os plantios ocorreram nos dias 12 e 27 de novembro de 2007, respectivamente, em Campos dos Goytacazes e Itaocara. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com repetições dentro de 'sets', empregando-se duas repetições. As 200 famílias e as testemunhas foram arranjadas em oito 'sets'. Assim, cada 'set' conteve 25 famílias e três testemunhas, totalizando 28 tratamentos. As parcelas experimentais foram constituídas por fileiras simples de 5,00 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas (55.555 pl.ha⁻¹). Foram semeadas três sementes por cova a uma profundidade de 0,05 m e, aos 21 dias após a emergência, realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova.

De acordo com a análise de solo, a adubação de plantio foi realizada aplicando-se 800 kg.ha⁻¹ de adubo N-P-K na formulação 04-14-08. A primeira adubação de cobertura foi realizada 30 dias após plantio, por ocasião da amontoa, aplicando-se 300 kg.ha⁻¹ da formulação 20-00-20. A segunda adubação

foi realizada aos 45 dias após plantio na dosagem de 260 kg.ha^{-1} de sulfato de amônio (Sawazaki, 2001). A colheita manual das espigas foi realizada no mês de março de 2008.

As características avaliadas foram as seguintes:

- a) número de dias para o florescimento (FLOR): compreende o período entre o plantio e a liberação dos estilo-estigmas de pelo menos 50% das plantas da fileira, sendo anotado de dois em dois dias;
- b) altura de planta (AP): mensurada após o pendoamento e expressa em cm, sendo a média da parcela, considerando a distância do nível do solo à inserção da folha bandeira em seis plantas competitivas;
- c) altura de inserção da primeira espiga (AE): também expressa em cm, sendo a média da parcela, e mensurada nas mesmas plantas utilizadas para a característica anterior, compreendendo a distância entre o nível do solo e a base de inserção da espiga superior;
- d) estande final (NP): expresso pelo número de plantas contidas na parcela por ocasião da colheita;
- e) número de espigas mal empalhadas (EMP): dado pela contagem das espigas mal empalhadas, ou seja, aquelas que não apresentavam a ponta da espiga coberta por palha, em cada parcela, na ocasião da colheita;
- f) número de plantas quebradas (NPQ): expresso pela contagem de plantas que apresentavam o colmo quebrado abaixo da espiga superior em cada parcela na ocasião da colheita;
- g) número de espigas (NE): dado pelo número de espigas colhidas em cada parcela;
- h) número de espigas doentes (ED): obtido pela contagem de espigas doentes em cada parcela na ocasião da colheita;
- i) número de espigas atacadas por pragas (EP): expresso pela contagem de espigas atacadas por pragas em cada parcela na ocasião da colheita;
- j) peso de espigas (PE): obtido por pesagem das espigas despalhadas, em cada parcela, após colheita e expressa em kg.ha^{-1} ;
- k) rendimento de grãos (RG): obtido por pesagem dos grãos em cada parcela, após debulha, e expresso em kg.ha^{-1} ;

l) massa de 100 grãos (M100): determinada em balança de duas casas decimais e expressa em gramas, compreendendo a massa de 100 grãos escolhidos de forma aleatória em superfície lisa; e

m) capacidade de expansão (CE): expressa pela relação mL.g^{-1} , ou seja, volume de pipoca estourada em relação à massa de grãos submetida ao pipocamento. A massa de grãos submetida ao pipocamento compreendia 30 g e o volume resultante da expansão foi mensurado em proveta de 2.000 mL.

Para a quantificação da capacidade de expansão foi utilizado um aparelho de microondas da marca Panasonic modelo NN-S65B, sob potência máxima de 1.000 watts durante 3 minutos, com duas repetições para cada parcela. Os grãos foram colocados dentro de potes apropriados para estourar pipoca (*Corn Popper*, da *Nordic Ware*), sem óleo.

A determinação da expansão foi realizada com teor de água nos grãos de 11,1% b.u., quantificado por meio do método padrão da estufa com circulação de ar ($105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas), com cinco repetições e sem tritura da amostra, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Para posterior recombinação das famílias selecionadas, uma quantidade suficiente de sementes remanescentes de todas as famílias de irmãos completos ficou armazenada.

3.4. Análise Estatística

Após a mensuração das características nas famílias de irmãos completos e testemunhas, foi realizada a análise de variância, considerando-se de efeito aleatório as fontes de variação família e 'set', e de efeito fixo a fonte de variação ambiente, empregando-se o modelo genético-estatístico: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + S_j + AS_{ij} + R/AS_{ijk} + F/S_{jl} + AF/S_{ijl} + \xi_{ijkl}$, em que:

Y_{ijkl} = valor fenotípico da ijkl-ésima observação referente a l-ésima família, j-ésimo 'set' e i-ésimo ambiente na k-ésima repetição;

μ = constante geral;

A_i = efeito do i-ésimo ambiente;

S_j = efeito do j-ésimo 'set';

AS_{ij} = efeito da interação entre o i-ésimo ambiente e o j-ésimo 'set';

R/AS_{ijk} = efeito da k-ésima repetição dentro da interação entre o i-ésimo ambiente e o j-ésimo 'set';

F/S_{jl} = efeito da l-ésima família dentro do j-ésimo 'set';

AF/S_{ijl} = efeito da interação entre o i-ésimo ambiente e a l-ésima família, dentro do j-ésimo 'set'; e

ξ_{ijkl} = erro experimental associado à observação ijkl \sim NID $(0, \sigma_e^2)$.

A análise de variância dos dados foi realizada empregando-se os recursos computacionais do Programa SAS (SAS, 1985).

3.5. Esperança dos Quadrados Médios

O esquema da análise de variância, com as respectivas esperanças dos quadrados médios, considerando-se como de efeito aleatório as fontes de variação família e 'set', e de efeito fixo a fonte de variação ambiente, encontra-se na Tabela 1.

De acordo com Cruz (2005), ϕ_A corresponde ao componente quadrático que expressa a variabilidade associada ao efeito de ambiente. Quanto à θ , segundo o mesmo autor, no componente da interação que envolve efeitos aleatórios e fixos, deve-se acrescentar um coeficiente de multiplicação dado por $f/f-1$, em que f representa o número limite do efeito fixo considerado.

Segundo Cruz et al. (2004), o teste F para a fonte de variação Ambiente "versus" 'Set' deve estar associado a n_1 e n_2 graus de liberdade obtidos pela fórmula de Satterthwaite, com a seguinte expressão:

$$n_1 = \frac{(QMAxS + QMR)^2}{\frac{(QMAxS)^2}{(a-1)(s-1)} + \frac{(QMR)^2}{as(f-1)(r-1)}} \text{ e } n_2 = \frac{[QM(AxF)/S + QM(R)/AxS]^2}{\frac{[QM(AxF)/S]^2}{s(f-1)(a-1)} + \frac{[QM(R)/AxS]^2}{as(r-1)}}$$

3.6. Estimador dos Parâmetros Genéticos

Os estimadores dos componentes de variância foram obtidos com base nas esperanças dos quadrados médios expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de variância e esperança dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)	Teste F
Ambientes (A)	a - 1	QMA	$\sigma^2 + fr\theta\sigma_{AS}^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2 + fsr\phi_A$	$\frac{QMA}{QMAxS}$
Sets (S)	s - 1	QMS	$\sigma^2 + ar\sigma_{F/S}^2 + far\sigma_S^2$	$\frac{QMS}{QMF/S}$
A x S	(a - 1)(s - 1)	$QMAxS$	$\sigma^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2 + fr\sigma_{AS}^2$	$\frac{QMAxS + QMR}{QM(AxF)/S + QM(R)/AxS}$
Repetições (R)/ A x S	as (r - 1)	$QM(R)/AxS$	$\sigma^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2$	$\frac{QM(R)/AxS}{QMR}$
Famílias (F)/ S	s (f - 1)	QMF/S	$\sigma^2 + ar\sigma_{F/S}^2$	$\frac{QMF/S}{QMR}$
(A x F)/ S	s (a - 1)(f - 1)	$QM(AxF)/S$	$\sigma^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2$	$\frac{QM(AxF)/S}{QMR}$
Resíduo	as (f - 1)(r - 1)	QMR	σ^2	
Total	(afrs) - 1			

Em que:

$$\phi_A = \frac{\sum A_i^2}{a-1} \text{ e } \theta = \frac{a}{a-1} \text{ (Cruz, 2005).}$$

3.6.1. Estimador da Variância Genotípica entre Famílias

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{QMF/S - QMR}{ar},$$

em que:

QMF/S = quadrado médio de Famílias dentro de 'Sets';

QMR = quadrado médio do resíduo;

a = número de ambientes; e

r = número de repetições.

3.6.2. Estimador da Variância Fenotípica entre Famílias

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{QMF/S}{ar}$$

3.6.3. Estimador da Variância Residual

$$\hat{\sigma}_r^2 = \frac{QMR}{ar}$$

3.6.4. Estimador da Variância da Interação Genótipo "versus" Ambiente

$$\hat{\sigma}_{GA}^2 = \frac{QM(AxF)/S - QMR}{r} \cdot \frac{a-1}{a}$$

em que:

$QM(AxF)/S$ = quadrado médio da interação Famílias "versus" Ambiente dentro de 'Sets'.

3.6.5. Herdabilidade com base na média de Famílias

$$\hat{h}_x^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2} = \frac{QMF/S - QMR}{QMF/S}$$

3.6.6. Estimador do Índice de Variação

$$\hat{I}_v = \frac{CVg}{CVe}$$

em que:

CVg = Coeficiente de Variação Genético; e

CVe = Coeficiente de Variação Experimental.

3.7. Relações entre Características

3.7.1. Estimador das Correlações entre Pares de Características

As seguintes expressões foram utilizadas para o cálculo dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre os pares de características (Cruz et al., 2004).

$$r_F = \frac{COV_{F(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma_{FX}^2 \sigma_{FY}^2)}}$$

$$r_G = \frac{COV_{G(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma_{GX}^2 \sigma_{GY}^2)}}$$

$$r_A = \frac{COV_{A(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma_{AX}^2 \sigma_{AY}^2)}}$$

em que:

$COV_{F(X,Y)}$, $COV_{G(X,Y)}$ e $COV_{A(X,Y)}$ = respectivamente, covariâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre as características X e Y;

σ_{FX}^2 , σ_{GX}^2 e σ_{AX}^2 = respectivamente, variância fenotípica, genotípica e de ambiente da característica X; e

σ_{FY}^2 , σ_{GY}^2 e σ_{AY}^2 = respectivamente, variância fenotípica, genotípica e de ambiente da característica Y.

A significância dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente foi avaliada pelo teste t, em 5% e 1% de probabilidade (Steel e Torrie, 1980).

Para a obtenção das covariâncias foram utilizados os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2006).

3.7.2. Estimador dos Coeficientes de Correlação Parcial

A correlação $r_{xy.z}$ é denominada correlação parcial entre X e Y e quantifica a relação entre essas duas características, após removidos os efeitos de Z (Cruz et al., 2004).

O coeficiente de correlação parcial foi obtido pela seguinte expressão:

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{(1 - r_{xz}^2)(1 - r_{yz}^2)}$$

em que:

r = correlação genotípica (r_G) entre pares de características.

3.7.3. Estimador dos Efeitos Diretos e Indiretos da Análise de Trilha

A análise de trilha nos casos em que se considera um único modelo causal, ou seja, quando existe uma característica principal Y e características explicativas, como X_1 , X_2 e X_3 , segue o modelo (Cruz et al., 2004):

$$Y - \bar{Y} = b_{01}(X_1 - \bar{X}_1) + b_{02}(X_2 - \bar{X}_2) + b_{03}(X_3 - \bar{X}_3) + \varepsilon \quad (1)$$

em que:

b = coeficiente de regressão linear entre duas variáveis padronizadas.

Pelas propriedades relacionadas às variáveis padronizadas, obtém-se:

$$y = p_{01}x_1 + p_{02}x_2 + p_{03}x_3 + p_\varepsilon u \quad (2)$$

em que:

$$y = (Y - \bar{Y}) / \sigma_y ;$$

$$x_i = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma_{x_i} ;$$

$$u = \varepsilon / \sigma_\varepsilon ;$$

$$p_\varepsilon = \sigma_\varepsilon / \sigma_y ; \mathbf{e}$$

$$p_{0i} = (b_{0i} \sigma_{x_i}) / \sigma_y$$

No modelo, verifica-se que:

$$V(y) = V(x_i) = V(u) = 1$$

$$\text{Cov}(y, x_i) = r_{0i}$$

$$\text{Cov}(x_i, x_j) = r_{ij}$$

$$\text{Cov}(u, x_i) = 0$$

Observando-se o modelo (2), verificam-se as seguintes relações:

$$\hat{V}(y) = \hat{p}_{01}^2 + \hat{p}_{02}^2 + \hat{p}_{03}^2 + 2\hat{p}_{01}\hat{p}_{02}r_{12} + 2\hat{p}_{01}\hat{p}_{03}r_{13} + 2\hat{p}_{02}\hat{p}_{03}r_{23} + \hat{p}_\varepsilon^2 \quad (3)$$

$$C\hat{ov}(y, x_1) = r_{01} = \hat{p}_{01} + \hat{p}_{02}r_{12} + \hat{p}_{03}r_{13}$$

$$C\hat{ov}(y, x_2) = r_{02} = \hat{p}_{01}r_{12} + \hat{p}_{02} + \hat{p}_{03}r_{23} \quad (4)$$

$$C\hat{ov}(y, x_3) = r_{03} = \hat{p}_{01}r_{13} + \hat{p}_{02}r_{23} + \hat{p}_{03}$$

O coeficiente de determinação do modelo causal ($R_{0.123}^2$), que mede os efeitos das três características explicativas ou primárias (x_1 , x_2 e x_3) sobre a característica principal y , pode ser estimado com base em (3):

$$R_{0.123}^2 = \hat{p}_{01}^2 + \hat{p}_{02}^2 + \dots + 2\hat{p}_{02}\hat{p}_{03}r_{23}$$

Considerando ainda a equação (3), estima-se o efeito da variável residual sobre a característica principal:

$$\hat{p}_\varepsilon = \sqrt{1 - R_{0.123}^2}$$

Em (4) verifica-se a decomposição das correlações r_{0i} em efeitos diretos de x_i sobre a característica principal, expresso por \hat{p}_{0i} , e os efeitos indiretos de x_i , via x_j , expresso por $\hat{p}_{0j}r_{ij}$. A estimação dos efeitos diretos e indiretos é obtida pela solução do sistema de equações descrito em (4).

A análise de trilha também permite o estudo das influências de componentes secundários sobre componentes primários e sobre a variável principal.

Os efeitos diretos e indiretos das características secundárias sobre cada característica primária (X_1 , X_2 e X_3) são estimados de maneira semelhante à descrita na estimação dos efeitos diretos e indiretos das características primárias sobre a característica principal. Contudo, deve-se adotar o modelo apropriado e o sistema de equações derivado a partir deste modelo. Deste modo, tem-se o seguinte modelo explicativo para X_1 (Cruz et al., 2004):

$$X_1 = p_{14}Z_4 + p_{15}Z_5 + p_{16}Z_6 + p_{17}Z_7 + p_{1e}\varepsilon_1$$

em que:

Z_4, Z_5, Z_6 e Z_7 = referente às características (componentes) secundários.

Do modelo explicativo derivam-se as equações:

$$r_{14} = \hat{p}_{14} + \hat{p}_{15}r_{45} + \hat{p}_{16}r_{46} + \hat{p}_{17}r_{47}$$

$$r_{15} = \hat{p}_{14}r_{45} + \hat{p}_{15} + \hat{p}_{16}r_{56} + \hat{p}_{17}r_{57}$$

$$r_{16} = \hat{p}_{14}r_{46} + \hat{p}_{15}r_{56} + \hat{p}_{16} + \hat{p}_{17}r_{67}$$

$$r_{17} = \hat{p}_{14}r_{47} + \hat{p}_{15}r_{57} + \hat{p}_{16}r_{67} + \hat{p}_{17}$$

$$R_{1.4567}^2 = \hat{p}_{14}r_{14} + \hat{p}_{15}r_{15} + \hat{p}_{16}r_{16} + \hat{p}_{17}r_{17}$$

$$\hat{p}_{1e} = \sqrt{1 - R_{1.4567}^2}$$

As estimativas dos efeitos são obtidas pela solução do sistema proposto.

A Tabela 2 contém os estimadores dos efeitos diretos e indiretos considerando-se os modelos explicativos para X_1 , X_2 e X_3 .

Tabela 2 – Estimador dos efeitos diretos e indiretos de quatro componentes secundários (Z_4 , Z_5 , Z_6 e Z_7) sobre três componentes primários (X_1 , X_2 e X_3).

Componentes secundários	Descrição dos Efeitos	Componentes Primários		
		X_1	X_2	X_3
Z_4	Efeito direto	\hat{p}_{14}	\hat{p}_{24}	\hat{p}_{34}
	Efeito indireto via Z_5	$\hat{p}_{15}r_{45}$	$\hat{p}_{25}r_{45}$	$\hat{p}_{35}r_{45}$
	Efeito indireto via Z_6	$\hat{p}_{16}r_{46}$	$\hat{p}_{26}r_{46}$	$\hat{p}_{36}r_{46}$
	Efeito indireto via Z_7	$\hat{p}_{17}r_{47}$	$\hat{p}_{27}r_{47}$	$\hat{p}_{37}r_{47}$
	Total	r_{14}	r_{24}	r_{34}
Z_5	Efeito direto	\hat{p}_{15}	\hat{p}_{25}	\hat{p}_{35}
	Efeito indireto via Z_4	$\hat{p}_{14}r_{45}$	$\hat{p}_{24}r_{45}$	$\hat{p}_{34}r_{45}$
	Efeito indireto via Z_6	$\hat{p}_{16}r_{56}$	$\hat{p}_{26}r_{56}$	$\hat{p}_{36}r_{56}$
	Efeito indireto via Z_7	$\hat{p}_{17}r_{57}$	$\hat{p}_{27}r_{57}$	$\hat{p}_{37}r_{57}$
	Total	r_{15}	r_{25}	r_{35}
Z_6	Efeito direto	\hat{p}_{16}	\hat{p}_{26}	\hat{p}_{36}
	Efeito indireto via Z_4	$\hat{p}_{14}r_{46}$	$\hat{p}_{24}r_{46}$	$\hat{p}_{34}r_{46}$
	Efeito indireto via Z_5	$\hat{p}_{15}r_{56}$	$\hat{p}_{25}r_{56}$	$\hat{p}_{35}r_{56}$
	Efeito indireto via Z_7	$\hat{p}_{17}r_{67}$	$\hat{p}_{27}r_{67}$	$\hat{p}_{37}r_{67}$
	Total	r_{16}	r_{26}	r_{36}
Z_7	Efeito direto	\hat{p}_{17}	\hat{p}_{27}	\hat{p}_{37}
	Efeito indireto via Z_4	$\hat{p}_{14}r_{47}$	$\hat{p}_{24}r_{47}$	$\hat{p}_{34}r_{47}$
	Efeito indireto via Z_5	$\hat{p}_{15}r_{57}$	$\hat{p}_{25}r_{57}$	$\hat{p}_{35}r_{57}$
	Efeito indireto via Z_6	$\hat{p}_{16}r_{67}$	$\hat{p}_{26}r_{67}$	$\hat{p}_{36}r_{67}$
	Total	r_{17}	r_{27}	r_{37}

A análise de trilha permite ainda o estudo dos efeitos dos componentes secundários sobre a característica principal. O desdobramento da correlação entre a característica principal Y e a característica secundária Z₄ é:

$$\begin{aligned}
 r_{04} &= C\hat{o}v(Y, Z_4) = C\hat{o}v(\hat{p}_{01}X_1 + \hat{p}_{02}X_2 + \hat{p}_{03}X_3, Z_4) \\
 r_{04} &= \hat{p}_{01}r_{14} + \hat{p}_{02}r_{24} + \hat{p}_{03}r_{34} \\
 r_{04} &= \hat{p}_{01}(\hat{p}_{14} + \hat{p}_{15}r_{45} + \hat{p}_{16}r_{46} + \hat{p}_{17}r_{47}) + \hat{p}_{02}(\hat{p}_{24} + \hat{p}_{25}r_{45} + \hat{p}_{26}r_{46} + \hat{p}_{27}r_{47}) + \\
 &+ \hat{p}_{03}(\hat{p}_{34} + \hat{p}_{35}r_{45} + \hat{p}_{36}r_{46} + \hat{p}_{37}r_{47}) \quad (5)
 \end{aligned}$$

Do mesmo modo procede-se para o desdobramento da correlação entre Y e as demais características secundárias Z₅, Z₆ e Z₇.

Com base na expressão (5), são obtidos os estimadores dos efeitos diretos e indiretos, os quais estão contidos na Tabela 3.

Para a obtenção dos efeitos diretos e indiretos foram utilizados os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2006).

3.8. Índices de Seleção

Dentre as diversas propostas atualmente disponíveis para a obtenção de índices, quatro foram empregadas, em virtude de suas características e adequação aos propósitos do melhoramento da população UENF de milho pipoca em seu quinto ciclo de seleção recorrente.

Os pesos econômicos utilizados nos índices de seleção foram o desvio-padrão genotípico, coeficiente de variação genotípico, índice de variação, herdabilidade e pesos atribuídos por tentativas.

A seleção das progênes superiores com base em índices de seleção foi realizada empregando-se os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2006).

3.8.1. Índice de Smith (1936) e Hazel (1943)

Esse índice consiste em uma combinação linear dos valores fenotípicos observados nas várias características avaliadas. O valor observado de cada

Tabela 3 – Estimador dos efeitos diretos e indiretos de quatro componentes secundários (Z_4 , Z_5 , Z_6 e Z_7) sobre a característica principal (Y).

Componentes Secundários	Descrição dos Efeitos	Componentes Primários		
		X_1	X_2	X_3
Z_4	Efeito direto	$\hat{P}_{01}\hat{P}_{14}$	$\hat{P}_{02}\hat{P}_{24}$	$\hat{P}_{03}\hat{P}_{34}$
	Efeito indireto via Z_5	$r_{45}\hat{P}_{01}\hat{P}_{15}$	$r_{45}\hat{P}_{02}\hat{P}_{25}$	$r_{45}\hat{P}_{03}\hat{P}_{35}$
	Efeito indireto via Z_6	$r_{46}\hat{P}_{01}\hat{P}_{16}$	$r_{46}\hat{P}_{02}\hat{P}_{26}$	$r_{46}\hat{P}_{03}\hat{P}_{36}$
	Efeito indireto via Z_7	$r_{47}\hat{P}_{01}\hat{P}_{17}$	$r_{47}\hat{P}_{02}\hat{P}_{27}$	$r_{47}\hat{P}_{03}\hat{P}_{37}$
Z_5	Efeito direto	$\hat{P}_{01}\hat{P}_{15}$	$\hat{P}_{02}\hat{P}_{25}$	$\hat{P}_{03}\hat{P}_{35}$
	Efeito indireto via Z_4	$r_{45}\hat{P}_{01}\hat{P}_{14}$	$r_{45}\hat{P}_{02}\hat{P}_{24}$	$r_{45}\hat{P}_{03}\hat{P}_{34}$
	Efeito indireto via Z_6	$r_{56}\hat{P}_{01}\hat{P}_{16}$	$r_{56}\hat{P}_{02}\hat{P}_{26}$	$r_{56}\hat{P}_{03}\hat{P}_{36}$
	Efeito indireto via Z_7	$r_{57}\hat{P}_{01}\hat{P}_{17}$	$r_{57}\hat{P}_{02}\hat{P}_{27}$	$r_{57}\hat{P}_{03}\hat{P}_{37}$
Z_6	Efeito direto	$\hat{P}_{01}\hat{P}_{16}$	$\hat{P}_{02}\hat{P}_{26}$	$\hat{P}_{03}\hat{P}_{36}$
	Efeito indireto via Z_4	$r_{46}\hat{P}_{01}\hat{P}_{14}$	$r_{46}\hat{P}_{02}\hat{P}_{24}$	$r_{46}\hat{P}_{03}\hat{P}_{34}$
	Efeito indireto via Z_5	$r_{56}\hat{P}_{01}\hat{P}_{15}$	$r_{56}\hat{P}_{02}\hat{P}_{25}$	$r_{56}\hat{P}_{03}\hat{P}_{35}$
	Efeito indireto via Z_7	$r_{67}\hat{P}_{01}\hat{P}_{17}$	$r_{67}\hat{P}_{02}\hat{P}_{27}$	$r_{67}\hat{P}_{03}\hat{P}_{37}$
Z_7	Efeito direto	$\hat{P}_{01}\hat{P}_{17}$	$\hat{P}_{02}\hat{P}_{27}$	$\hat{P}_{03}\hat{P}_{37}$
	Efeito indireto via Z_4	$r_{47}\hat{P}_{01}\hat{P}_{14}$	$r_{47}\hat{P}_{02}\hat{P}_{24}$	$r_{47}\hat{P}_{03}\hat{P}_{34}$
	Efeito indireto via Z_5	$r_{57}\hat{P}_{01}\hat{P}_{15}$	$r_{57}\hat{P}_{02}\hat{P}_{25}$	$r_{57}\hat{P}_{03}\hat{P}_{35}$
	Efeito indireto via Z_6	$r_{67}\hat{P}_{01}\hat{P}_{16}$	$r_{67}\hat{P}_{02}\hat{P}_{26}$	$r_{67}\hat{P}_{03}\hat{P}_{36}$

característica é ponderado por um dos coeficientes do índice (Baker, 1986; Cruz et al., 2004), obtendo-se o seguinte agregado fenotípico:

$$I = b_1 P_1 + b_i P_i + \dots + b_n P_n,$$

em que:

I = índice de seleção;

b_i = peso atribuído à característica P_i no índice de seleção; e

n = número de características avaliadas.

O valor genético total é representado por uma função linear dos valores genéticos de cada característica, ponderados por pesos econômicos conhecidos, definidos pelo pesquisador (Baker, 1986). Essa combinação linear é designada agregado genotípico:

$$W = a_1 G_1 + a_i G_i + \dots + a_n G_n,$$

em que:

W = valor genético ou agregado genotípico;

a_i = peso econômico atribuído ao valor genético G_i de cada característica;

n = número de características avaliadas.

A variação no agregado genotípico, atribuída ao uso do índice de seleção, é (Baker, 1986):

$$\Delta W = (W_s - W_o) = b_w (I_s - I_o), \quad (1)$$

em que:

ΔW = variação esperada no valor genotípico;

W_s = valor genotípico dos indivíduos selecionados;

W_o = valor genotípico da população original;

b_w = coeficiente de regressão linear;

I_s = valor do índice de seleção nos indivíduos selecionados; e

I_o = valor do índice de seleção da população original.

A expressão (1) pode ser apresentada da seguinte forma:

$$\Delta W = \frac{COV(W,I)}{V(I)}(I_s - I_o) \quad (2)$$

em que:

COV (W, I) = covariância entre o valor genético e o índice; e

V(I) = variância do índice.

Se a variação for expressa em unidades de desvio padrão, tem-se a expressão (Baker, 1986):

$$\frac{\Delta W}{\sigma_w} = \frac{(I_s - I_o)\sigma_{w,I}}{\sigma_I(\sigma_{w,I})} = \frac{I_s - I_o}{\sigma_I} r_{wI} \quad (3)$$

em que:

σ_w = desvio-padrão do agregado genotípico;

σ_I = desvio-padrão do índice de seleção;

$\sigma_{w,I}$ = covariância entre o valor genotípico e o índice de seleção; e

r_{wI} = coeficiente de correlação entre o valor genotípico e o índice de seleção.

Como o diferencial de seleção expresso em unidades de desvio-padrão fenotípico depende da intensidade de seleção, para maximizar a expressão (3) são necessários coeficientes do índice de seleção que maximizem a correlação. Smith (1936), citado por Baker (1986), demonstrou que a solução do seguinte sistema de equações na forma matricial é a que maximiza o coeficiente de correlação:

$$Pb = Ga,$$

em que:

P = matriz n x n das variâncias e covariâncias fenotípicas;

b = vetor n x 1 de coeficientes do índice clássico, a ser determinado;

G = matriz $n \times n$ das variâncias e covariâncias genotípicas; e
 a = vetor $n \times 1$ dos pesos econômicos atribuídos aos valores genéticos.

Em decorrência, obtêm-se os coeficientes do Índice Clássico:

$$b = P^{-1} Ga$$

O ganho esperado para cada característica i , quando a seleção é praticada sobre o índice I , é expresso por:

$$\Delta g_{i(l)} = DS_{i(l)} h^2_i$$

em que:

$DS_{i(l)}$ = diferencial de seleção indireto.

Simplificando a notação $\Delta g_{i(l)}$ para Δg_i e considerando que:

$\Delta g_{i(l)} = [\Delta g_1 \Delta g_2 \dots \Delta g_n]$, tem-se:

$$\Delta g = \frac{Gb_i}{\sigma_I}$$

em que:

Δg = vetor de ganhos esperados;

G = matriz das variâncias e covariâncias genotípicas;

b = vetor $n \times 1$ dos coeficientes do índice;

i = intensidade de seleção; e

σ_I = desvio-padrão do índice

3.8.2. Índice de Pesek e Baker (1969)

A partir da expressão fornecida pelo índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), no qual Δg é o vetor dos ganhos esperados, Pesek e Baker (1969) propuseram um índice em que os pesos econômicos relativos às várias

características poderiam ser substituídos por Δg_d , que é o vetor dos ganhos desejados, segundo os autores, de mais fácil determinação. Deste modo:

$$\Delta g_d = \frac{Gbi}{\sigma_i}$$

Em decorrência, tem-se b:

$$b = G^{-1} \Delta g_d \frac{\sigma_i}{i}$$

em que:

$$\frac{\sigma_i}{i} = \text{escalar que não influi na proporcionalidade dos coeficientes e pode}$$

ser eliminado.

3.8.3. Índice de Mulamba e Mock (1978)

Este índice consiste em classificar as famílias de irmãos completos em relação a cada uma das treze características avaliadas, em ordem favorável ao melhoramento. Desta classificação resulta uma medida adicional tomada como índice de seleção, dada pela soma das ordens de cada família referente a cada característica (Cruz et al., 2004).

3.8.4. Índice de Williams (1962)

Este índice de seleção, em geral denominado Índice Base, é uma combinação linear das características de interesse no melhoramento, em que os pesos econômicos são os coeficientes de ponderação do índice, o que dispensa o uso de matrizes de variância e covariâncias (Baker, 1986; Cruz et al., 2004).

Representa-se do seguinte modo:

$$I = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = a' X,$$

Em que:

I = índice de seleção;

a_i = peso econômico atribuído à característica i , sendo $i = 1, \dots, n$;

x_i = média da característica i , sendo $i = 1, \dots, n$;

a' = vetor dos pesos econômicos; e

X = vetor das médias das n características que compõem o índice.

3.9. Recombinação das Famílias Seleccionadas

A recombinação das 30 famílias de irmãos completos seleccionadas com base na média dos ambientes, por meio de índice, foi realizada no Campo Experimental da UENF, anexo ao Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Para a recombinação e consequente formação da população a ser submetida a novo ciclo de seleção, foram utilizadas sementes remanescentes das famílias seleccionadas que ficaram armazenadas.

As sementes de cada família seleccionada foram semeadas em fileiras simples de 6,00 m de comprimento no espaçamento de 1,00 m entre linhas e 0,40 m entre plantas, a uma profundidade de 0,05 m no sulco, sendo a adubação realizada conforme análise de solo, e os tratos culturais de acordo com Sawazaki (2001).

As polinizações foram realizadas manualmente. Deste modo, as espigas foram previamente cobertas, ou seja, antes de liberarem os estilo-estigmas, utilizando sacolas de plástico especial para tal fim.

No procedimento de recombinação, como cada linha de plantio representa uma família, todas as linhas foram percorridas diariamente de forma a serem detectadas espigas e pendões aptos à polinização. De preferência nos horários da manhã, as espigas eram preparadas e os pendões cobertos com sacos de papel tipo "Kraft". No dia seguinte, os cruzamentos eram realizados com mistura de grãos de pólen, evitando-se polinizar aquelas espigas cujas plantas forneceram grãos de pólen.

Em cada fileira foram polinizadas no mínimo oito espigas, as quais foram debulhadas e as sementes misturadas, formando a população que deu origem ao próximo ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de Variância Conjunta

Na Tabela 4 há as estimativas dos quadrados médios com suas respectivas significâncias, bem como as médias e os coeficientes de variação experimental com base na média para treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos em Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ.

Somente não houve diferenças significativas pelo teste F em nível de 5% e 1% de probabilidade para Ambiente para as características número de plantas quebradas (NPQ), número de espigas (NE) e capacidade de expansão (CE). Para as demais características, a significância demonstra que os ambientes foram suficientemente distintos para promoverem diferenças entre as características avaliadas. Ratifica-se também a representatividade de Campos dos Goytacazes e Itaocara, respectivamente, Norte e Noroeste Fluminense, enquanto locais distintos para a avaliação de progênies em seleção recorrente, bem como genótipos em ensaios de comparação de desempenho agrícola.

Cabe ressaltar que um comportamento diferenciado dos genótipos (famílias) quanto a florescimento (FLOR), estande final (NP), empalhamento (EMP), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), peso de espigas (PE), número de espigas doentes (ED), número de espigas atacadas por pragas (EP), rendimento de grãos (RG) e massa de 100 grãos (M100), proporcionados pela distinguibilidade entre os ambientes, não configura a impossibilidade de condução

Tabela 4 – Estimativas dos quadrados médios, das médias e dos coeficientes percentuais de variação experimental de treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos do quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}						
		FLOR	NP	NPQ	EMP	AP	AE	PE
Ambiente (A)	1	186,24*	1.010,25**	3,78 ^{ns}	41,40**	242.733,76**	42.945,01**	121.316.355,30**
Set (S)	7	17,52 ^{ns}	36,52**	68,70**	3,63 ^{ns}	804,84 ^{ns}	187,23 ^{ns}	3.035.108,20**
A x S	7	18,65 ^{ns}	15,75 ^{ns}	22,39 ^{ns}	1,05 ^{ns}	886,33 ^{ns}	334,09 ^{ns}	1.603.451,90 ^{ns}
Repetição (R)/A x S	16	12,92**	8,49*	17,53*	2,71**	1541,92**	669,94**	1.026.837,50**
Famílias (F)/ S	192	10,62**	6,52*	23,22**	2,70**	668,46**	432,80**	905.747,30**
(A x F)/ S	192	3,68*	5,10 ^{ns}	9,27 ^{ns}	1,56**	158,36**	93,11**	428.814,10*
Resíduo	384	2,92	4,93	9,26	0,97	115,87	66,83	339.438,10
Média		56,36	23,51	5,19	1,03	194,56	120,75	3.426,53
CVe (%)		3,03	9,44	58,56	95,63	5,53	6,77	17,00

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹.

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

* = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e

^{ns} = Não Significativo.

Tabela 4, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}					
		NE	ED	EP	RG	M100	CE
Ambiente (A)	1	192,08 ^{ns}	2.099,52 ^{**}	2.106,00 ^{**}	121.193.385,30 ^{**}	1.701,95 ^{**}	12,44 ^{ns}
Set (S)	7	77,58 ^{ns}	11,80 ^{ns}	28,05 ^{ns}	1.959.249,90 ^{**}	3,62 ^{ns}	53,80 ^{ns}
A x S	7	59,45 ^{ns}	7,10 ^{ns}	24,87 ^{ns}	955.050,00 ^{ns}	0,93 ^{ns}	18,94 ^{ns}
Repetição (R)/A x S	16	25,28 [*]	20,27 ^{**}	13,05 ^{ns}	824.373,60 ^{**}	2,35 ^{**}	7,95 ^{ns}
Famílias (F)/ S	192	43,36 ^{**}	12,64 ^{**}	18,40 [*]	687.512,10 ^{**}	5,88 ^{**}	51,76 ^{**}
(A x F)/ S	192	19,04 ^{**}	10,42 ^{**}	13,42 ^{ns}	292.208,90 ^{ns}	1,71 ^{**}	6,36 [*]
Resíduo	384	13,14	7,13	14,74	257.973,20	0,91	4,82
Média		28,63	4,40	6,32	2.569,70	12,95	26,27
CVe (%)		12,66	60,73	60,79	19,76	7,39	8,33

^{1/}NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

^{**} = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

^{*} = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e

^{ns} = Não Significativo.

de um único programa de melhoramento para as duas localidades quanto a estas características, posto que, em termos de seleção, o que importa é a média fenotípica das famílias em ambos os ambientes.

Considerando-se apenas a capacidade de expansão, Miranda et al. (2007), avaliando vinte genótipos (dez híbridos dialélicos, cinco pais, dois híbridos comerciais e três variedades de polinização aberta) em dois ambientes no Estado de Minas Gerais (Coimbra e Viçosa), não constataram influência do ambiente sobre a CE. Entretanto, tal característica tem sido reportada ser fortemente influenciada pelo ambiente, contribuindo para a suposição de herança quantitativa, conforme inicialmente sugerido por Brunson (1937) e Lima et al. (1971). Os resultados obtidos por Miranda et al. (2007) se adequam às proposições de Alexander e Creech (1977), as quais concordam que a capacidade de expansão seja uma característica poligênica, porém, sujeita a baixa influência ambiental.

Com relação à fonte de variação 'Set', verifica-se que os quadrados médios foram significativos em 1% de probabilidade apenas para as características estande final (NP), número de plantas quebradas (NPQ), peso de espigas (PE) e rendimento de grãos (RG). Para as demais características, a ausência de significância para a referida fonte de variação não significa que os 'sets' foram mal compostos, mas apenas que o arranjo das famílias em cada 'set' não resultou em diferenças significativas. A significância para NP, NPQ, PE e RG é um indício da necessidade e da importância do emprego do delineamento em blocos casualizados com arranjo dos tratamentos em 'sets', visto que a ausência desta fonte de variação poderia produzir variações que resultariam em perda de precisão dos experimentos.

Para a interação Ambiente "versus" 'Set' houve ausência de significância para todas as características, o que indica que os genótipos nos diferentes 'sets' comportaram-se de forma semelhante mesmo diante das mudanças edafoclimáticas dos ambientes.

No que se refere à fonte de variação, Famílias dentro de 'Set' (F/S), com exceção de NP e EP que expressaram significância em nível de 5%, todas as demais características revelaram significância em nível de 1% de probabilidade, denotando haver suficiente variabilidade genética a ser explorada em ciclos futuros de seleção.

Segundo Paterniani (1980), a variabilidade genética, o método de seleção empregado, o tamanho da população e a influência do ambiente são fatores que interferem na taxa de elevação das frequências gênicas favoráveis como efeito da seleção. O aumento nas frequências gênicas favoráveis equivale a uma maior concentração de alelos favoráveis na população melhorada a cada ciclo de seleção recorrente, e traz como consequência o incremento da média populacional para as diversas características (Hallauer e Miranda Filho, 1988). Neste contexto, a implementação do quinto ciclo de seleção recorrente entre famílias de irmãos completos na população UENF de milho pipoca logrou êxito ao manter a variabilidade genética e incrementar de forma favorável as médias das características avaliadas.

Embora a variabilidade seja necessária para a condução de um programa de seleção recorrente, a significância para características como NP, NPQ, EMP, ED e EP são consideradas variações indesejáveis quando se faz alusão a uma população sob seleção, a qual espera-se que após alguns ciclos, apresente uniformidade de altura, florescimento e empalhamento.

Há que se ressaltar que NPQ, ED e EP são características fortemente influenciadas pelo ambiente, o que justificaria a magnitude de média obtida para estas características, respectivamente, 5,19; 4,40 e 6,32, correspondendo a 22% de plantas quebradas, 15,4% de espigas doentes e 22% de espigas atacadas por pragas (Tabela 4).

Quanto ao estande final (NP) a variação para esta característica ocorre devido às falhas de plantas nas parcelas. É considerado um problema que ocorre com frequência em experimentos realizados em campo (Coimbra, 2000), e dificulta a comparação entre tratamentos, pois reduz a confiabilidade das análises biométricas e dos testes de hipóteses. Apesar disso, o CVe foi baixo, no valor de 9,44%.

Progressos quanto a NP têm sido observados no melhoramento da população UENF de milho pipoca sob seleção recorrente. Santos (2005) avaliou 192 famílias de meios irmãos no terceiro ciclo da referida população e identificou uma variação entre 2,00 a 32,00 plantas por parcela. Freitas Júnior (2008), na condução do quarto ciclo, avaliou 200 famílias de irmãos completos e verificou número médio de plantas entre 12,00 e 28,00 por parcela. No presente trabalho, a variação ficou entre 18,50 e 26,25 plantas por parcela (Tabela 5), o que não

configura perda de variabilidade, visto que NP foi significativo em nível de 5% para Família dentro de 'Set', mas reforça a influência ambiental sobre a característica, a qual é ratificada pela significância em nível de 1% para Ambiente.

Embora para este estudo o estande ideal fosse de 25 plantas por parcela, a exemplo dos ciclos anteriores, não foi realizada correção para NP, visto que há consenso que, para este conjunto de dados, tal procedimento seria inadequado.

Em relação à fonte de variação Ambiente "*versus*" Famílias dentro de 'Set', somente houve significância em nível de 1% para EMP, AP, AE, NE, ED e M100. Significância em nível de 5% foi observada quanto à FLOR, PE e CE. A significância quanto à interação (Ax F)/S indica que as famílias avaliadas comportaram-se distintamente nos dois ambientes avaliados. As demais características, NP, NPQ, EP e RG, foram não significativas.

Dentre as treze características avaliadas, as de maior preocupação por parte dos melhoristas de milho pipoca, que justificariam um estudo mais aprofundado das interações, são a capacidade de expansão (CE) e rendimento de grãos (RG). Como para CE houve significância em nível de 5% e para RG não houve significância, não foi realizado estudo mais aprofundado para determinar as interações simples e complexas.

Na condução do quarto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, Freitas Júnior et al. (2009) detectaram significância em nível de 1% para CE e RG e, ao realizarem o estudo da interação (Ax F)/S considerando a metodologia de Cruz e Castoldi (1991), verificaram que não apenas para CE e RG, mas para todas as características avaliadas, as interações foram consideradas do tipo simples, concluindo, deste modo, que as diferenças de ambiente não foram suficientemente consideráveis para o estabelecimento de programas de melhoramento distintos para Campos dos Goytacazes e Itaocara, ratificando, assim, a continuidade de um único programa de seleção recorrente para o Norte e Noroeste Fluminense.

Considerando a CE, a interação Ambiente "*versus*" Famílias dentro de 'Set' indica que as famílias comportaram-se de forma dissimilar em relação às mudanças das condições edafoclimáticas, favorecendo o preconizado por Brunson (1937) de que a CE é influenciada pelo ambiente. Conforme Robbins e Ashman (1984) e Linares (1987), a influência do ambiente na capacidade de expansão do milho pipoca é justificada pelo fato de que nem todos os genes que

contribuem para dureza do endosperma, contribuem para a capacidade de expansão dos grãos. Os autores argumentam ainda que a adaptação às regiões de crescimento influencia a capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca.

Ainda em referência à Tabela 4, estão contidas também as estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) das características avaliadas. Tal estatística constitui-se em estimativa do erro experimental em relação à média geral do experimento, e é muito utilizada na avaliação da qualidade experimental. Cargnelutti Filho e Storck (2007), avaliando estatísticas para a classificação da precisão experimental de ensaios de competição de cultivares de milho, concluíram ser o coeficiente de variação experimental e a diferença mínima significativa (DMS) estatísticas adequadas para a classificação de experimentos com médias semelhantes.

De modo geral, nos experimentos agrícolas, os coeficientes de variação experimental são classificados de acordo com Gomes (2000), situando-se em faixas, sendo considerados baixos quando inferiores a 10%, médios quando se situam entre 10% a 20%, altos quando variam entre 20% a 30% e muito altos quando superiores a 30%. Essa generalização propiciou críticas à classificação de Gomes (2000), motivando o surgimento de novas sugestões de faixas de coeficientes de variação (Scapim et al., 1995; Amaral et al., 1997; Judice et al., 1999; Judice, 2000; Judice et al., 2002).

Segundo Garcia (1989), citado por Scapim et al. (1995), a classificação de Gomes (2000) é muito abrangente, não levando em consideração as particularidades da cultura estudada e, principalmente, não fazendo distinção entre a natureza da característica avaliada. Assim, Scapim et al. (1995) propuseram uma classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho, a qual tem sido utilizada no melhoramento de plantas.

Pela classificação de Scapim et al. (1995), as características AP, AE e M100 apresentaram CVe considerados médios, ao passo que pela classificação de Gomes (2000) tais valores (5,55%, 6,77% e 7,39%, respectivamente) foram considerados baixos. Scapim et al. (1995) argumentam que para estas características consideradas menos influenciadas pelo ambiente, o método por eles utilizado, que leva em conta o critério de Garcia (1989), é mais adequado que o de Gomes (2000). Para as características de rendimento como NE, PE e RG,

houve concordância quanto à magnitude dos coeficientes de variação entre ambas as classificações, sendo considerados médios.

Na elaboração do intervalo dos coeficientes de variação, Scapim et al. (1995) empregaram dados oriundos de 66 teses na área de Genética e Melhoramento com a cultura do milho comum. Com o avanço dos estudos com milho pipoca no Brasil, é possível que no futuro haja uma classificação que englobe as demais características, sobretudo a capacidade de expansão. Deste modo, pela classificação de Gomes (2000), as características FLOR, NP e CE apresentaram valores considerados baixos.

Os maiores valores de coeficiente de variação foram expressos para as características EMP, EP, ED e NPQ, respectivamente, 95,63%; 60,79%; 60,73% e 58,56%, sendo classificados como muito altos (Gomes, 2000). Freitas Júnior et al. (2009), na condução do quarto ciclo de seleção recorrente com a população UENF de milho pipoca, também verificaram que os maiores valores de C_{Ve} estavam associados a estas mesmas características, e concluiu sê-las de maior sensibilidade em relação à influência ambiental.

Cargnelutti Filho e Storck (2007) relatam que é comum o descarte de características com baixa precisão em experimentos, e que o problema em se decidir pelo descarte ou não está nos casos em que a precisão é muito baixa (C_{Ve} muito alto) e a característica é de efeito não significativo para tratamento, o que neste trabalho não se aplica, em virtude da significância para EMP, EP, ED e NPQ quanto a Famílias dentro de 'Set'.

Considerando-se o número de espigas mal empalhadas, uma maneira de tentar reduzir o C_{Ve} em experimentos futuros seria a alteração na forma de avaliação em nível de campo. Miranda et al. (2003), avaliando o potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca, empregaram uma classificação proposta pelo Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), que sugere uma escala de 1 a 5, classificando a espiga desde completamente empalhada, a ampla exposição de grãos e abertura da palhada. Os autores obtiveram C_{Ve} de 27,9%, ratificando a eficiência do método.

Sawazaki et al. (2003a), avaliando 22 híbridos 'top crosses' de milho pipoca, obtiveram C_{Ve} para porcentagem de espigas doentes e porcentagem de plantas acamadas mais quebradas com magnitudes de 17,90% e 20,70%, respectivamente. Neste caso, para realização da análise de variância, os dados

de porcentagem foram transformados em $(\% + 0,5)^{1/2}$, conforme Steel e Torrie (1980), o que contribuiu para redução do CVe.

4.2. Estimativas das Médias e dos Limites Inferiores e Superiores

Na Tabela 5 constam as estimativas das médias da população original, da população selecionada e das testemunhas, bem como os limites inferiores e superiores das médias das 200 famílias avaliadas no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca.

Os limites inferiores e superiores indicam a amplitude de variação para as características e, assim, tem-se uma estatística bastante simplória, porém, de grande valia no estudo das populações, sobretudo aquelas submetidas à seleção recorrente, demonstrando o comportamento da variabilidade quanto à média das características.

No melhoramento da população UENF, de milho pipoca, tem-se dado atenção às estimativas dos limites inferiores e superiores das médias das famílias avaliadas. Há que se ressaltar que para algumas características, como exemplo CE, comparações de tais limites entre ciclos devem ser realizadas com cautela.

Santos et al. (2008), na condução do terceiro ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, identificaram para CE magnitudes de 10,33 mL.g⁻¹ e 39,67 mL.g⁻¹, respectivamente, para limite inferior e superior. Freitas Júnior et al. (2009), conduzindo o quarto ciclo, constataram magnitudes de 11,20 mL.g⁻¹ para o limite inferior e 35,90 mL.g⁻¹ para o limite superior. No presente trabalho, tais valores foram de 15,17 mL.g⁻¹ e 34,34 mL.g⁻¹, respectivamente. Esta redução na amplitude de variação não configura perda de variabilidade ao longo dos ciclos, visto que houve significância para Famílias dentro de 'Sets' quanto à característica (Tabela 4), tendo o mesmo ocorrido nos ciclos anteriores.

A predominância de efeitos genéticos aditivos para CE (Simon et al., 2004; Rangel et al., 2007) e elevadas magnitudes de herdabilidade (Pereira e Amaral Júnior, 2001), associadas ao avanço das gerações de seleção e recombinação, podem estar contribuindo para a redução da amplitude de variação quanto à capacidade de expansão e concorrendo para o estabelecimento de um nível de pipocamento adequado à população de 5º ciclo em virtude do acúmulo de alelos aditivos favoráveis.

Tabela 5 – Estimativas das médias da população original (\bar{X}_o), da população selecionada^{1/} (\bar{X}_s) e das testemunhas (\bar{X}_T); bem como os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das médias das famílias de irmãos completos avaliadas quanto a treze características^{2/} no quinto ciclo de seleção recorrente da população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Características	\bar{X}_o	\bar{X}_s	\bar{X}_T	LI	LS
FLOR	56,36	55,78	56,93	52,50	62,50
NP	23,51	23,92	21,33	18,50	26,25
NPQ	5,19	4,15	5,32	0,75	18,00
EMP	1,03	0,83	1,08	0,00	4,75
AP	194,55	192,77	193,96	164,80	273,07
AE	120,74	120,58	116,17	89,80	147,90
PE	3.426,53	3.791,85	2.759,95	2.163,89	5.127,78
NE	28,63	30,11	27,37	21,25	37,00
ED	4,39	4,02	6,86	1,00	10,25
EP	6,31	6,22	6,06	1,75	13,25
RG	2.569,70	2.920,93	1.969,23	1.466,66	4.038,89
M100	12,95	13,22	10,92	9,25	20,10
CE	26,27	29,30	27,54	15,17	34,34

^{1/} População selecionada com base no índice de Mulamba e Mock (1978), tendo como critério de pesos econômicos, pesos atribuídos por tentativas.

^{2/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

No que se refere a FLOR, NP e ED, por exemplo, comparações dos limites inferiores e superiores entre ciclos indicam a eficiência do processo seletivo ao longo das gerações, reduzindo variações consideradas indesejadas.

A observação dos limites inferiores e superiores também tem sido realizada em outras populações sob seleção. Pacheco et al. (1998) se fundamentaram nestes valores para capacidade de expansão e rendimento de espigas de modo a predizerem a perspectiva de obtenção de segregantes superiores nas populações CMS-42 e CMS-43, no segundo ciclo de seleção recorrente.

Conforme ressaltam Daros et al. (2004b), o limite superior não é um teto, mas um valor a ser acrescido pelo ganho de seleção, devendo ser entendido como um valor máximo detectado em determinado ciclo, que poderá ser inferior ao máximo para o ciclo seguinte e, assim, sucessivamente, com o aumento na frequência de alelos favoráveis na população.

Denota-se que os valores alcançados por famílias no limite superior da amplitude de variação para CE e RG corroboram o potencial seletivo da população UENF de milho pipoca quanto a estas características.

Ao se examinar a média quanto a RG das famílias avaliadas (população original) para os últimos três ciclos, verifica-se que estas foram, respectivamente, 1.135,58 kg.ha⁻¹ (Santos et al., 2008), 2.393,98 kg.ha⁻¹ (Freitas Júnior et al., 2009) e 2.569,70 kg.ha⁻¹ (Tabela 5), em consonância com o propósito da seleção recorrente de aumento na frequência de alelos favoráveis e, conseqüentemente, incremento nas médias preditas após cada ciclo de seleção. O mesmo se verifica quanto a CE, com magnitudes de 23,30 mL.g⁻¹ (Santos et al., 2008), 25,06 mL.g⁻¹ (Freitas Júnior et al., 2009) e 26,27mL.g⁻¹ (Tabela 5).

Pela Tabela 5 verifica-se que a média das testemunhas foi inferior a das famílias avaliadas (população original) para a maioria das características, excetuando-se AP, AE, EP e CE. Para CE os valores das testemunhas, de 27,54 mL.g⁻¹, não foram sobremaneira elevados ao da população original, com magnitude de 26,27 mL.g⁻¹. Esse resultado revela uma situação favorável ao melhoramento da população UENF de milho pipoca, indicando que as famílias apresentaram menor quebramento de plantas e melhor estande, empalhamento, sanidade e rendimento. Santos (2005) e Freitas Júnior (2008) obtiveram

resultados semelhantes, corroborando o bom desempenho da população UENF diante das testemunhas.

Quando a comparação é estabelecida entre a média das testemunhas e a média da população selecionada, a vantagem das testemunhas é verificada apenas quanto a AE e EP (Tabela 5).

A comparação entre o comportamento das famílias e das testemunhas pode ser melhor verificado por meio das Tabelas 13 e 14 (Apêndice), nas quais estão expressas as estimativas das médias para as 13 características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos e testemunhas, juntamente com seus agrupamentos pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade, para os ambientes de Campos dos Goytacazes e Itaóara, RJ.

No que se refere à altura de planta (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AE), para ambas as características houve a formação de quatro grupos pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 13 - Apêndice). As testemunhas Zélia e IAC 125 detiveram estimativas de altura de planta de 187,65 cm e 189,45 cm, respectivamente, sendo alocadas no grupo de menor média, juntamente com 96 famílias de irmãos completos. Já IAC 112 revelou altura de planta de 204,76 cm, e não foi alocada no mesmo grupo das demais testemunhas, e sim com outras 71 famílias.

Para a altura de inserção da primeira espiga (AE), embora as testemunhas não tenham sido alocadas no grupo de menor média, as magnitudes de 117,65 cm, 113,43 cm e 117,42 cm para IAC 112, IAC 125 e Zélia, respectivamente, foram suficientes para considerar o comportamento das testemunhas melhor que o das famílias avaliadas e também das selecionadas quanto a AE, muito embora, 76 famílias tenham sido alocadas no mesmo grupo pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 13 - Apêndice).

As alturas de planta e de inserção da primeira espiga são características de grande importância no melhoramento da população UENF de milho pipoca, devido aos fortes ventos que ocorrem em Campos dos Goytacazes, e que podem comprometer a colheita em virtude do favorecimento ao quebramento do colmo abaixo da espiga superior, caso as plantas tenham porte muito elevado.

Quanto ao número de plantas quebradas (NPQ), houve a formação de quatro grupos, indicando desuniformidade na população UENF quanto ao quebramento de plantas (Tabela 13 - Apêndice). Verifica-se que as testemunhas foram alocadas no grupo de menor magnitude para quebramento juntamente com 129 famílias. Contudo, ao se analisar a Tabela 5, observa-se que a média para NPQ das testemunhas foi ligeiramente superior a das famílias avaliadas (respectivamente, 5,32 e 5,19). Esses resultados quanto a NPQ permitem concluir que na população UENF de milho pipoca, as alturas de plantas e de inserção da primeira espiga estão adequadas para as regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Em relação ao número de espigas atacadas por pragas (EP), apesar de as famílias avaliadas terem apresentado maior média para esta característica, este *quantum* foi de baixa magnitude e não diferiu estatisticamente das testemunhas pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 14 - Apêndice).

No que se refere a CE, como já mencionado neste item, o comportamento médio das testemunhas foi superior ao das famílias avaliadas (4,8%), porém, inferior ao das famílias selecionadas (6,4%), conforme Tabela 5. Pela comparação de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade, dois grupos foram formados (Tabela 14 - Apêndice), indicando maior uniformidade entre as famílias para a capacidade de expansão dos grãos.

A melhor testemunha foi IAC 125 com CE de 29,99 mL.g⁻¹, sendo alocada no primeiro grupo juntamente com 71 famílias. Já Zélia e IAC 112 detiveram médias de 26,74 mL.g⁻¹ e 25,91 mL.g⁻¹, respectivamente, sendo alocadas em outro grupo. O comportamento destas testemunhas neste estudo foi considerado aquém de seu potencial, visto que são materiais comerciais.

Sawazaki et al. (2003a), avaliando híbridos de milho pipoca em cruzamentos com um testador semitropical no Estado de São Paulo, detiveram magnitudes para CE de 38,90 mL.g⁻¹ para IAC 112 e 38,50 mL.g⁻¹ para Zélia, obtidas também em forno microondas.

A média quanto à CE para as testemunhas no presente estudo pode estar associada ao maior número de espigas doentes apresentados pelas testemunhas (média de 6,86). O comportamento inferior das testemunhas comerciais pode ser explicado também pelas suposições de Robbins e Ashman (1984) e Linares

(1987), nas quais a adaptação às regiões de crescimento influencia a capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca.

Diante dos resultados obtidos quanto a CE para a média das famílias avaliadas (26,27 mL.g⁻¹) e selecionadas (29,30 mL.g⁻¹), comparadas às das testemunhas (27,54 mL.g⁻¹), verifica-se uma situação favorável ao melhoramento da população UENF de milho pipoca.

Em relação a rendimento de grãos (RG), dois grupos foram formados pelo procedimento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade (Tabela 14 - Apêndice), tendo as testemunhas sido alocadas no grupo de menor produtividade.

A média das famílias avaliadas e selecionadas foi superior em 30,4% e 48,3%, respectivamente, à média das testemunhas, que foi de 1.969,23 kg.ha⁻¹ (Tabela 5), configurando uma situação favorável à obtenção de uma variedade produtiva e de qualidade da pipoca para o Norte e Noroeste Fluminense.

Como ocorrido para a CE, quanto a RG, provavelmente o desempenho das testemunhas ficou aquém do esperado. Sawazaki et al. (2003a) já obtiveram valores de rendimento de grãos para Zélia e IAC 112 superiores a 3.000 kg.ha⁻¹. O baixo rendimento de grãos das testemunhas pode estar associado ao menor número de espigas (NE), ao maior número de espigas doentes (ED) e a menor massa de 100 grãos (M100), conforme Tabela 5, sendo consequência de uma possível inadaptação às condições edafoclimáticas do Norte e Noroeste Fluminense.

Diante dos resultados referentes às médias da população original, da população selecionada e das testemunhas, conclui-se pelo progresso genético do melhoramento da população UENF de milho pipoca, traduzido em ganhos genéticos com os ciclos de seleção recorrente.

Freitas Júnior et al. (2009), na condução do quarto ciclo de seleção recorrente, predizeram ganhos de 10,55% quanto à capacidade de expansão e 8,50% quanto a rendimento de grãos, com esse ciclo. A média da população original ou famílias avaliadas no presente estudo permite ter uma idéia do quanto do ganho predito de fato se concretizou em ganho real.

Para a capacidade de expansão, Freitas Júnior et al. (2009) obtiveram média das famílias avaliadas com magnitude de 25,06 mL.g⁻¹ e das selecionadas, de 28,00 mL.g⁻¹. Pela Tabela 5, verifica-se que a média das famílias avaliadas foi

de 26,27 mL.g⁻¹, perfazendo um ganho real de 4,83%, o que pode ser considerado aceitável em um programa de melhoramento.

Quanto ao rendimento de grãos, Freitas Júnior et al. (2009) obtiveram magnitude de média das famílias avaliadas e selecionadas, respectivamente, de 2.393,98 kg.ha⁻¹ e 2.772,50 kg.ha⁻¹. No presente estudo, a média das famílias avaliadas foi de 2.569,70 kg.ha⁻¹ (Tabela 5), indicando um ganho real de 7,34%, muito próximo ao predito pelo autor, ratificando o progresso genético com a seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, tanto para RG quanto para CE.

Há que se enfatizar que para a avaliação do real ganho genético entre os sucessivos ciclos de seleção recorrente, há necessidade de se conduzir um ensaio de avaliação com maior número de ambientes, de modo a se ter resultados mais consistentes.

4.3. Parâmetros Genéticos

Encontram-se na Tabela 6 as estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$), e residual ($\hat{\sigma}_r^2$), bem como da herdabilidade com base na média de famílias (\hat{h}_x^2), do coeficiente de variação genético (\hat{CV}_g) e do índice de variação (\hat{I}_v), para treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, referentes aos ambientes de Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ.

Conforme Cruz e Carneiro (2003) e Cruz et al. (2004), o conhecimento das estimativas dos parâmetros genéticos permite ao melhorista gerar informações de grande utilidade a respeito das diferentes características avaliadas na população com a qual se trabalha, orientando quanto à estratégia mais apropriada de seleção e na predição de êxito em programas de melhoramento.

Pela Tabela 6 observa-se elevada variância genotípica para as características FLOR, NPQ, EMP, AP, AE, PE, NE, RG, M100 e CE, acompanhadas de valores de herdabilidade com base na média de famílias, acima de 60%, e índice de variação com magnitudes superiores a 0,6. Isso indica a possibilidade de identificação de famílias ou genótipos superiores para as

Tabela 6 – Estimativas da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), da variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$), da variância residual ($\hat{\sigma}_r^2$), da variância da interação genótipo “versus” ambiente ($\hat{\sigma}_{GA}^2$), da herdabilidade com base na média de famílias (\hat{h}_x^2), do coeficiente de variação genético (\hat{CV}_g) e do índice de variação (\hat{I}_v), para treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Características ^{1/}	$\hat{\sigma}_F^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_r^2$	$\hat{\sigma}_{GA}^2$	\hat{h}_x^2	\hat{CV}_g	\hat{I}_v
FLOR	2,65	1,92	0,73	0,19	72,47	2,46	0,81
NP	1,63	0,39	1,23	0,04	24,44	2,68	0,28
NPQ	5,80	3,49	2,31	0,00	60,13	35,96	0,61
EMP	0,67	0,43	0,24	0,14	64,13	63,93	0,66
AP	167,11	138,14	28,96	10,62	82,66	6,04	1,09
AE	108,20	91,49	16,70	6,57	84,55	7,92	1,17
PE	226.436,82	141.577,3	84.859,52	22.344,00	62,52	10,98	0,64
NE	10,84	7,55	3,28	1,47	69,68	9,60	0,75
ED	3,16	1,37	1,78	0,82	43,60	26,69	0,43
EP	4,60	0,91	3,68	0,01	19,88	15,14	0,24
RG	171.878,02	107.384,7	64.493,30	8.558,92	62,47	12,75	0,64
M100	1,47	1,24	0,22	0,19	84,40	8,60	1,16
CE	12,94	11,73	1,20	0,38	90,68	13,04	1,56

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

características mencionadas, sobretudo quanto a rendimento de grãos e capacidade de expansão, que são as características de maior interesse econômico e preocupação por parte dos melhoristas de milho pipoca.

Constata-se na Tabela 6 que o maior valor para a herdabilidade e o índice de variação foi expresso pela CE, respectivamente, 90,68% e 1,56. Estes resultados corroboram os obtidos por Pereira e Amaral Júnior (2001), empregando o Delineamento I (Comstock e Robinson, 1948), quando dos estudos iniciais com a população UENF a priori da aplicação dos ciclos de seleção.

Daros et al. (2002), na condução do primeiro ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, avaliaram famílias de irmãos completos e obtiveram estimativa de herdabilidade para CE igual a 77,75%. Na condução do segundo ciclo, com famílias endogâmicas, Daros et al. (2004b) detectaram valor de 82,91%. Santos et al. (2008), no terceiro ciclo, com famílias de meios irmãos, obtiveram estimativa de 68,41%. Freitas Júnior et al. (2009) avaliaram famílias de irmãos completos e obtiveram estimativa de 90,19%. No presente ciclo a estimativa de herdabilidade foi de 90,68%.

Com exceção do terceiro ciclo no qual houve redução na estimativa da herdabilidade, provavelmente atribuída à influência ambiental (Santos et al., 2008), observa-se um aumento progressivo e significativo quanto à magnitude dos valores, ratificando a predominância de efeitos genéticos aditivos na expressão da característica (Scapim et al., 2002; Simon et al., 2004; Freitas Júnior et al., 2006).

No que se refere ao rendimento de grãos, os valores de herdabilidade ao longo dos ciclos foram, respectivamente, 57,48% (Daros et al., 2002), 84,15% (Daros et al., 2004b), 50,17% (Santos et al., 2008) e 56,88% (Freitas Júnior et al., 2009). Estes valores são superiores aos observados por Pereira e Amaral Júnior (2001), que estimaram magnitude de 44,88%.

No presente ciclo, a magnitude do parâmetro para RG foi de 62,47%, denotando o aumento na concentração de alelos favoráveis na população melhorada a cada ciclo de seleção recorrente (Hallauer e Miranda Filho, 1988). Embora RG tenha maior predominância de efeitos gênicos dominantes (Andrade et al., 2002; Simon et al., 2004), a manifestação da ação gênica aditiva tem sido observada para a característica (Scapim et al., 2002; Pereira e Amaral Júnior, 2001).

A superioridade dos valores de herdabilidade para CE em relação a RG eram esperados ocorrerem na população UENF de milho pipoca, como demonstrado por Pereira e Amaral Júnior (2001). Tais resultados de discrepância entre estimativas de herdabilidade para capacidade de expansão e rendimento são corroborados por outros autores em outras populações (Lira, 1983; Pacheco et al., 1998).

Pacheco et al. (1998), avaliando duas populações de milho pipoca de segundo ciclo de seleção recorrente, detiveram estimativas de herdabilidade para capacidade de expansão iguais a 27,40% e 42,90%, e para rendimento iguais a 57,60% e 60,10%, respectivamente, para ambas as populações.

A comparação dos valores obtidos a partir da população UENF de milho pipoca aos observados por Pacheco et al. (1998) ratificam a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção para ambas as características, tendo em vista o intento de recomendação de uma variedade para o Norte e Noroeste Fluminense.

Quanto a NP, ED e EP, em virtude dos valores de \hat{I}_v inferiores a 0,5 e baixas magnitudes de herdabilidade, progressos genéticos através das gerações por meio de métodos simples de melhoramento não são muito promissores. Verifica-se quanto a estas características, estimativas de variância residual superior a genotípica, indicando se tratar de características altamente influenciadas pelo ambiente. De modo especial para ED, a ocorrência da interação Ambiente “*versus*” Famílias dentro de ‘Set’ (Tabela 4) pode ser atribuída à forte influência do ambiente.

Analisando o parâmetro referente à variância da interação genótipo “*versus*” ambiente (Tabela 6), verifica-se baixa magnitude do valor para RG e CE, bem inferiores a variância genotípica, ratificando a ausência da interação Ambiente “*versus*” Famílias dentro de ‘Set’ para RG e a interação em nível de 5% de probabilidade pelo teste F para CE (Tabela 4).

Neste ciclo, por terem sido avaliadas famílias de irmãos completos e as testemunhas não apresentarem a mesma estrutura genética, visto que há um híbrido triplo, um simples modificado e um ‘top cross’, não foi possível a obtenção da variância aditiva e de dominância (desconsiderando os efeitos epistáticos).

Pacheco et al. (1998) argumentam que a falta de dados na literatura quanto à variância aditiva para CE dificulta a visualização da real magnitude das estimativas desse parâmetro, bem como de seu efeito num programa de seleção.

Vencovsky (1978) afirma que em um programa de seleção recorrente entre famílias de irmãos completos, que possuem variância genética igual a $1/2\hat{\sigma}_A^2 + 1/4\hat{\sigma}_D^2$, a variância de dominância não é utilizada neste processo de seleção, e sim somente a variância aditiva e em apenas 50%. Contudo, há consenso que não se deve desconsiderar o componente de dominância, sobretudo em se tratando de características com maior predominância de efeitos gênicos dominantes, como o caso do rendimento de grãos.

Para estimar a variância aditiva e de dominância na população UENF de milho pipoca, haverá necessidade de se padronizar as testemunhas em cada ciclo de seleção e, com o avanço dos ciclos, há a possibilidade de trabalhar de forma conjunta estes dados de modo a contribuir com o incremento de informações para a condução dos programas de melhoramento para rendimento e qualidade da pipoca em âmbito regional e, quiçá, nacional.

4.4. Relações entre Características

4.4.1. Correlação Simples

A Tabela 7 contém as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, em Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ.

Hallauer e Miranda Filho (1988) e Cruz et al. (2004) ressaltam a importância de se distinguir e quantificar o grau de associação genética e ambiental entre as características avaliadas, uma vez que as causas genéticas de correlação possuem natureza herdável e podem auxiliar a orientação de programas de melhoramento.

Observa-se que dentre os 78 pares de combinações entre as características avaliadas, 33 expressaram correlações genotípicas significativas e superiores às fenotípicas e de ambiente, o que indica que a associação linear entre esses pares é mais influenciada pelos componentes genotípicos do que pelos ambientais.

Tabela 7 – Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre treze características agrônômicas avaliadas em 200 famílias de irmãos completos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Característica ^{1/}	r	NP	NPQ	EMP	AP	AE	PE	NE	ED	EP	RG	M100	CE
FLOR	r_F	-0,1381 ^{ns}	0,0504 ^{ns}	-0,0577 ^{ns}	0,477 ^{**}	0,4536 ^{**}	-0,1857 ^{**}	-0,1563	0,2213 ^{**}	-0,0534 ^{ns}	-0,2459 ^{**}	-0,0699 ^{ns}	-0,0980 ^{ns}
	r_G	-0,1179 ^{ns}	-0,0191 ^{ns}	-0,1021 ^{ns}	0,7621 ^{**}	0,7060 ^{**}	-0,0285 ^{ns}	-0,1144 ^{ns}	0,3183 ^{**}	-0,2323 ^{**}	-0,1148 ^{ns}	0,0081 ^{ns}	-0,0906 ^{ns}
	r_A	-0,1812 [*]	0,1895 ^{**}	0,0317 ^{ns}	-0,2823 ^{**}	-0,2889 ^{**}	-0,5052 ^{**}	-0,2556 ^{**}	0,1258 ^{ns}	0,0769 ^{ns}	-0,5092 ^{**}	-0,3419 ^{**}	-0,1148 ^{ns}
NP	r_F		-0,3274 ^{**}	-0,0215 ^{ns}	-0,0768 ^{ns}	-0,0393 ^{ns}	0,4265 ^{**}	0,3959 ^{**}	-0,0129 ^{ns}	0,1799 ^{**}	0,3871 ^{**}	0,0402 ^{ns}	0,0055 ^{ns}
	r_G		-0,6732 ^{**}	-0,1233 ^{ns}	-0,2039 ^{**}	-0,1780 ^{**}	0,4349 ^{**}	0,3690 ^{**}	-0,0989 ^{ns}	0,3983 ^{**}	0,4070 ^{**}	-0,0232 ^{ns}	0,0285 ^{ns}
	r_A		-0,0259 ^{ns}	0,0745 ^{ns}	0,0684 ^{ns}	0,1460 ^{**}	0,4546 ^{**}	0,4848 ^{**}	0,0381 ^{ns}	0,0988 ^{ns}	0,3991 ^{**}	0,1598 ^{**}	-0,0113 ^{ns}
NPQ	r_F			-0,0134 ^{ns}	0,0393 ^{ns}	0,1012 ^{ns}	-0,1887 ^{**}	-0,1742 ^{**}	0,0546 ^{ns}	-0,0898 ^{ns}	-0,1589 ^{**}	-0,0938 ^{ns}	-0,1861 ^{**}
	r_G			-0,0223 ^{ns}	0,1248 ^{ns}	0,2009 ^{**}	-0,1296 ^{ns}	-0,1910 ^{**}	0,1603 ^{**}	-0,1669 ^{**}	-0,1040 ^{ns}	-0,0366 ^{ns}	-0,2589 ^{**}
	r_A			0,0017 ^{ns}	-0,1519 ^{**}	-0,1429 ^{**}	-0,2893 ^{**}	-0,1424 ^{**}	-0,0531 ^{ns}	-0,0524 ^{ns}	-0,2511 ^{**}	-0,2699 ^{**}	-0,0942 ^{ns}
EMP	r_F				0,0429 ^{ns}	0,0305 ^{ns}	0,1340 ^{ns}	0,1522 ^{**}	0,1036 ^{ns}	0,1039 ^{ns}	0,1143 ^{ns}	0,0090 ^{ns}	-0,1182 ^{ns}
	r_G				0,0241 ^{ns}	-0,0034 ^{ns}	0,1821 ^{**}	0,2090 ^{**}	0,2092 ^{**}	0,2428 ^{**}	0,1625 ^{**}	0,0046 ^{ns}	-0,2043 ^{**}
	r_A				0,0871 ^{ns}	0,1184 ^{ns}	0,0508 ^{ns}	0,0388 ^{ns}	-0,0025 ^{ns}	0,0263 ^{ns}	0,0323 ^{ns}	0,0228 ^{ns}	-0,0065 ^{ns}
AP	r_F					0,8228 ^{**}	0,2889 ^{**}	0,0842 ^{ns}	0,1389 ^{ns}	-0,0222 ^{ns}	0,2573 ^{**}	0,1917 ^{**}	-0,0878 ^{ns}
	r_G					0,8495 ^{**}	0,2610 ^{**}	0,0439 ^{ns}	0,2516 ^{**}	-0,0102 ^{ns}	0,2334 ^{**}	0,1926 ^{**}	-0,1669 ^{**}
	r_A					0,7367 ^{**}	0,3603 ^{**}	0,1922 ^{**}	0,0041 ^{ns}	-0,0408 ^{ns}	0,3189 ^{**}	0,1930 ^{**}	0,0426 ^{ns}
AE	r_F						0,3109 ^{**}	0,2178 ^{**}	0,1858 ^{**}	-0,0161 ^{ns}	0,2819 ^{**}	0,0669 ^{ns}	0,0044 ^{ns}
	r_G						0,2737 ^{**}	0,2081 ^{**}	0,3161 ^{**}	-0,1241 ^{ns}	0,2529 ^{**}	0,0339 ^{ns}	-0,0028 ^{ns}
	r_A						0,4223 ^{**}	0,2512 ^{**}	0,0252 ^{ns}	0,0865 ^{ns}	0,3711 ^{**}	0,2102 ^{**}	0,0192 ^{ns}
PE	r_F							0,5679 ^{**}	-0,1259 ^{ns}	0,1893 ^{**}	0,9517 ^{**}	0,3833 ^{**}	0,0136 ^{ns}
	r_G							0,5292 ^{**}	-0,1337 ^{ns}	0,4203 ^{**}	0,9644 ^{**}	0,3858 ^{**}	-0,0957 ^{ns}
	r_A							0,6510 ^{**}	-0,1251 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,9301 ^{**}	0,4167 ^{**}	0,1588 ^{**}
NE	r_F								0,2910 ^{**}	0,2135 ^{**}	0,5025 ^{**}	-0,1291 ^{ns}	0,0749 ^{ns}
	r_G								0,3601 ^{**}	0,4142 ^{**}	0,4892 ^{**}	-0,1780 ^{**}	0,0816 ^{ns}
	r_A								0,2384 ^{**}	0,1077 ^{ns}	0,5339 ^{**}	0,0320 ^{ns}	0,0685 ^{ns}
ED	r_F									-0,0136 ^{ns}	-0,2086 ^{**}	-0,2832 ^{**}	-0,0831 ^{ns}
	r_G									-0,2993 ^{**}	-0,1884 ^{**}	-0,3820 ^{**}	-0,1274 ^{ns}
	r_A									0,1075 ^{ns}	-0,2416 ^{**}	-0,2006 ^{**}	-0,0478 ^{ns}
EP	r_F										0,1575 ^{**}	0,0004 ^{ns}	-0,0281 ^{ns}
	r_G										0,3981 ^{**}	0,0456 ^{ns}	0,0345 ^{ns}
	r_A										0,0204 ^{ns}	-0,0525 ^{ns}	-0,0633 ^{ns}
RG	r_F											0,3870 ^{**}	-0,0225 ^{ns}
	r_G											0,3946 ^{**}	-0,0666 ^{ns}
	r_A											0,4081 ^{**}	0,1393 ^{**}
M100	r_F												-0,1187 ^{ns}
	r_G												-0,2184 ^{**}
	r_A												0,0796 ^{ns}

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em grammas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹

** = Significativo em nível de 1 % de probabilidade; * = Significativo em nível de 5 % de probabilidade; e ^{ns} = Não significativo.

As estimativas das correlações fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A) entre a capacidade de expansão e rendimento de grãos foram, respectivamente, $-0,0225^{ns}$, $-0,0666^{ns}$ e $0,1393^*$. Apenas r_A foi significativo pelo teste “t” em nível de 5% de probabilidade.

Estas magnitudes, quando comparadas às obtidas por Freitas Júnior (2008) na condução do quarto ciclo, denotam que houve tendência de alteração de correlação, em razão de os valores expressos para a correlação genotípica serem, respectivamente, para o quarto e quinto ciclos, $-0,0650^{ns}$ e $-0,0666^{ns}$. Entretanto, essa consideração deve ser entendida tão somente como um indício, uma vez que as magnitudes das correlações, por não serem significativas, devem ser estatisticamente consideradas iguais a zero.

Um coeficiente de correlação igual a zero não implica falta de relação entre duas variáveis, mas apenas reflete a ausência de relação linear entre essas variáveis (Cruz et al., 2004).

Lima et al. (1971), Dofing et al. (1991), Coimbra et al. (2001) e Carpentieri-Pípolo et al. (2002) detectaram correlação entre a CE e RG com magnitudes respectivas de $-0,2500$, $-0,3400$, $-0,3064$ e $-0,2650$. Observando-se o valor de correlação obtido para a população UENF no quarto e quinto ciclo de seleção recorrente ($-0,0650$ e $-0,0666$, respectivamente), corrobora-se a afirmação de Coimbra et al. (2001), na qual a variação existente entre os valores de correlação entre CE e RG pode tornar mais fácil o melhoramento dessas características em algumas populações do que em outras.

Como pode ser observado na Tabela 7, com exceção de NPQ, EMP, AP e M100, as demais características avaliadas expressaram correlação genotípica não significativa para com a capacidade de expansão.

A significância da correlação genotípica entre EMP e CE ($-0,2043^{**}$), conforme Hosney et al. (1983), evidencia que grãos expostos às intempéries antes da colheita têm o pericarpo danificado e, como consequência, diminuição da capacidade de expansão, pois, segundo esses autores, qualquer dano ao pericarpo provoca acentuada queda na CE dos genótipos avaliados.

Quanto à correlação significativa entre M100 e CE ($-0,2184^{**}$), conforme Tabela 7, Freitas Júnior (2008) obteve correlação genotípica igual a $-0,5014^{**}$. Como a média para M100 obtida pelo referido autor foi de 12,02 g e, no presente ciclo, de 12,95 g, pode-se inferir, com base na redução do coeficiente de

correlação genotípico, que o incremento na massa de 100 grãos, provavelmente não está sendo fator preponderante na redução da CE na população UENF de milho pipoca. Contudo, a análise de trilha e correlação parcial proverão mais informações sobre essa relação. Não obstante, verifica-se que o tamanho do grão na população está em conformidade com as exigências do mercado, ou seja, grãos maiores que produzem “flor de pipoca” maior e mais macia.

No que se refere à AP e NPQ correlacionando-se significativamente com a CE, um ponto importante deve ser mencionado. Plantas de porte maior tendem a estarem mais sujeitas ao quebramento de colmo, sobretudo em regiões com incidência de ventos fortes e, na avaliação de rendimento, as espigas das plantas quebradas são colhidas e beneficiadas, originando a amostra que dará origem à CE. Deste modo, pode-se argumentar que a redução na CE de uma dada família tende a ser mais influenciada por danos aos grãos, dado por exemplo pelo mal empalhamento do que pelo quebramento das plantas propriamente dito.

Quanto ao rendimento de grãos, verifica-se ocorrência de correlação genotípica e de ambiente significativa e negativa com número de espigas doentes (ED), traduzindo o efeito da incidência de doenças para com o rendimento de grãos. É sabido que características da espiga também têm implicação direta no rendimento de grãos. Deste modo, merece atenção a associação significativa e positiva entre ED e EMP, visto que houve correlação genotípica significativa e positiva entre número de espigas mal empalhadas e rendimento de grãos.

Pela Tabela 7 verifica-se que apenas treze combinações entre as características expressaram correlações genotípicas significativas e menores que as de ambiente, denotando maior influência ambiental na determinação da associação linear entre tais características.

O ambiente torna-se causa de correlações quando duas características são influenciadas pelas mesmas variações de condições ambientais, em que valores negativos desta correlação, como ocorre entre RG e ED, indicam que o ambiente favoreceu uma característica em detrimento da outra, e valores positivos, como ocorre entre NE e PE, indicam que ambas foram beneficiadas ou prejudicadas pelas mesmas causas de variações ambientais (Falconer, 1987).

Como já mencionado, 33 combinações entre características expressaram correlações genotípicas significativas e superiores às fenotípicas e de ambiente. Contudo, ao todo, 46 combinações expressaram correlações genotípicas

significativas, seja em nível de 1% ou 5%, sendo que 32 foram positivas. Correlações genotípicas positivas indicam que a seleção, objetivando ganho em uma característica, provocará o mesmo efeito na outra.

Considerando-se como exemplo as maiores magnitudes de correlações genotípicas expressas, pode-se inferir que maiores ganhos via seleção indireta são possíveis entre rendimento de grãos e peso de espigas ($r_G = 0,9644^{**}$) e altura de plantas e altura de espigas ($r_G = 0,8495^{**}$). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Coimbra et al. (2001).

Carvalho et al. (2004) propuseram uma classificação dos coeficientes de correlação. Deste modo, a correlação entre rendimento de grãos e peso de espigas seria considerada fortíssima, entre altura de plantas e altura de espigas, forte e, entre rendimento de grãos e capacidade de expansão, fraca.

4.4.2. Análise de Trilha

Na Tabela 8 há as estimativas dos efeitos diretos e indiretos de componentes primários sobre a capacidade de expansão, obtidos por análise de trilha, com um diagrama causal, no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca.

Em virtude das baixas magnitudes de correlação entre os componentes primários (PE, NE e RG) e a variável principal (CE), respectivamente, -0,0957, 0,0816 e -0,0666, pode-se inferir que a seleção indireta não será eficiente em promover ganhos genéticos dados pela resposta correlacionada, mesmo que o maior efeito direto sobre a CE tenha sido por meio de RG, com valor de 0,4269.

Embora a correlação entre NE e CE seja em sentido favorável e o efeito direto também, não é conveniente concluir a respeito de causa e efeito, visto que as estimativas são de baixa magnitude. Deste modo, NE não é o principal determinante das alterações em CE e, nesse caso, certamente outra característica poderá proporcionar maior impacto em ganhos por seleção indireta. Contudo, por meio da Tabela 8 constata-se que dentre os componentes primários estabelecidos não se identifica sequer um que maximizaria as respostas correlacionadas.

Tabela 8 – Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários sobre a capacidade de expansão, obtidos por análise de trilha (um diagrama causal) no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Característica ^{1/}	Descrição dos Efeitos	Estimativa
PE	Efeito Direto sobre CE	-0,6113
	Efeito Indireto via NE	0,1039
	Efeito Indireto via RG	0,4117
	Total	-0,0957
NE	Efeito Direto sobre CE	0,1963
	Efeito Indireto via PE	-0,3235
	Efeito Indireto via RG	0,2088
	Total	0,0816
RG	Efeito Direto sobre CE	0,4269
	Efeito Indireto via PE	-0,5895
	Efeito Indireto via NE	0,0960
	Total	-0,0666
R ²		0,0461
Efeito residual		0,9767

^{1/}PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

A elevada estimativa do efeito residual evidencia que os componentes primários não são os principais determinantes das variações na capacidade de expansão.

A Tabela 9 contém as estimativas dos efeitos diretos e indiretos de quatro componentes secundários sobre três componentes primários, obtidos por análise de trilha no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca.

As características adotadas como componentes secundários foram: FLOR, EMP, AP e M100. Conforme relatam Cruz et al. (2004), os componentes secundários geralmente são características menos complexas, possuem maiores herdabilidades e, em alguns casos, são mais fáceis de serem mensurados.

Tabela 9 – Estimativas dos efeitos diretos e indiretos de quatro componentes secundários (FLOR, EMP, AP e M100) sobre três componentes primários (PE, NE e RG), obtidos por análise de trilha no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Componentes secundários ^{1/}	Descrição dos Efeitos	Componentes Primários ^{1/}		
		PE	NE	RG
FLOR	Efeito direto	-0,4104	-0,3890	-0,5807
	Efeito indireto via EMP	-0,0129	-0,0165	-0,0089
	Efeito indireto via AP	0,3925	0,2930	0,4725
	Efeito indireto via M100	0,0023	-0,0020	0,0023
	Total	-0,0285	-0,1144	-0,1148
EMP	Efeito direto	0,1265	0,1612	0,0870
	Efeito indireto via FLOR	0,0419	0,0397	0,0593
	Efeito indireto via AP	0,0124	0,0093	0,0149
	Efeito indireto via M100	0,0013	-0,0011	0,0013
	Total	0,1821	0,2090	0,1625
AP	Efeito direto	0,5150	0,3845	0,6200
	Efeito indireto via FLOR	-0,3128	-0,2964	-0,4426
	Efeito indireto via EMP	0,0030	0,0039	0,0021
	Efeito indireto via M100	0,0557	-0,0481	0,0538
	Total	0,2610	0,0439	0,2334
M100	Efeito direto	0,2894	-0,2496	0,2795
	Efeito indireto via FLOR	-0,0033	-0,0032	-0,0047
	Efeito indireto via EMP	0,0006	0,0007	0,0004
	Efeito indireto via AP	0,0992	0,0741	0,1194
	Total	0,3858	-0,1780	0,3946
R ²		0,2808	0,1395	0,3358
Efeito Residual		0,8481	0,9276	0,8150

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; e M100 = massa de 100 grãos em gramas.

Verifica-se na Tabela 9 que, de maneira geral, os efeitos diretos dos componentes secundários sobre os primários tiveram o mesmo sinal das correlações (efeito total), porém, não foram comparativamente elevados, vez que em todos os casos não superaram a estimativa do respectivo efeito residual.

Esses resultados evidenciam que os componentes secundários não são os principais determinantes das variações nos componentes primários, e que a seleção indireta não será eficaz, o que é corroborado pelos baixos coeficientes de determinação do modelo da análise de trilha (R^2).

Estão contidas na Tabela 10 as estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes secundários sobre a capacidade de expansão, obtidas por análise de trilha no quinto ciclo de seleção recorrente.

Dentre os componentes secundários, M100 é o principal determinante das alterações na capacidade de expansão.

A correlação entre M100 e CE com magnitude de -0,2184 e efeito direto total de M100 sobre CE de -0,1988 indicam relação de causa e efeito. Observa-se, ainda, que o maior efeito ocorre por meio do componente primário PE, ratificando os resultados apresentados na Tabela 8, em que dentre os efeitos primários, o de maior efeito sobre a capacidade de expansão é o peso de espigas.

Ainda com base na Tabela 10, constata-se que a magnitude do efeito direto de M100 sobre CE (-0,1988) foi elevada comparativamente ao efeito direto de EMP sobre CE (-0,2049), pois superou a estimativa do efeito residual em 2,15 vezes, ratificando que M100 é a característica mais associada a CE, o que permite concluir que a seleção para genótipos de grãos menores conduzirão a ganhos indiretos em CE.

As baixas magnitudes de efeitos diretos e indiretos dos diferentes componentes secundários, primários e variável principal advindas da análise de trilha, confirmam a importância da seleção simultânea obtida com os índices de seleção.

Tabela 10 – Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes secundários^{1/} sobre a capacidade de expansão, obtidos por análise de trilha no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Comp. Secund.	Descrição dos Efeitos	Componentes Primários ^{1/}			Efeito Residual	Total
		PE	NE	RG		
FLOR	Efeito direto	0,2509	-0,0763	-0,2479	0,0360	-0,0374
	Efeito indireto via EMP	0,0079	-0,0032	-0,0038	0,0200	0,0209
	Efeito indireto via AP	-0,2399	0,0575	0,2017	-0,0919	-0,0726
	Efeito indireto via M100	-0,0014	-0,0004	0,0010	-0,0007	-0,0016
	Total	0,0174	-0,0225	-0,0490	-0,0366	-0,0906
EMP	Efeito direto	-0,0773	0,0316	0,0371	-0,1964	-0,2049
	Efeito indireto via FLOR	-0,0256	0,0078	0,0253	-0,0037	0,0038
	Efeito indireto via AP	-0,0076	0,0018	0,0064	-0,0029	-0,0023
	Efeito indireto via M100	-0,0008	-0,0002	0,0005	-0,0004	-0,0009
	Total	-0,1113	0,0410	0,0694	-0,2034	-0,2043
AP	Efeito direto	-0,3148	0,0755	0,2647	-0,1206	-0,0952
	Efeito indireto via FLOR	0,1912	-0,0582	-0,1889	0,0274	-0,0285
	Efeito indireto via EMP	-0,0019	0,0008	0,0009	-0,0047	-0,0049
	Efeito indireto via M100	-0,0341	-0,0094	0,0230	-0,0178	-0,0383
	Total	-0,1595	0,0086	0,0996	-0,1156	-0,1669
M100	Efeito direto	-0,1769	-0,0490	0,1193	-0,0923	-0,1988
	Efeito indireto via FLOR	0,0020	-0,0006	-0,0020	0,0003	-0,0003
	Efeito indireto via EMP	-0,0004	0,0001	0,0002	-0,0009	-0,0009
	Efeito indireto via AP	-0,0606	0,0145	0,0510	-0,0232	-0,0183
	Total	-0,2358	-0,0349	0,1685	-0,1161	-0,2184

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; e M100 = massa de 100 grãos em gramas.

4.4.3. Correlação Parcial

As estimativas dos coeficientes de correlação parcial entre capacidade de expansão e rendimento de grãos, após removidos os efeitos de massa de 100 grãos, número de espigas mal empalhadas e ambos, no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, estão contidas na Tabela 11.

Os resultados da análise de trilha (Tabela 10) permitiram concluir que M100 é a característica mais associada a CE. Como as características de maior preocupação nos programas de melhoramento de milho pipoca são a capacidade de expansão e rendimento de grãos, as estimativas de correlação parcial permitiram inferir que a seleção indireta seria eficaz, removendo-se o efeito do componente secundário M100.

O coeficiente de correlação parcial entre CE e RG removendo-se o efeito de M100 foi de 0,0219. Embora de baixa magnitude, houve mudança na direção do sinal em relação à correlação genotípica de valor -0,0666 (Tabela 7), ratificando a importância do referido componente secundário.

Assim, constata-se que há possibilidade de se obter resposta correlacionada na CE via RG, desde que se selecione entre os genótipos de maior rendimento, aqueles com menores tamanhos de grão.

Tabela 11 – Estimativas dos coeficientes de correlação parcial entre capacidade de expansão e rendimento de grãos, no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Característica ^{1/} de Efeito Removido	Estimativa de $r_{CE \times RG}$
M100	0,0219
EMP	-0,3460
M100 e EMP	-0,0651

^{1/} EMP = número de espigas mal empalhadas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

4.5. Índices de Seleção

Na Tabela 12 estão contidas as estimativas dos ganhos percentuais por diferentes índices de seleção e pesos econômicos em treze características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca, em Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ.

Dentre as propostas para a obtenção de índices empregadas neste estudo, a de Mulamba e Mock (1978) resultou em elevado ganho genético para as características de maior interesse nos programas de melhoramento de milho pipoca, capacidade de expansão e rendimento de grãos, respectivamente, 6,01% e 8,53%. Estes resultados corroboram os obtidos por Santos et al. (2007) e Freitas Júnior (2008) com a mesma população.

Arnhold e Viana (2007), trabalhando com a população de milho pipoca Beija Flor, visando à obtenção de linhagens, empregaram o índice de Mulamba e Mock (1978) para a seleção entre e dentro de famílias S₄. Tais autores utilizaram este índice seguindo recomendação de Vilarinho et al. (2002), Vilarinho et al. (2003), Santos et al. (2004) e Viana et al. (2007), os quais trabalharam com a mesma população, ratificando a eficiência e o frequente uso do referido índice.

Verifica-se na Tabela 12 que as estimativas de ganhos percentuais pelo índice de Mulamba e Mock (1978) para capacidade de expansão (6,01%) e rendimento de grãos (8,53%) foram obtidas empregando-se pesos econômicos atribuídos por tentativas (PT). A atribuição de pesos econômicos por tentativas permite ao melhorista verificar a possibilidade de ganhos, partindo do princípio de que é possível atribuir maiores pesos às características de maior interesse visando ganhos satisfatórios em populações sob seleção.

O uso de pesos econômicos atribuídos por tentativas permitiu não apenas ganhos satisfatórios para RG e CE, mas também para as demais características avaliadas. Quanto ao número de plantas quebradas (NPQ), a estimativa de ganho percentual foi de -11,99%, e para número de espigas mal empalhadas (EMP), a estimativa foi de -12,23%. A redução do número de plantas quebradas e do *quantum* de espigas mal empalhadas contribuirá para o incremento em rendimento e qualidade da pipoca na continuidade dos ciclos, e também para a população *per se*.

Tabela 12 – Estimativas de ganhos percentuais, por diferentes índices de seleção e pesos econômicos^{1/}, em treze características^{2/} avaliadas em 200 famílias de irmãos completos, no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2008.

Características	Mulamba e Mock					Smith e Hazel				
	DPg	CVg	Iv	h ²	PT	DPg	CVg	Iv	h ²	PT
FLOR	-1,02	-0,50	-0,68	-0,58	-0,74	-0,54	-0,32	-0,31	-0,31	-0,37
NP	0,74	0,91	1,00	1,02	0,42	0,38	0,32	0,37	0,28	0,39
NPQ	-5,25	-25,18	-19,31	-20,37	-11,99	0,72	-1,11	-1,40	-1,50	-0,63
EMP	5,39	-44,87	-17,93	-19,48	-12,23	11,61	5,39	5,39	8,50	0,21
AP	2,13	-1,00	-5,06	-4,27	-0,76	2,65	2,83	3,45	3,25	2,65
AE	3,29	-0,21	-5,77	-4,38	-0,12	3,72	4,08	4,81	4,24	4,48
PE	13,58	3,71	2,25	3,56	6,66	13,17	12,92	13,08	12,99	12,92
NE	7,10	2,86	3,45	3,86	3,59	6,29	5,44	5,22	5,44	4,91
ED	-2,61	-8,05	-2,03	-1,79	-3,68	-4,18	-4,50	-5,08	-4,50	-5,25
EP	0,83	-0,42	-0,21	-0,55	-0,29	1,14	1,04	1,32	1,43	1,17
RG	16,11	5,44	2,88	4,38	8,53	15,29	15,35	15,34	15,10	15,66
M100	3,67	-0,01	-3,28	-2,66	1,80	4,42	4,70	4,76	4,91	4,24
CE	0,30	2,32	2,24	3,17	6,01	-0,76	0,09	-0,11	-0,13	0,44

^{1/}Pesos econômicos utilizados nos índices de seleção: DPg = desvio-padrão genotípico; CVg = coeficiente de variação genotípico; Iv = índice de variação (relação CVg/Cve); h² = herdabilidade; e PT = Pesos atribuídos por tentativas (1, 10, 20, 20, 100, 100, 100, 1, 20, 100, 500, 1, 1000).

^{2/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

Tabela 12, Cont.

Característica	Pesek e Baker					Williams				
	DPg	CVg	lv	h ²	PT	DPg	CVg	lv	h ²	PT
FLOR	-0,58	0,22	0,22	0,22	-0,02	-0,92	-0,92	-0,77	-0,77	-1,07
NP	0,44	-0,13	-0,13	-0,13	-0,02	0,74	0,68	0,73	0,73	0,66
NPQ	-13,92	-7,66	-7,66	-7,66	-9,10	-4,48	-4,58	-2,75	-2,75	-4,96
EMP	-7,56	-20,52	-20,52	-20,52	-21,04	6,42	9,53	3,32	3,32	6,42
AP	1,75	0,43	0,43	0,43	-0,25	2,34	2,74	3,14	3,14	2,14
AE	3,26	2,57	2,57	2,57	1,38	3,35	3,72	4,41	4,41	3,49
PE	9,23	1,01	1,01	1,01	0,40	13,68	13,63	13,64	13,64	13,44
NE	5,76	2,14	2,14	2,14	1,35	7,02	7,06	6,82	6,82	6,84
ED	-1,87	1,01	1,01	1,01	-2,03	-2,36	-3,10	-2,69	-2,69	-3,52
EP	1,09	-0,68	-0,68	-0,68	-0,68	1,19	0,96	0,49	0,49	0,83
RG	11,28	0,93	0,93	0,93	0,66	16,00	16,06	15,98	15,98	16,23
M100	2,35	-0,82	-0,82	-0,82	0,03	3,46	4,09	4,19	4,19	3,99
CE	5,55	7,57	7,57	7,57	7,63	-0,24	-0,35	-0,33	-0,33	0,52

^{1/}Pesos econômicos utilizados nos índices de seleção: DPg = desvio-padrão genotípico; CVg = coeficiente de variação genotípico; lv = índice de variação (relação CVg/Cve); h² = herdabilidade; e PT = Pesos atribuídos por tentativas (1, 10, 20, 20, 100, 100, 100, 1, 20, 100, 500, 1, 1000).

^{2/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹; NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

Outras características que também apresentaram estimativas de ganhos percentuais satisfatórios usando pesos econômicos atribuídos por tentativas foram altura de planta (AP), com magnitude de -0,76%; altura de inserção da primeira espiga (AE), com -0,12%; número de espigas (NE), com 3,59%; número de espigas doentes (ED), com -3,68% e número de espigas atacadas por pragas (EP), com -0,29%.

Os ganhos negativos para AP e AE foram considerados satisfatórios devido à necessidade em reduzir o porte das plantas de milho frente aos fortes ventos que ocorrem nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Embora o índice de Mulamba e Mock (1978) usando pesos econômicos por tentativas tenha permitido a obtenção de ganhos satisfatórios para as características estudadas, com base na premissa de Cruz (1990), no melhoramento de plantas, existe dificuldade em se estabelecer pesos econômicos. Conforme propõe Cruz (1990), os pesos econômicos poderiam ser estimados a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais. Assim, o coeficiente de variação genotípico (CVg) se constituiria em um bom referencial, pelo fato de ser um parâmetro adimensional e diretamente proporcional à variância genética.

Pelo índice de Mulamba e Mock (1978), embora o uso do CVg tenha favorecido a obtenção de ganhos positivos para CE e RG, respectivamente, 5,44% e 2,32%, estes foram menores quando comparados aos obtidos pelo uso dos pesos econômicos atribuídos por tentativas. Contudo, ganhos percentuais favoráveis com boas magnitudes foram identificados para NPQ, EMP, AP, AE, ED e EP (Tabela 12). Deste modo, o emprego do CVg como peso econômico deve ser considerado com atenção na condução dos próximos ciclos com a população UENF de milho pipoca.

O emprego de um desvio padrão genotípico como peso econômico proporcionou um dos maiores ganhos percentuais para rendimento de grãos (16,11%) entre os índices utilizados. Contudo, no que se refere à capacidade de expansão, o ganho percentual foi de apenas 0,30%. Observando as demais características, verifica-se a obtenção de ganhos não desejáveis para EMP, EP, AP e AE. Assim, pode-se concluir que para o índice de Mulamba e Mock (1978) o uso de um desvio padrão genotípico como peso econômico não constituiu uma boa alternativa para a seleção de genótipos superiores.

O uso do índice de variação (lv) e da herdabilidade (h^2) como pesos econômicos constituiu uma alternativa interessante para o uso do índice de Mulamba e Mock (1978). Embora os ganhos percentuais previstos para CE e RG tenham sido menores do que os previstos usando pesos econômicos atribuídos por tentativas, ganhos desejáveis para NPQ, EMP, AP, AE, ED e EP foram obtidos (Tabela 12).

Esses resultados ratificam a eficiência do índice de Mulamba e Mock (1978) na predição dos ganhos percentuais para as características avaliadas e denotam a importância da estimação dos parâmetros genéticos na condução dos ciclos de seleção.

Outro índice que foi utilizado para a estimação de ganhos genéticos no quinto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca foi o de Smith (1936) e Hazel (1943).

Verifica-se pela Tabela 12 que considerando-se apenas rendimento de grãos, os ganhos genéticos preditos foram elevados para todos os pesos econômicos, tendo como valor médio 15,35%. Contudo, ganhos simultâneos desejáveis entre RG e CE não foram observados para nenhum peso econômico. Embora tenham ocorrido ganhos positivos para CE, estes foram de baixa magnitude, 0,09%, para peso econômico igual ao CVg e 0,44%, para peso econômico atribuído por tentativas.

As diferenças entre as magnitudes de ganhos genéticos preditos para RG e CE pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943), por diferentes pesos econômicos, também foram constatados por Santos et al. (2007) e Freitas Júnior (2008) com a população UENF de milho pipoca. Esses resultados não implicam afirmar que o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) não seja mais adequado para a seleção de progênies na referida população, mas apenas que bons resultados não têm sido obtidos nos últimos ciclos.

O índice de Smith (1936) e Hazel (1943) foi utilizado na população UENF no segundo ciclo de seleção recorrente com o objetivo de selecionar progênies superiores em famílias endogâmicas para capacidade de expansão e rendimento de grãos. Os ganhos estimados foram de 17,80% e 26,95%, respectivamente (Daros et al., 2004b), bem superiores aos obtidos no primeiro ciclo (10,39% e 4,69%, respectivamente), no qual houve seleção direta de progênies de irmãos completos superiores para ambas as características (Daros et al., 2002).

Embora neste ciclo as estimativas de ganhos genéticos obtidas pelo uso do índice de Smith (1936) e Hazel (1943) não indiquem a perspectiva de seleção de genótipos que contribuirão para a redução do número de espigas mal empalhadas, altura de planta, altura de espiga e número de espigas atacadas por pragas, pelo emprego de diferentes pesos econômicos, há perspectiva de seleção de genótipos que contribuirão para redução do número de plantas quebradas e considerável redução no número de espigas doentes (Tabela 12).

Em relação às estimativas de ganhos percentuais para os diferentes pesos econômicos atribuídos, verifica-se que pela semelhança entre as mesmas não cabe qualquer comparação no que se refere à eficiência de um critério de peso econômico em relação ao outro, mas que o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) é uma ferramenta que deve sempre que possível ser empregada para a identificação de genótipos promissores em programas de melhoramento.

Verifica-se pela Tabela 12 que ao contrário do índice de Smith (1936) e Hazel (1943) que proporcionou ganhos superiores para RG e inferiores para CE, o índice de Pesek e Baker (1969) possibilitou ganhos superiores para CE e inferiores para RG, por diferentes pesos econômicos.

Tendo como critério de peso econômico um desvio padrão, os ganhos simultâneos para CE e RG foram bastante satisfatórios, com valores respectivos de 5,55% e 11,28%, podendo ser comparados aos obtidos pelo índice de Mulamba e Mock (1978) que foram de magnitudes de 6,01% e 8,53%. Contudo, para as demais características os ganhos não foram considerados satisfatórios para indicar este índice como o melhor em selecionar progênies superiores para a continuação do programa.

Embora as estimativas de ganhos percentuais indiquem a possibilidade de redução no número de plantas quebradas (-13,92%), número de espigas mal empalhadas (-7,56%) e número de espigas doentes (-1,87%), as estimativas de altura de plantas, altura de espigas e número de espigas atacadas por pragas indicam incremento para estas características com a seleção de progênies pelo índice de Pesek e Baker (1969), tendo como critério de peso econômico um desvio padrão.

O uso do coeficiente de variação genotípico, bem como do índice de variação e da herdabilidade como critérios de peso econômico pelo índice de

Pesek e Baker (1969), proporcionaram estimativas de ganhos percentuais idênticos para as diferentes características avaliadas.

Verifica-se que os ganhos simultâneos para CE e RG foram positivos, contudo, o valor atribuído à RG foi considerado de magnitude muito baixa (0,93%). Houve ainda ganhos negativos para quebraamento de plantas e número de espigas mal empalhadas, sendo este último de elevada magnitude (-20,52%). Também é verificado ganho negativo para número de espigas atacadas por pragas (-0,68%).

Por outro lado, ganhos positivos e indesejáveis foram constatados para altura de planta, altura de espiga e número de espigas doentes, o que é suficiente para considerar o índice de Pesek e Baker (1969), tendo como critério de peso econômico os parâmetros genéticos CVg, Iv e h^2 uma estratégia não oportuna neste trabalho.

Os pesos atribuídos por tentativas usando o índice de Pesek e Baker (1969) proporcionaram ganhos positivos para CE e RG, embora este último fosse de baixa magnitude (0,66%). Com exceção de altura de espigas com ganho de 1,38% e número de plantas com ganho de -0,02%, considerados indesejáveis, o ganho para as demais características foram considerados desejáveis, contribuindo para a importância do emprego dos pesos econômicos atribuídos por tentativas no uso de diferentes índices de seleção.

A exemplo do que ocorreu pelo índice de Smith (1936) e Hazel (1943), o índice de Williams (1962) também proporcionou simultaneamente ganhos elevados para RG (magnitude média de 16,05%) e baixos ou negativos para CE (Tabela 12).

Observa-se que pelos critérios de pesos econômicos oriundos do uso de DPg, CVg, Iv e h^2 , embora haja diferença na magnitude das estimativas de ganhos genéticos percentuais para todas as características, o sentido do ganho genético, seja favorável ou desfavorável, não mudou em virtude do critério empregado. Deste modo, tem-se a possibilidade de ganhos negativos para quebraamento de plantas e número de espigas doentes. Contudo, os ganhos preditos indicam a perspectiva de seleção de genótipos que contribuirão para incrementos no número de espigas mal empalhadas, altura de plantas, altura de espiga, número de espigas atacadas por pragas e massa de 100 grãos, sendo

assim desinteressante para a continuidade do programa com a população UENF de milho pipoca.

Granate et al. (2002), com o objetivo de estimar o ganho genético com diferentes índices de seleção na população de milho pipoca CMS-43, empregaram o índice de Williams (1962), tendo como critério de peso econômico o CVg. Os autores concluíram que esse peso econômico não permitiu a obtenção de estimativas de ganhos simultâneos para rendimento de grãos e capacidade de expansão.

Pode-se observar na Tabela 12 que foram obtidos ganhos simultâneos para RG e CE pelo uso do índice de Williams (1962) empregando-se pesos econômicos atribuídos por tentativas. Entretanto, a estimativa de ganho para CE foi de magnitude muito baixa (0,52%). Um agravante para esta combinação de índice e peso econômico foi a perspectiva de seleção de genótipos que contribuiriam para o incremento em características indesejáveis, tais como EMP, AP, AE e EP.

Considerando-se apenas os ganhos percentuais para RG, tem-se que esta combinação permitiu a maior estimativa de ganho genético percentual (16,23%) dentre todas as combinações de índices e pesos econômicos, indicando a necessidade de atenção ao uso do índice de Williams (1962) na condução dos próximos ciclos e ratificando a importância dos pesos econômicos atribuídos por tentativas.

O emprego de índices de seleção na população UENF de milho pipoca neste ciclo ratificou que o índice de Mulamba e Mock (1978), com base em pesos arbitrários, foi o que proporcionou os melhores resultados para a seleção das famílias de irmãos completos de quinto ciclo de seleção. Esta combinação de índice e peso econômico proporcionou ganhos satisfatórios para RG e CE, respectivamente, 8,53% e 6,01%, perfazendo um ganho conjunto de 14,54%.

Embora a predição de ganho conjunto não tenha sido a mais elevada, em comparação aos demais índices, houve expressão de ganhos negativos para NPQ, EMP, AP, AE, ED e EP, que são características indesejáveis na condução do programa de melhoramento de milho pipoca para o Norte e Noroeste Fluminense.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O cultivo do milho pipoca e toda a cadeia produtiva associada à cultura tem-se revelado um mercado altamente rentável na agricultura brasileira. Existe a necessidade premente de novos cultivares e, neste contexto, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro possui um programa de melhoramento com a cultura no qual uma das vertentes é a seleção recorrente na população UENF.

No presente trabalho, objetivou-se: a) com a implementação do quinto ciclo de seleção recorrente, estimar o ganho genético esperado para as características avaliadas após seleção por meio de índices; b) investigar a possibilidade de seleção mais eficiente por meio do uso de análise de trilha e de correlações parciais; e c) averiguar a viabilidade de recomendação de nova cultivar a partir da população de quinto ciclo de seleção.

Duzentas famílias de irmãos completos foram obtidas no Campo Experimental da UENF, anexo ao Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, no Município de Campos dos Goytacazes e avaliadas em dois ambientes no Estado do Rio de Janeiro: Campos Experimentais da UENF em Campos dos Goytacazes e em Itaocara, respectivamente, regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Cada ensaio foi constituído pelas 200 famílias de irmãos completos e pelas testemunhas IAC 112, IAC 125 e Zélia. O delineamento utilizado foi blocos casualizados com repetições dentro de 'sets', com duas repetições, sendo que as

200 famílias foram arranjadas em oito 'sets'. Deste modo, cada 'set' conteve 25 famílias mais as três testemunhas, totalizando 28 tratamentos.

As parcelas experimentais foram constituídas por fileiras simples de 5,00 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m ente linhas e 0,20 m entre plantas.

Foram avaliadas as seguintes características: número de dias para o florescimento; altura de planta; altura de inserção da primeira espiga; estande final; número de espigas mal empalhadas; número de plantas quebradas; número de espigas; número de espigas doentes; número de espigas atacadas por pragas; peso de espigas; rendimento de grãos; massa de 100 grãos; e capacidade de expansão.

Pelos resultados obtidos, conclui-se que:

- a) os ambientes foram suficientemente distintos para promoverem diferenças entre as características avaliadas;
- b) há suficiente variabilidade genética na população de quinto ciclo a ser explorada em ciclos futuros de seleção;
- c) houve ausência de relação linear entre capacidade de expansão e rendimento de grãos;
- d) a análise de trilha demonstrou ser a massa de 100 grãos a característica mais associada à capacidade de expansão neste estudo;
- e) há possibilidade de obtenção de resposta correlacionada em CE via RG, desde que se selecione entre os genótipos de maior rendimento, aqueles com menores tamanhos de grãos; e
- f) o índice de Mulamba e Mock (1978), com base em pesos arbitrários, proporcionou os melhores resultados para a seleção de famílias de irmãos completos de quinto ciclo de seleção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, D. E.; Creech, R. G. (1977) Breeding special industrial and nutritional types. *In*: Sprague, G. F.; Fuccillo, D. A. *Corn and corn improvement*. Madison, American Society of Agronomy, p.363-386.
- Amaral, A. M.; Muniz, J. A.; Souza, M. (1997) Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão na experimentação com citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32 (12):1221-1225.
- Andrade, R. A.; Scapim, C. A.; Silvério, L.; Pinto, R. J. B.; Tonet, A. (2002) Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24: 1197-1204.
- Arnhold, E.; Viana, J. M. S. (2007) Eficiência da seleção dentro de famílias S₄ de milho pipoca, visando à obtenção de linhagens. *Revista Ceres*, Viçosa, 54 (312):107-111.
- Baker, R. J. (1986) *Selection indices in plant breeding*. Florida: CRC Press, 218p.
- Bennetzen, J.; Buckler, E.; Chandler, V.; Doebley, J.; Dorweiler, J. (2001) Genetic evidence and the origin of maize. *Latin. Am. Antiq.*, 12:84-86.
- Borém, A.; Miranda, G. V. (2005) *Melhoramento de plantas*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 525p.
- Brasil (1992) Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Sanitária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília, 365p.

- Brugnera, A.; Von Pinho, R. G.; Pacheco, C. A. P.; Alvarez, C. G. D. (2003) Resposta de cultivares de milho pipoca a doses de adubação de semeadura. *Revista Ceres*, Viçosa, 50 (290):417-429.
- Brunson, A. M. (1937) Popcorn breeding. *Yearbook Agricultural*. 1:395-404.
- Cardoso, E. T.; Sereno, M. J. C. M.; Barbosa Neto, J. F. (2003) Estimativa de ganho genético em três populações de milho doce utilizando índices de seleção. *Revista Brasileira de Agrociência*, 9 (4):337-341.
- Carena, M. J. (2005) Maize commercial hybrids compared to improved population hybrids for grain yield and agronomic performance. *Euphytica*, 141 (3):201-208.
- Cargnelutti Filho, A.; Storck, L. (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42 (1):17-24.
- Carpentieri-Pípolo, V.; Takahashi, H. W.; Endo, R. M.; Petek, M. R.; Seifert, A. L. (2002) Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (4):551-554.
- Carvalho, F. I. F.; Lorencetti, C.; Benin, G. (2004) *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal*, Pelotas, UFPEL, 2004. 142p.
- CEASA-Campinas (2009) *Boletim informativo diário de preços*. Disponível em <http://www.ceasacampinas.com.br/cotacoes/documentos/cotacao.pdf> Acesso em 11 Mar. 2009.
- CEASA-Rio Grande do Sul (2009) *Cotações de atacado*. Disponível em <http://www.ceasa.rs.gov.br/images/cotacao/309.txt> Acesso em 11 Mar. 2009.
- CEPEA (2009) *Participação do PIB do agronegócio no PIB do Brasil*. Disponível em <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/> Acesso em 11 Mar. 2009.
- Coimbra, R. C.; Miranda, G. V.; Viana, J. M. S.; CRUZ, C. D. (2001) Correlações entre características na população de milho pipoca DFT1-Ribeirão. *Revista Ceres*, Viçosa, 48 (278):427-435.
- Coimbra, R. R. (2000) *Seleção entre famílias de meios irmãos da população DFT-1 Ribeirão de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 54p.

- Comstock, R. E.; Robinson, H. F. (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, 4:254-266.
- CONAB (2009) *Sexto levantamento da safra de grãos 2008/2009*. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_08.09.pdf Acesso em 11 Mar. 2009.
- Cruz, C. D. (1990) *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Piracicaba - SP, Universidade de São Paulo, 188p.
- Cruz, C.D. (2005) *Princípios de Genética Quantitativa*. Viçosa: Editora UFV, 394p.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes: Biometria*. Viçosa: Editora UFV, 648p.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV, v.2, 585p.
- Cruz, C. D.; Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38 (219):422-430.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, v.1, 480p.
- Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A. (2009) *Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2008/2009*. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php> Acesso em 13 Mar. 2009.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G. (2002) Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2 (3):339-344.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Daher, R. F.; Ávila, M. R. (2004a) Correlações entre características agrônômicas em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34 (5):1389-1394.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Grabieli, A. P. C.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Silvério, L. (2004b) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 61 (6): 609-614.

- Dofing, S. M.; D'Croz-Mason, N.; Thomas-Compton, M. A. (1991) Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science*, 31:715-718.
- Eberhart, S. A. (1970) Factors effecting efficiencies of breeding methods. *African soils*, 15:669-680.
- Falconer, D. S. (1987) *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 279p.
- Faria, R. F.; Viana, J. M. S.; Sobreira, F. M.; Silva, A. C. (2008) Seleção recorrente recíproca na obtenção de híbridos interpopulacionais de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (12):1749-1755.
- Fontes, P. S. F. (2001) *Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (Musa spp) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 64p.
- Freitas Júnior, S. P. (2008) Seleção recorrente entre famílias de irmãos completos em geração avançada da população UNB-2U de milho pipoca. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 96p.
- Freitas Júnior, S. P.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Cruz, C. D.; Scapim, C. A. (2006) Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (11):1599-1607.
- Freitas Júnior, S. P.; Amaral Júnior, A. T.; Rangel, R. M.; Viana, A. P. (2009) Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9:1-7.
- Galvão, J. C. C.; Sawazaki, E.; Miranda, G. V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47 (270):201-218.
- Gama, E. E. G. (1997) Melhoramento de milhos especiais. In: *Simpósio Sobre Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas*, Lavras - MG: Universidade Federal de Lavra - UFLA, p.251-254.
- Gomes, P. G. (2000) *Curso de Estatística Experimental*. 14. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 477p.

- Goodman, M. M.; Smith, J. S. C. (1987) Botânica. *In*: Paterniani, E.; Viegas, G. P. (eds.) *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p.41-78.
- Granate, M. J.; Cruz, C. D.; Pacheco, C. A. P. (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (5):101-108.
- Grupo Megaagro (2004) A pecuária na Internet. Disponível em <http://www.megaagro.com.br/milho>. Acesso em 2 Mar. 2004.
- Guadagnin, J. P. (1996) *Milho pipoca*. Porto Alegre: FEPAGRO, 9, 11p.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1988) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Harland, S. C. (1946) A new method of maize improvement. *Tropical Agriculture*, 23:114.
- Hayes, H. K.; Garber, R. J. (1919) Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. *Journal Am. Soc. Agron.*, 11:309-319.
- Hazel, L. N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin 28:476-490.
- Hoseney, R. C.; Zeleznak, K.; Adelrahman, A. (1983) Mechanism of popcorn popping. *Journal Cereal Science*, London, 1:43-52.
- Judice, M. G. (2000) Avaliação do coeficiente de variação e experimentos zootécnicos. Tese (Mestrado em Agronomia) - Lavras - MG, UFLA, 40p.
- Judice, M. G.; Muniz, J. A.; Aquino, L. G.; Bearzotti, E. (2002) Avaliação da precisão experimental em ensaios com bovinos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 26(5):1035-1040.
- Judice, M. G.; Muniz, J. A.; Carvalheiro, R. (1999) Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. *Ciência e Agrotecnologia*, 23(1):170-173.
- Lima, M. Zinsly, J. R.; Vencovsky, R.; Melo, M. R. (1971) Resultados parciais de um programa de melhoramento de milho (*Zea mays* L.) visando ao aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. *In*: *Relatório Científico do Departamento e Instituto de Genética*, ESALQ, 5:84-93.

- Linares, E. (1987) *Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba - SP, ESALQ, 78p.
- Lira, M. A. (1983) *Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, UFLA, 62p.
- Mangelsdorf, P. C. (1974) *Corn its origin, evolution and improvment*. Cambridge: Harvard University Press, 262p.
- Martins, I. S.; Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Pires, I. E. (2003) Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 27 (3):327-333.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, J. G; Buckler, E.; Doebley, J. (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA*, 99:6080-6084.
- Miranda, G. V.; Coimbra, R. R.; Godoy, C. L.; Souza, L. V.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V. (2003) Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (6):681-688.
- Miranda, G. V.; Souza, L. V.; Galvão, J. C. C.; Guimarães, L. J. M.; Melo, A. V.; Santos, I. C. (2007) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*, 159:123-132.
- Mulamba, N. N.; Mock, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays L.*) population by breeding for plant traits. *Egypt J. Gen. Cytol.*, Alexandria, 7:40-51.
- Nascimento, W. M.; Boiteux, L. S. (1994) Influência do grau de umidade do grão na capacidade de expansão de milho pipoca. *Horticultura Brasileira*, 12 (2):179-180.
- O Diário (2007) Columbofilia na Planície. *O Diário*, Campos dos Goytacazes, 04. fev. Mundo Rural, p.12.
- Oliveira, V. de. P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da Fazenda do Alto em Campos dos Goytacazes - RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 94p.

- Ometto, J. C. (1981) *Bioclimatologia tropical*. São Paulo: Agronômica Ceres, p.390-398.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. E. G.; Parentoni, S. N.; Santos, M. S.; Lopes, M. A.; Ferreira, A. S.; Fernandes, F. T.; Guimarães, P. E. O.; Correa, L. A.; Meirelles, W. F.; Feldman, R. O.; Magnavaca, R. (2000) *BRS ANGELA: Variedade de milho pipoca*. Comunicado Técnico, EMBRAPA/CNPMS, p.1-6.
- Pacheco, C. A. P.; Gama, E. P.; Guimarães, P. E. O.; Santos, M. X.; Ferreira, A.S. (1998) Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33 (12):1995-2001.
- Paterniani, E. (1980) *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Fundação Cargil. v. único, 650p.
- Paterniani, E.; Campos, M. S. (1999) Melhoramento de milho. *In: Borém, A. (ed.) Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, p.429-485.
- Paterniani, E.; Miranda Filho, J. B. (1987) Melhoramento de populações. *In: Paterniani, E.; Viegas, G. P. (eds). Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, v. 1, p.217-274.
- Paula, R. C.; Pires, I. E.; Borges, R. C. G.; Cruz, C. D. (2002) Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (2):159-165.
- Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1 (1):3-10.
- Pesek, J.; Baker, R. J. (1969) Desired improvement in relation to selected indices. *Can. J. Plant. Science*, Ottawa, 49:803-804.
- Pinto, R. J. B. (1995) *Introdução ao melhoramento genético de plantas*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 275p.
- Pixley, K. V.; Dhliwayo, T.; Tongoona, P. (2006) Improvement of a maize population by full-sib selection alone versus full-sib with selection during inbreeding. *Crop Science*, 46:1130-1136.
- Rangel, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Pereira, M.G. (2008) Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. *Genetics and Molecular Research*, 7 (4):1020-1030.

- Rangel, R. M.; Amaral Júnior, A. T.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P.; Pereira, M. G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composite means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7:287-296.
- Robbins, W. A.; Ashman, R. B. (1984) Parent-offspring popping expansion correlation in progeny of dent x popcorn crosses. *Crop science*, 24:119-121.
- Ruffato, S. (1998) *Qualidade do milho pipoca em função das condições de colheita, secagem e período de armazenamento*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 68p.
- Rust, W. F.; Leyden, B. W.; Hastorf, C. A. (1994) Evidence of maize use at early and middle preclassic La Venta Olmec sites. *In: Johanssen, S. Corn and culture in the prehistoric New World*. Boulder: Westview Press, p.181-201.
- Santacruz-Varela, A.; Widrlechner, M. P.; Ziegler, K. E.; Salvador, R. J.; Millard, M. J.; Bretting, P. K. (2004) Phylogenetic relationships among North American Popcorns and their evolutionary links to Mexican and South American Popcorns. *Crop Science*, 44:1456-1467.
- Santos, F. S. (2005) *Seleção Recorrente entre famílias de meios-irmãos da população UNB-2U de milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 97p.
- Santos, F. S.; Amaral Júnior, A. T.; Freitas Júnior, S. P.; Rangel, R. M.; Pereira, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66 (3):389-396.
- Santos, F. S.; Amaral Júnior, A. T.; Freitas Júnior, S. P.; Rangel, R. M.; Scapim, C. A.; Mora, F. (2008) Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. *Acta Scientiarum*, 66:651-655.
- Santos, J. F.; Viana, J. M. S.; Vilarinho, A. A.; Câmara, T. M. M. (2004) Efficiency of S₂ progeny selection strategies in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5:183-191.
- SAS (1985) SAS user's guide: statistics. NC Cary, New York, 958p.
- Sawazaki, E. (1995) *Melhoramento do milho pipoca*. Instituto Agronômico, Campinas, 21p.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53 (2):11-13.

- Sawazaki, E.; Castro, J. L.; Gallo, P. B.; Paterniani, M. E. A. G. Z.; Silva, R. M.; Luders, R. R. (2003a) Potencial de híbridos temperados de milho pipoca em cruzamentos com o testador semitropical IAC12. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2 (2):61-70.
- Sawazaki, E.; Fantin, G. M.; Dudienas, C.; Castro, G. de. (2003b) Resistência de genótipos de milho pipoca a doenças. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 78 (1):149-164.
- Sawazaki, E.; Morais, J. F.; Lago, A. A. (1986) Influência do tamanho e da umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. *Bragantia*, 45 (2):363-370.
- Scapim, C. A.; Carvalho, C. G. P. de; Cruz, C. D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30 (5):683-686.
- Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Tonet, A.; Braccini, A. L.; Pinto, R. J. B. (2002) Análise dialéctica e heterose de populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 61 (3):219-230.
- Silva, V. Q. R. (2009) Melhoramento de milho pipoca: capacidade combinatória de linhagens, parametrização heterótica e herança de características agrônomicas. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 207p.
- Silva, W. J. da; Vidal, B. C.; Martins, M. E. Q.; Vargas, H.; Pereira, A. C.; Zerbeto, M.; Miranda, L. C. M.(1993) What makes popcorn pop. *Nature*, 362:417.
- Simon, G. A.; Scapim, C.A.; Pacheco, C. A. P.; Pinto, R. J. B.; Braccini, A. L.; Tonet, A. (2004) Depressão por endogamia em populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 63 (1):55-62.
- Smith, H. F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugen.* 7:240-250.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980) *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633p.
- Vencovsky, R. (1978) Herança Quantitativa. In: Paterniani, E. (Ed.) *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba: Editora USP, p. 122-201.

- Viana, J. M. S. (2007) Breeding strategies for recurrent selection of maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42 (10):1383-1391.
- Viana, J. M. S.; Condé, A. B. T.; Almeida, R. V.; Scapim, C. A.; Valentini, L. (2007) Relative importance of *per se* and topcross performance in the selection of popcorn S₃ families. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7 (1):74-81.
- Vilarinho, A. A.; Viana, J. M. S.; Câmara, T. M. M.; Santos, J. F. (2002) Seleção de progênies endogâmicas S₁ e S₂ em um programa de melhoramento intrapopulacional de milho pipoca. *Acta Scientiarum*, 24: 1419-1425.
- Vilarinho, A. A.; Viana, J. M. S.; Santos, J. F.; Câmara, T. M. M. (2003) Eficiência da seleção de progênies S₁ e S₂ de milho pipoca, visando à produção de linhagens. *Bragantia*, 62 (1):9-17.
- Vilela, F. O.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Scapim, C.A.; Viana, A. P.; Freitas Júnior, S. P. (2008) Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. *Acta Scientiarum*, 30: 25-30.
- Williams, J. S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18:375-393.
- Ziegler, K. E.; Ashman, B. (1994) Popcorn. In: Hallauer, A. (ed). *Specialty corns*. Iowa: CRC Press, p.189-223.
- Zinsly, J. R.; Machado, J. A. (1987) Milho pipoca. In: Paterniani, E.; Viegas, G. P. (eds). *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, v. 2, p.413-421.

7. APÊNDICE

Tabela 13 – Estimativas das médias de sete características^{1/} avaliadas em 200 famílias de irmãos completos de milho pipoca e testemunhas, bem como o agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{2/}. Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2008.

Tratamentos	Características Avaliadas													
	FLOR		NP		NPQ		EMP		AP		AE		PE	
1	58,00	b	22,50	b	7,00	c	0,75	c	191,88	d	113,95	c	2.811,11	b
2	58,50	b	21,00	b	5,50	d	0,75	c	208,55	b	119,80	c	2.975,00	b
3	55,50	c	22,25	b	4,75	d	0,00	c	197,90	c	117,30	c	3.491,67	a
4	58,25	b	19,00	b	10,25	b	2,50	b	196,45	c	125,00	b	2.391,67	b
5	57,25	b	24,00	a	2,75	d	0,00	c	205,43	c	123,13	b	2.686,11	b
6	56,50	c	20,75	b	11,50	b	1,00	c	191,23	d	111,85	c	2.238,89	b
7	59,50	a	22,75	b	8,25	c	0,25	c	206,45	c	123,35	b	3.213,89	b
8	58,00	b	21,00	b	4,00	d	1,00	c	180,83	d	118,95	c	2.852,78	b
9	56,00	c	23,50	a	2,75	d	1,50	b	187,30	d	113,53	c	3.650,00	a
10	57,75	b	22,50	b	6,00	c	0,75	c	218,33	b	134,38	a	3.411,11	a
11	58,00	b	22,25	b	6,00	c	1,25	c	201,25	c	126,25	b	2.813,89	b
12	57,50	b	24,25	a	2,00	d	1,50	b	204,80	c	121,45	c	3.775,00	a
13	56,75	c	22,75	b	9,25	b	0,25	c	177,08	d	115,85	c	2.994,45	b
14	56,00	c	22,50	b	8,25	c	0,25	c	202,70	c	119,78	c	3.238,89	b
15	56,25	c	24,00	a	7,25	c	1,00	c	208,55	b	126,65	b	3.138,89	b
16	60,50	a	23,00	b	4,75	d	0,50	c	237,08	a	141,68	a	5.127,78	a
17	55,00	c	20,75	b	7,25	c	0,25	c	182,30	d	112,08	c	2.669,45	b
18	59,50	a	19,25	b	10,75	b	0,75	c	205,85	c	128,95	b	2.816,67	b
19	55,25	c	23,50	a	5,25	d	1,00	c	182,73	d	114,15	c	3.727,78	a
20	57,25	b	20,25	b	18,00	a	0,25	c	212,50	b	134,58	a	3.227,78	b
21	57,75	b	24,75	a	1,75	d	0,50	c	210,85	b	121,05	c	3.969,44	a
22	56,00	c	24,25	a	5,75	d	0,75	c	190,63	d	113,95	c	2.661,11	b
23	56,75	c	21,50	b	4,75	d	0,75	c	192,50	d	122,08	b	3.294,45	b
24	56,00	c	23,75	a	6,50	c	1,00	c	174,60	d	112,93	c	3.830,56	a
25	57,25	b	23,25	a	4,75	d	0,25	c	191,23	d	119,15	c	3.227,78	b
26	57,25	b	25,50	a	2,50	d	2,00	b	210,00	b	133,73	a	3.508,34	a
27	60,00	a	24,25	a	4,75	d	2,25	b	216,88	b	129,40	b	3.608,34	a
28	55,50	c	23,00	b	3,25	d	2,50	b	199,40	c	127,73	b	3.822,22	a
29	56,50	c	24,25	a	2,25	d	0,75	c	192,30	d	120,20	c	3.255,56	b
30	55,75	c	22,75	b	3,75	d	1,00	c	168,98	d	102,73	d	2.911,11	b
31	57,25	b	22,25	b	2,75	d	0,75	c	205,00	c	117,30	c	2.486,11	b
32	54,00	c	26,00	a	2,25	d	0,50	c	174,38	d	96,45	d	3.461,11	a
33	55,50	c	24,00	a	2,75	d	2,25	b	197,28	c	126,03	b	3.647,22	a
34	57,25	b	24,00	a	4,00	d	0,00	c	218,75	b	142,08	a	4.141,67	a
35	55,50	c	26,00	a	2,50	d	1,00	c	195,63	c	117,10	c	3.672,22	a
36	56,00	c	25,00	a	3,75	d	0,00	c	182,73	d	111,88	c	3.641,67	a
37	56,00	c	23,50	a	11,00	b	1,50	b	201,88	c	128,33	b	3.708,33	a
38	55,50	c	25,00	a	7,25	c	1,50	b	196,45	c	112,93	c	3.405,56	a
39	55,50	c	23,00	b	6,75	c	1,00	c	194,38	d	118,13	c	3.972,22	a
40	57,00	b	24,75	a	2,00	d	0,25	c	181,88	d	113,75	c	3.100,00	b
41	54,50	c	24,25	a	5,00	d	0,00	c	202,50	c	132,73	a	4.261,11	a
42	59,75	a	23,00	b	2,75	d	2,50	b	199,80	c	131,88	b	2.244,44	b
43	55,00	c	25,50	a	2,50	d	1,25	c	200,60	c	118,55	c	4.100,00	a
44	56,50	c	23,50	a	3,50	d	0,50	c	182,28	d	114,58	c	3.480,56	a
45	55,50	c	24,00	a	4,50	d	0,50	c	195,00	c	116,05	c	3.463,89	a
46	56,75	c	24,50	a	2,75	d	1,25	c	186,88	d	110,60	d	3.247,22	b
47	56,00	c	23,75	a	2,50	d	1,00	c	212,90	b	130,23	b	3.880,56	a
48	55,50	c	23,50	a	6,00	c	0,00	c	206,03	c	121,65	b	3.638,89	a
49	56,00	c	24,75	a	2,75	d	0,25	c	182,08	d	109,38	d	2.950,00	b
50	56,00	c	23,25	a	2,50	d	0,75	c	189,15	d	121,25	c	3.419,45	a
51	55,50	c	22,25	b	3,25	d	1,50	b	199,38	c	123,23	b	3.280,56	b
52	56,75	c	24,75	a	3,00	d	0,50	c	196,68	c	118,75	c	3.422,22	a
53	55,00	c	24,25	a	5,50	d	1,00	c	178,13	d	103,93	d	3.258,33	b

Tratamentos	Características Avaliadas													
	FLOR		NP		NPQ		EMP		AP		AE		PE	
54	56,75	c	23,25	a	7,50	c	1,50	b	204,15	c	121,25	c	2.777,78	b
55	56,50	c	23,25	a	5,75	d	1,75	b	200,00	c	122,48	b	3.288,89	b
56	54,50	c	22,75	b	6,00	c	0,50	c	205,65	c	125,43	b	3.563,89	a
57	57,75	b	20,75	b	9,00	b	0,50	c	214,35	b	134,58	a	3.438,89	a
58	55,50	c	24,50	a	4,75	d	2,50	b	202,70	c	128,75	b	3.686,11	a
59	56,00	c	24,25	a	6,25	c	0,50	c	182,08	d	108,53	d	2.802,78	b
60	56,00	c	23,00	b	7,75	c	1,50	b	186,28	d	108,33	d	2.744,44	b
61	54,00	c	24,75	a	2,25	d	0,75	c	184,38	d	116,25	c	4.166,67	a
62	56,25	c	24,75	a	3,75	d	1,75	b	208,75	b	127,48	b	4.027,78	a
63	56,00	c	23,50	a	3,50	d	0,50	c	204,58	c	128,98	b	3.733,34	a
64	55,00	c	25,00	a	4,00	d	0,25	c	203,75	c	127,53	b	4.322,22	a
65	53,50	c	24,25	a	9,00	b	1,00	c	185,00	d	111,90	c	3.388,89	a
66	61,00	a	25,25	a	5,50	d	0,75	c	178,75	d	106,45	d	3.125,00	b
67	55,00	c	24,00	a	5,75	d	2,25	b	196,88	c	111,48	c	3.463,89	a
68	56,00	c	24,75	a	5,00	d	1,50	b	198,33	c	121,23	c	3.833,33	a
69	52,50	c	23,75	a	3,75	d	4,50	a	166,23	d	100,20	d	3.905,55	a
70	54,50	c	24,50	a	5,25	d	1,75	b	205,23	c	121,68	b	4.269,45	a
71	56,00	c	22,50	b	6,25	c	1,50	b	191,68	d	127,10	b	3.677,78	a
72	57,25	b	24,75	a	4,50	d	1,75	b	195,43	c	116,05	c	3.472,22	a
73	56,75	c	21,00	b	5,25	d	2,25	b	191,85	d	113,98	c	3.719,44	a
74	56,75	c	25,25	a	2,50	d	2,00	b	198,75	c	119,15	c	4.052,78	a
75	57,25	b	22,75	b	3,25	d	0,25	c	198,53	c	118,33	c	3.469,45	a
76	56,00	c	23,25	a	3,25	d	0,50	c	229,15	a	142,28	a	4.277,78	a
77	56,75	c	23,00	b	2,75	d	1,00	c	200,63	c	115,83	c	3.322,22	b
78	58,50	b	24,50	a	0,75	d	0,75	c	201,25	c	125,83	b	3.511,11	a
79	55,50	c	24,25	a	8,00	c	0,25	c	178,75	d	116,25	c	2.847,22	b
80	55,50	c	25,75	a	4,75	d	0,25	c	184,80	d	114,80	c	3.372,22	a
81	54,50	c	25,00	a	3,00	d	1,00	c	214,18	b	131,88	b	4.166,67	a
82	56,00	c	23,25	a	3,75	d	1,00	c	178,13	d	106,85	d	3.275,00	b
83	55,00	c	24,00	a	3,00	d	0,75	c	195,80	c	109,58	d	3.688,89	a
84	55,50	c	24,00	a	2,75	d	0,50	c	180,00	d	106,45	d	3.247,22	b
85	54,00	c	22,50	b	5,25	d	0,75	c	184,15	d	104,78	d	2.922,22	b
86	57,75	b	24,25	a	2,00	d	0,75	c	209,60	b	141,05	a	3.244,45	b
87	56,25	c	21,75	b	8,75	b	0,00	c	204,38	c	122,10	b	2.711,11	b
88	56,00	c	22,75	b	4,75	d	1,50	b	199,78	c	117,30	c	3.533,33	a
89	58,75	b	24,00	a	5,00	d	0,50	c	202,73	c	116,85	c	2.822,23	b
90	61,00	a	24,00	a	7,00	c	0,75	c	231,45	a	147,90	a	3.541,67	a
91	58,75	b	24,25	a	4,25	d	4,75	a	228,13	a	143,53	a	3.427,78	a
92	55,50	c	22,75	b	2,50	d	0,50	c	191,88	d	113,75	c	3.477,78	a
93	57,25	b	22,25	b	7,75	c	0,50	c	198,98	c	115,63	c	3.533,33	a
94	56,00	c	25,50	a	6,25	c	0,75	c	196,85	c	105,83	d	3.405,55	a
95	56,50	c	24,25	a	6,25	c	0,25	c	199,18	c	121,88	b	3.450,00	a
96	54,00	c	25,75	a	3,50	d	0,25	c	179,80	d	107,68	d	3.058,33	b
97	57,25	b	22,00	b	4,00	d	0,75	c	185,40	d	107,93	d	3.061,11	b
98	54,00	c	20,25	b	6,75	c	0,25	c	181,05	d	116,48	c	2.469,45	b
99	59,50	a	25,25	a	5,00	d	2,00	b	217,08	b	131,03	b	3.388,89	a
100	55,00	c	21,75	b	3,25	d	0,50	c	184,78	d	105,60	d	2.900,00	b
101	56,00	c	22,25	b	6,25	c	0,75	c	195,83	c	125,23	b	3.175,00	b
102	55,50	c	21,75	b	6,50	c	0,75	c	179,15	d	111,03	d	2.822,22	b
103	55,50	c	24,75	a	3,50	d	1,00	c	171,45	d	111,88	c	3.905,56	a
104	58,00	b	22,00	b	3,00	d	1,00	c	208,15	b	121,45	c	2.869,45	b
105	54,00	c	24,75	a	1,75	d	1,25	c	193,98	d	124,78	b	3.869,44	a
106	55,00	c	23,25	a	6,75	c	1,75	b	174,38	d	111,28	c	3.508,33	a
107	56,00	c	23,00	b	4,25	d	3,50	a	211,68	b	141,88	a	3.308,34	b
108	57,25	b	18,50	b	4,75	d	2,00	b	211,03	b	130,83	b	2.622,23	b
109	55,00	c	24,75	a	1,75	d	0,50	c	187,50	d	122,93	b	3.622,22	a
110	56,50	c	24,50	a	3,25	d	1,25	c	207,28	c	131,05	b	3.522,22	a
111	56,00	c	21,00	b	2,75	d	0,50	c	181,45	d	114,40	c	2.497,23	b
112	58,50	b	23,25	a	4,00	d	0,25	c	201,45	c	131,03	b	3.436,11	a

Trata- mentos	Características Avaliadas													
	FLOR		NP		NPQ		EMP		AP		AE		PE	
113	57,00	b	22,75	b	4,50	d	2,50	b	180,43	d	108,10	d	3.719,44	a
114	56,00	c	21,50	b	8,00	c	1,25	c	193,10	d	118,53	c	3.338,89	b
115	56,50	c	23,50	a	3,25	d	0,25	c	209,78	b	132,73	a	4.127,78	a
116	57,75	b	21,75	b	10,75	b	1,75	b	207,50	c	128,35	b	3.744,45	a
117	56,50	c	23,25	a	7,75	c	0,25	c	209,18	b	137,50	a	3.358,33	b
118	62,50	a	23,75	a	2,75	d	0,75	c	191,28	d	125,43	b	3.050,00	b
119	56,50	c	22,50	b	8,00	c	0,75	c	182,73	d	116,45	c	2.919,45	b
120	57,75	b	24,25	a	9,50	b	1,50	b	209,18	b	138,33	a	3.266,67	b
121	57,25	b	23,75	a	6,00	c	0,00	c	178,95	d	103,33	d	2.725,00	b
122	55,50	c	23,75	a	6,50	c	1,00	c	193,93	d	128,75	b	3.361,11	b
123	54,50	c	22,50	b	10,75	b	1,00	c	179,60	d	116,03	c	2.163,89	b
124	55,50	c	23,75	a	3,25	d	0,75	c	184,60	d	114,38	c	3.597,22	a
125	55,50	c	23,00	b	5,75	d	1,75	b	188,12	d	112,30	c	2.950,00	b
126	57,25	b	22,25	b	11,00	b	0,25	c	197,90	c	127,30	b	3.119,45	b
127	58,25	b	25,25	a	6,00	c	1,25	c	192,30	d	117,48	c	3.505,56	a
128	55,00	c	24,00	a	10,50	b	0,75	c	200,03	c	117,50	c	3.644,44	a
129	56,50	c	22,75	b	2,50	d	1,25	c	200,00	c	130,20	b	3.594,45	a
130	56,75	c	23,25	a	9,00	b	1,00	c	189,78	d	125,83	b	3.161,11	b
131	53,00	c	24,50	a	6,00	c	1,75	b	199,15	c	136,45	a	4.219,45	a
132	56,00	c	23,50	a	2,75	d	1,50	b	200,65	c	130,85	b	3.775,00	a
133	55,00	c	23,50	a	4,25	d	2,75	b	171,45	d	100,40	d	3.311,11	b
134	57,25	b	23,75	a	4,00	d	0,50	c	213,35	b	141,25	a	3.713,89	a
135	56,25	c	24,00	a	6,75	c	1,50	b	199,15	c	123,33	b	3.905,56	a
136	56,00	c	24,50	a	2,75	d	0,25	c	181,25	d	115,40	c	3.241,67	b
137	56,50	c	24,25	a	9,00	b	0,00	c	193,55	d	121,88	b	3.655,56	a
138	56,75	c	23,75	a	6,00	c	1,50	b	197,48	c	117,48	c	3.200,00	b
139	56,00	c	23,50	a	4,00	d	1,50	b	188,13	d	117,30	c	3.544,45	a
140	55,00	c	22,75	b	5,50	d	0,50	c	189,15	d	108,78	d	2.758,34	b
141	54,00	c	24,25	a	9,00	b	0,75	c	185,00	d	120,20	c	3.780,56	a
142	56,00	c	23,00	b	3,00	d	1,25	c	199,80	c	119,58	c	3.347,22	b
143	56,50	c	23,50	a	3,75	d	0,00	c	188,95	d	115,18	c	2.761,11	b
144	57,00	b	24,25	a	10,00	b	1,25	c	190,63	d	125,85	b	3.447,22	a
145	55,50	c	24,75	a	5,25	d	0,75	c	184,58	d	123,33	b	4.575,00	a
146	56,00	c	25,25	a	8,50	c	1,50	b	194,58	c	129,60	b	3.933,33	a
147	55,75	c	26,25	a	5,00	d	1,00	c	204,58	c	126,05	b	4.183,33	a
148	53,50	c	25,50	a	1,50	d	0,00	c	173,75	d	103,33	d	3.697,22	a
149	53,50	c	25,50	a	5,75	d	3,50	a	201,48	c	123,35	b	4.883,33	a
150	58,25	b	25,00	a	6,25	c	0,50	c	192,93	d	128,95	b	2.588,89	b
151	56,00	c	26,00	a	4,75	d	0,25	c	179,38	d	120,63	c	3.905,56	a
152	57,75	b	23,50	a	8,25	c	0,50	c	203,95	c	134,15	a	3.563,89	a
153	55,00	c	23,25	a	6,50	c	0,00	c	187,70	d	111,45	c	3.466,67	a
154	56,25	c	23,50	a	6,00	c	0,25	c	191,03	d	120,00	c	3.361,11	b
155	57,00	b	24,50	a	5,50	d	1,25	c	194,18	d	115,83	c	2.861,11	b
156	58,75	b	25,00	a	2,00	d	0,00	c	203,33	c	132,93	a	3.783,34	a
157	54,50	c	22,25	b	5,50	d	0,75	c	190,00	d	118,10	c	3.747,22	a
158	55,00	c	22,25	b	7,75	c	2,00	b	179,40	d	108,33	d	3.150,00	b
159	53,50	c	22,75	b	3,00	d	2,25	b	177,07	d	105,83	d	3.055,56	b
160	58,50	b	25,00	a	4,00	d	1,25	c	198,15	c	128,13	b	3.941,67	a
161	55,00	c	22,75	b	6,50	c	1,50	b	189,15	d	126,05	b	3.480,55	a
162	60,00	a	23,75	a	5,75	d	2,75	b	191,25	d	123,95	b	3.858,33	a
163	55,00	c	23,25	a	5,00	d	1,00	c	171,03	d	104,55	d	3.202,78	b
164	55,50	c	25,00	a	3,75	d	0,50	c	199,18	c	121,88	b	4.188,89	a
165	55,00	c	20,75	b	3,75	d	1,75	b	183,95	d	113,75	c	3.908,34	a
166	57,25	b	24,50	a	5,50	d	0,25	c	206,28	c	137,30	a	4.044,45	a
167	55,50	c	23,50	a	2,00	d	0,50	c	196,88	c	124,18	b	3.669,44	a
168	54,00	c	25,00	a	2,75	d	2,25	b	183,98	d	117,93	c	3.713,89	a
169	56,25	c	25,75	a	4,50	d	0,75	c	169,80	d	110,43	d	3.547,22	a
170	56,75	c	23,50	a	5,50	d	0,75	c	206,02	c	138,33	a	3.866,67	a
171	55,50	c	24,00	a	7,50	c	1,25	c	184,80	d	125,85	b	4.147,22	a

Trata- mentos	Características Avaliadas													
	FLOR		NP		NPQ		EMP		AP		AE		PE	
172	60,00	a	25,25	a	2,50	d	1,00	c	212,50	b	126,65	b	3.763,89	a
173	55,00	c	24,00	a	5,00	d	1,25	c	188,33	d	126,05	b	3.750,00	a
174	56,75	c	23,50	a	9,00	b	1,00	c	212,08	b	128,73	b	4.508,33	a
175	56,50	c	23,25	a	6,00	c	2,00	b	198,95	c	132,95	a	3.766,67	a
176	57,25	b	24,75	a	5,00	d	0,00	c	179,80	d	119,80	c	3.033,33	b
177	61,75	a	19,25	b	5,50	d	1,00	c	207,93	b	130,20	b	2.241,67	b
178	53,50	c	22,25	b	4,25	d	3,25	a	196,88	c	111,90	c	3.663,89	a
179	57,75	b	22,25	b	2,75	d	2,25	b	189,78	d	123,55	b	3.066,67	b
180	55,00	c	25,00	a	6,00	c	0,25	c	188,28	d	125,95	b	3.205,56	b
181	55,00	c	24,75	a	5,75	d	0,75	c	184,38	d	113,98	c	3.241,67	b
182	57,75	b	23,25	a	3,75	d	0,25	c	211,45	b	134,80	a	3.377,78	a
183	55,00	c	23,75	a	5,25	d	2,25	b	192,90	d	120,20	c	3.497,22	a
184	55,00	c	21,50	b	8,50	c	2,00	b	197,53	c	123,35	b	3.833,34	a
185	59,75	a	23,75	a	7,50	c	0,25	c	198,75	c	136,88	a	2.852,78	b
186	57,25	b	23,25	a	6,25	c	0,25	c	206,65	c	141,28	a	3.225,00	b
187	54,00	c	22,50	b	1,50	d	0,00	c	176,68	d	110,63	d	3.580,56	a
188	58,00	b	24,00	a	2,75	d	2,00	b	199,15	c	126,65	b	3.758,33	a
189	54,50	c	23,50	a	2,75	d	0,25	c	187,53	d	110,43	d	3.052,78	b
190	57,75	b	25,50	a	6,00	c	2,50	b	183,53	d	113,55	c	3.275,00	b
191	56,00	c	22,75	b	3,50	d	0,50	c	193,13	d	125,00	b	3.547,22	a
192	58,75	b	23,25	a	3,75	d	1,00	c	211,65	b	137,30	a	3.641,67	a
193	58,25	b	23,00	b	2,50	d	0,00	c	216,05	b	143,75	a	3.911,11	a
194	55,00	c	24,50	a	9,00	b	2,00	b	173,75	d	113,33	c	3.158,34	b
195	55,00	c	24,00	a	2,50	d	0,25	c	182,70	d	107,08	d	3.358,34	b
196	55,50	c	24,00	a	8,00	c	0,75	c	188,35	d	118,55	c	4.355,56	a
197	54,50	c	23,75	a	2,75	d	0,75	c	164,80	d	89,80	d	2.772,22	b
198	55,00	c	24,00	a	7,50	c	1,00	c	167,73	d	103,13	d	2.761,11	b
199	56,50	c	22,75	b	5,50	d	0,25	c	178,73	d	109,58	d	3.033,33	b
200	56,25	c	22,25	b	5,50	d	1,25	c	186,88	d	111,68	c	3.769,45	a
IAC 112	56,59	c	18,19	b	4,88	d	0,88	c	204,76	c	117,65	c	2.493,75	b
IAC 125	55,47	c	22,84	b	5,56	d	0,94	c	189,45	d	113,43	c	2.877,43	b
Zélia	58,72	b	22,97	b	5,53	d	1,44	b	187,65	d	117,42	c	2.908,68	b

^{1/} FLOR = número de dias para o florescimento; NP = estande final; NPQ = número de plantas quebradas; EMP = número de espigas mal empalhadas; AP = altura de planta em cm; AE = altura de inserção da primeira espiga em cm; e PE = peso de espigas em kg.ha⁻¹.

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo procedimento de Scott – Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14 – Estimativas das médias de seis características^{1/} avaliadas em 200 famílias de irmãos completos de milho pipoca e testemunhas, bem como o agrupamento de Scott-Knott (Steel e Torrie, 1980)^{2/}. Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2008.

Tratamentos	Características Avaliadas											
	NE		ED		EP		RG		M100		CE	
1	26,50	c	3,75	b	7,50	a	2.172,22	b	9,25	e	27,63	a
2	24,00	c	4,00	b	4,00	a	2.244,45	b	13,38	c	26,98	a
3	30,75	b	6,50	a	6,25	a	2.530,56	b	12,30	d	27,30	a
4	21,25	c	6,00	a	4,00	a	1.827,78	b	13,21	c	23,29	b
5	27,25	c	5,00	a	7,75	a	2.038,89	b	11,60	e	27,84	a
6	24,25	c	7,00	a	5,75	a	1.505,56	b	11,40	e	23,18	b
7	28,00	c	4,75	b	9,75	a	2.350,00	b	13,22	c	26,22	b
8	25,50	c	7,00	a	4,50	a	2.019,44	b	13,31	c	26,76	b
9	27,25	c	6,00	a	6,50	a	2.569,45	b	14,47	b	25,73	b
10	30,25	b	3,25	b	7,50	a	2.638,89	a	12,05	d	22,10	b
11	34,00	a	6,25	a	7,00	a	2.027,78	b	11,08	e	26,65	b
12	30,75	b	3,25	b	2,50	a	2.813,89	a	13,06	c	27,41	a
13	25,00	c	2,75	b	5,00	a	1.994,44	b	11,55	e	31,74	a
14	23,00	c	2,50	b	3,75	a	2.552,78	b	14,09	c	21,99	b
15	25,25	c	5,75	a	8,00	a	2.236,11	b	14,10	c	21,13	b
16	25,25	c	1,50	b	7,75	a	4.038,89	a	20,11	a	15,17	b
17	24,75	c	5,25	a	2,00	a	1.976,67	b	13,64	c	24,92	b
18	24,25	c	2,50	b	4,50	a	2.016,67	b	12,89	c	26,33	b
19	31,00	b	3,75	b	5,50	a	2.888,89	a	11,65	e	32,50	a
20	23,50	c	4,00	b	1,75	a	2.483,33	b	11,79	d	26,22	b
21	29,75	b	5,25	a	5,75	a	3.050,00	a	12,73	d	28,60	a
22	22,25	c	6,75	a	5,75	a	1.819,44	b	13,27	c	22,43	b
23	30,25	b	3,50	b	4,00	a	2.330,55	b	11,52	e	28,71	a
24	31,75	b	6,25	a	6,00	a	2.816,67	a	12,26	d	27,62	a
25	28,00	c	6,00	a	9,50	a	2.502,78	b	14,89	b	25,67	b
26	31,00	b	3,25	b	11,50	a	2.602,78	a	12,60	d	27,63	a
27	28,50	c	6,25	a	9,00	a	2.533,33	b	13,03	c	25,68	b
28	29,75	b	3,50	b	6,25	a	3.066,67	a	15,05	b	26,00	b
29	32,50	a	8,50	a	4,75	a	2.227,78	b	11,70	e	24,05	b
30	28,75	b	4,50	b	5,00	a	2.191,67	b	13,49	c	26,00	b
31	23,25	c	4,75	b	4,00	a	1.780,56	b	11,96	d	26,32	b
32	26,00	c	2,50	b	6,50	a	2.694,45	a	15,21	b	29,47	a
33	29,75	b	3,50	b	9,75	a	2.897,22	a	15,55	b	28,38	a
34	31,25	b	5,50	a	8,25	a	3.044,45	a	12,13	d	25,46	b
35	29,50	b	3,25	b	9,50	a	2.783,33	a	12,96	c	29,79	a
36	27,00	c	2,00	b	6,50	a	2.738,89	a	14,33	b	26,43	b
37	30,75	b	5,00	a	5,25	a	2.733,33	a	12,77	d	23,94	b
38	27,00	c	4,00	b	7,50	a	2.530,56	b	13,90	c	26,00	b
39	33,75	a	6,00	a	9,75	a	3.094,45	a	12,17	d	28,71	a
40	25,25	c	1,75	b	5,50	a	2.413,89	b	12,24	d	24,49	b
41	30,75	b	3,75	b	4,75	a	3.380,56	a	14,30	b	28,27	a
42	27,00	c	10,25	a	2,50	a	1.466,67	b	10,66	e	24,92	b
43	32,25	a	5,00	a	4,75	a	3.044,44	a	14,67	b	25,46	b
44	28,00	c	4,50	b	5,25	a	2.727,78	a	13,30	c	29,25	a
45	25,00	c	3,50	b	5,50	a	2.583,34	b	12,73	d	27,84	a
46	30,75	b	7,25	a	5,50	a	2.363,89	b	12,10	d	24,37	b
47	30,25	b	5,75	a	7,50	a	2.825,00	a	13,93	c	22,64	b
48	30,00	b	8,00	a	8,25	a	2.805,55	a	14,82	b	25,68	b
49	24,00	c	5,00	a	3,25	a	2.227,78	b	11,66	e	27,19	a
50	29,25	b	4,50	b	3,25	a	2.677,78	a	12,44	d	27,52	a
51	24,75	c	2,50	b	7,00	a	2.494,45	b	13,77	c	23,84	b
52	27,25	c	5,25	a	10,00	a	2.361,11	b	13,18	c	30,44	a
53	33,25	a	3,00	b	7,00	a	2.683,34	a	12,51	d	28,93	a

Tratamentos	Características Avaliadas											
	NE		ED		EP		RG		M100		CE	
54	23,50	c	5,00	a	3,75	a	2.116,67	b	12,87	c	20,80	b
55	30,25	b	6,25	a	6,00	a	2.444,45	b	12,76	d	23,18	b
56	23,25	c	3,25	b	3,25	a	2.505,56	b	15,07	b	26,11	b
57	30,00	b	7,75	a	5,50	a	2.422,22	b	13,86	c	23,62	b
58	32,75	a	4,25	b	8,50	a	2.680,56	a	12,14	d	27,30	a
59	25,50	c	2,75	b	4,50	a	2.008,33	b	11,46	e	23,72	b
60	24,00	c	3,75	b	2,00	a	2.066,67	b	13,95	c	29,47	a
61	28,25	c	2,50	b	6,00	a	3.405,56	a	13,71	c	30,77	a
62	33,25	a	4,50	b	10,00	a	2.869,45	a	12,83	c	22,43	b
63	26,50	c	2,50	b	7,25	a	2.952,78	a	13,81	c	26,33	b
64	34,00	a	3,25	b	6,25	a	3.513,89	a	14,97	b	25,57	b
65	30,00	b	4,00	b	12,00	a	2.580,56	b	11,51	e	25,46	b
66	25,75	c	5,50	a	6,25	a	1.825,00	b	12,32	d	25,57	b
67	25,00	c	6,00	a	6,00	a	2.530,56	b	13,65	c	27,63	a
68	29,25	b	3,75	b	10,50	a	2.858,34	a	13,52	c	26,00	b
69	33,75	a	4,75	b	7,75	a	3.027,78	a	12,59	d	25,89	b
70	32,25	a	3,50	b	3,00	a	3.000,00	a	13,59	c	24,16	b
71	29,75	b	5,50	a	6,00	a	2.786,11	a	11,62	e	29,03	a
72	31,50	b	6,00	a	6,25	a	2.219,44	b	13,18	c	28,17	a
73	31,75	b	3,75	b	5,00	a	2.750,00	a	12,82	c	24,27	b
74	33,00	a	6,25	a	6,25	a	2.922,22	a	13,55	c	22,53	b
75	25,25	c	4,50	b	6,25	a	2.502,78	b	14,28	b	26,00	b
76	36,50	a	4,25	b	8,00	a	3.302,78	a	12,75	d	26,76	b
77	24,00	c	2,50	b	5,00	a	2.508,34	b	13,29	c	25,35	b
78	34,75	a	9,25	a	2,75	a	2.588,89	b	11,09	e	28,49	a
79	29,00	b	3,00	b	3,50	a	2.261,11	b	13,15	c	28,60	a
80	33,25	a	3,00	b	6,25	a	2.319,45	b	12,99	c	23,84	b
81	28,75	b	1,50	b	4,50	a	3.377,78	a	13,91	c	27,09	a
82	28,75	b	3,75	b	8,50	a	2.272,22	b	11,00	e	24,59	b
83	28,00	c	2,50	b	5,50	a	2.622,22	a	15,00	b	26,76	b
84	27,25	c	2,50	b	10,75	a	2.511,11	b	13,73	c	26,76	b
85	25,75	c	3,25	b	4,75	a	2.202,78	b	14,47	b	22,97	b
86	28,25	c	3,00	b	4,75	a	2.583,33	b	11,25	e	26,65	b
87	24,75	c	4,00	b	4,00	a	1.958,33	b	10,75	e	25,46	b
88	30,00	b	5,50	a	13,00	a	2.686,11	a	11,34	e	24,92	b
89	22,25	c	3,25	b	6,00	a	2.208,33	b	13,24	c	24,05	b
90	32,25	a	6,25	a	5,25	a	2.572,22	b	12,82	c	25,68	b
91	31,25	b	7,50	a	5,75	a	2.630,56	a	13,62	c	23,83	b
92	30,25	b	6,25	a	4,25	a	2.488,89	b	11,98	d	25,24	b
93	25,00	c	4,25	b	5,50	a	2.613,89	a	13,54	c	21,34	b
94	30,50	b	4,50	b	5,25	a	2.491,67	b	11,28	e	23,51	b
95	28,50	c	6,75	a	2,75	a	2.583,33	b	13,26	c	23,73	b
96	31,75	b	4,75	b	5,25	a	2.186,11	b	12,66	d	23,29	b
97	28,50	c	6,00	a	3,25	a	2.338,89	b	11,57	e	23,94	b
98	26,75	c	8,75	a	5,25	a	1.813,89	b	13,22	c	26,65	b
99	28,75	b	4,75	b	5,50	a	2.513,89	b	13,08	c	25,57	b
100	24,75	c	2,00	b	5,50	a	2.113,89	b	14,83	b	29,90	a
101	31,75	b	4,75	b	7,00	a	2.236,11	b	14,04	c	25,46	b
102	25,25	c	2,75	b	10,25	a	1.972,22	b	12,49	d	25,79	b
103	29,25	b	5,75	a	8,50	a	3.000,00	a	12,17	d	27,73	a
104	25,00	c	5,50	a	6,00	a	2.186,11	b	12,13	d	29,68	a
105	34,25	a	3,75	b	6,50	a	3.000,00	a	13,77	c	30,98	a
106	25,75	c	4,50	b	8,00	a	2.777,78	a	13,59	c	24,16	b
107	30,25	b	8,25	a	5,25	a	2.308,33	b	11,83	d	33,80	a
108	25,75	c	6,00	a	4,50	a	1.858,33	b	13,46	c	23,62	b
109	35,00	a	5,50	a	7,75	a	2.916,67	a	12,21	d	24,81	b
110	26,00	c	2,75	b	5,50	a	2.727,78	a	13,42	c	26,33	b
111	23,75	c	3,00	b	5,75	a	1.844,45	b	12,06	d	25,78	b
112	27,00	c	2,75	b	10,00	a	2.522,22	b	11,58	e	26,65	b

Tratamentos	Características Avaliadas											
	NE		ED		EP		RG		M100		CE	
113	27,75	c	2,25	b	7,75	a	2.638,89	a	13,37	c	28,28	a
114	27,00	c	3,75	b	7,75	a	2.666,67	a	12,49	d	26,22	b
115	33,25	a	3,75	b	13,25	a	3.244,45	a	12,39	d	26,22	b
116	29,75	b	5,25	a	6,75	a	2.772,22	a	12,18	d	25,68	b
117	31,00	b	7,75	a	5,25	a	2.558,33	b	12,10	d	27,19	a
118	29,50	b	4,00	b	3,00	a	2.252,78	b	13,46	c	22,64	b
119	28,00	c	2,25	b	6,00	a	2.088,89	b	14,28	b	23,62	b
120	29,50	b	4,50	b	8,75	a	2.508,34	b	13,56	c	25,24	b
121	22,75	c	5,75	a	5,50	a	2.091,67	b	11,48	e	28,82	a
122	28,00	c	5,50	a	5,50	a	2.544,44	b	12,11	d	26,32	b
123	21,50	c	1,00	b	7,75	a	1.525,00	b	11,41	e	30,88	a
124	26,50	c	4,50	b	10,50	a	2.638,89	a	13,21	c	26,11	b
125	30,00	b	3,75	b	6,75	a	2.222,22	b	13,56	c	26,76	b
126	26,25	c	4,75	b	8,75	a	2.355,56	b	13,44	c	25,78	b
127	36,00	a	10,25	a	11,50	a	2.475,00	b	12,09	d	25,35	b
128	29,75	b	2,75	b	3,50	a	2.961,11	a	13,23	c	26,98	a
129	31,75	b	3,50	b	4,25	a	2.791,67	a	14,47	b	28,71	a
130	26,00	c	3,25	b	6,00	a	2.402,78	b	13,27	c	27,08	a
131	35,00	a	3,50	b	4,75	a	3.138,89	a	14,10	c	26,11	b
132	29,75	b	4,25	b	6,25	a	2.116,67	b	12,60	d	27,52	a
133	31,00	b	3,25	b	7,75	a	2.463,89	b	13,82	c	26,11	b
134	27,00	c	3,50	b	7,75	a	2.927,78	a	13,08	c	26,76	b
135	26,75	c	3,25	b	7,00	a	3.016,67	a	15,37	b	25,03	b
136	27,50	c	3,50	b	8,00	a	2.480,56	b	11,55	e	26,97	a
137	28,50	c	5,50	a	4,00	a	2.858,33	a	12,97	c	24,59	b
138	30,50	b	6,25	a	5,00	a	2.547,23	b	11,42	e	21,99	b
139	27,00	c	2,25	b	9,50	a	2.719,45	a	13,85	c	23,40	b
140	26,00	c	2,75	b	5,50	a	2.147,22	b	12,33	d	24,92	b
141	33,00	a	5,50	a	5,50	a	2.833,33	a	12,39	d	25,68	b
142	24,75	c	5,50	a	10,25	a	2.433,33	b	13,10	c	26,33	b
143	26,00	c	4,75	b	7,00	a	2.096,67	b	12,35	d	26,11	b
144	26,25	c	4,50	b	6,75	a	2.736,11	a	14,75	b	24,59	b
145	36,00	a	6,25	a	7,00	a	3.486,11	a	13,13	c	28,71	a
146	30,75	b	6,00	a	3,25	a	2.938,89	a	13,06	c	26,33	a
147	28,50	c	2,75	b	6,25	a	3.325,00	a	13,83	c	27,30	a
148	34,25	a	1,75	b	8,00	a	2.738,89	a	12,95	c	26,33	b
149	35,50	a	4,25	b	9,50	a	3.830,56	a	13,96	c	24,92	b
150	24,50	c	6,25	a	8,00	a	1.797,22	b	10,87	e	22,97	b
151	33,25	a	4,50	b	6,25	a	3.180,56	a	11,85	d	25,89	b
152	31,50	b	3,50	b	5,50	a	2.644,45	a	14,18	c	30,12	a
153	29,75	b	4,25	b	7,00	a	2.547,22	b	13,94	c	30,55	a
154	28,00	c	3,25	b	9,00	a	2.591,67	b	13,66	c	29,57	a
155	27,75	c	3,75	b	4,25	a	2.052,78	b	12,75	d	25,89	b
156	26,00	c	2,50	b	2,75	a	2.705,56	a	12,98	c	31,20	a
157	29,50	b	3,75	b	4,50	a	2.861,11	a	13,69	c	28,38	a
158	28,25	c	3,50	b	7,25	a	2.386,11	b	12,30	d	27,84	a
159	23,25	c	2,50	b	6,50	a	2.413,89	b	13,07	c	28,82	a
160	30,25	b	6,25	a	5,75	a	2.777,78	a	13,77	c	27,30	a
161	33,25	a	2,25	b	10,00	a	2.519,45	b	10,96	e	26,32	b
162	28,25	c	3,25	b	7,75	a	2.788,89	a	13,87	c	23,94	b
163	31,25	b	3,50	b	5,00	a	2.416,67	b	13,09	c	27,63	a
164	31,75	b	4,00	b	4,00	a	3.261,11	a	13,88	c	34,34	a
165	26,00	c	2,00	b	6,50	a	3.108,33	a	13,42	c	27,74	a
166	35,00	a	8,75	a	6,00	a	3.058,34	a	12,36	d	28,39	a
167	27,00	c	3,50	b	7,00	a	2.961,11	a	13,59	c	31,96	a
168	27,75	c	3,25	b	3,50	a	2.944,45	a	11,37	e	22,10	b
169	30,75	b	3,75	b	9,00	a	2.269,45	b	11,70	e	22,53	b
170	29,00	b	2,00	b	4,00	a	3.052,78	a	12,10	d	24,59	b
171	33,25	a	5,00	a	7,50	a	3.141,67	a	13,27	c	22,86	b

Tratamentos	Características Avaliadas											
	NE		ED		EP		RG		M100		CE	
172	29,25	b	3,00	b	5,75	a	2.722,22	a	13,87	c	28,82	a
173	27,00	c	3,50	b	4,75	a	2.983,33	a	13,73	c	24,38	b
174	31,50	b	4,50	b	7,00	a	3.612,78	a	12,95	c	27,30	a
175	34,00	a	4,50	b	7,25	a	2.822,22	a	11,30	e	24,27	b
176	29,50	b	3,75	b	3,75	a	2.416,67	b	11,60	e	26,44	b
177	21,25	c	3,25	b	5,25	a	1.622,22	b	13,05	c	30,44	a
178	27,50	c	3,00	b	7,25	a	2.902,78	a	12,92	c	27,95	a
179	30,50	b	9,75	a	6,50	a	2.169,45	b	11,02	e	28,82	a
180	26,50	c	6,50	a	6,50	a	2.319,44	b	14,10	c	26,00	b
181	27,00	c	3,75	b	4,75	a	2.530,56	b	12,52	d	24,48	b
182	29,00	b	6,50	a	5,75	a	2.422,22	b	13,49	c	29,14	a
183	28,25	c	3,25	b	3,75	a	2.808,34	a	11,69	e	27,95	a
184	29,00	b	2,75	b	3,75	a	3.077,78	a	12,19	d	25,13	b
185	31,50	b	5,75	a	7,25	a	2.052,78	b	10,55	e	30,98	a
186	31,25	b	5,50	a	4,25	a	2.463,89	b	11,92	d	29,25	a
187	37,00	a	6,00	a	7,00	a	2.650,00	a	11,92	d	28,17	a
188	28,00	c	3,25	b	6,75	a	2.905,56	a	13,80	c	26,22	b
189	26,00	c	4,50	b	5,50	a	2.308,34	b	13,04	c	24,38	b
190	30,25	b	4,50	b	8,50	a	2.650,00	a	11,67	e	22,54	b
191	26,00	c	1,50	b	6,25	a	2.738,89	a	13,24	c	26,33	b
192	32,00	b	5,75	a	10,75	a	2.680,56	a	12,81	c	25,78	b
193	25,25	c	1,75	b	6,25	a	2.891,67	a	14,96	b	31,42	a
194	27,25	c	5,00	a	7,00	a	2.386,11	b	12,28	d	21,34	b
195	29,00	b	1,75	b	4,75	a	2.480,56	b	12,86	c	28,17	a
196	29,75	b	4,25	b	7,00	a	3.261,11	a	13,53	c	25,24	b
197	25,25	c	2,25	b	8,00	a	2.077,78	b	13,11	c	29,57	a
198	27,50	c	5,75	a	8,75	a	2.041,67	b	12,07	d	23,51	b
199	23,50	c	1,00	b	4,75	a	2.458,33	b	13,52	c	25,35	b
200	25,50	c	1,50	b	4,50	a	2.919,44	a	14,76	b	24,27	b
IAC 112	25,88	c	4,66	b	5,50	a	1.952,08	b	10,24	e	25,91	b
IAC 125	27,16	c	7,63	a	5,91	a	2.020,14	b	11,46	e	29,99	a
Zélia	29,09	b	8,31	a	6,78	a	1.935,49	b	11,07	e	26,74	b

^{1/}NE = número de espigas; ED = número de espigas doentes; EP = número de espigas atacadas por pragas; RG = rendimento de grãos em kg.ha⁻¹; M100 = massa de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g⁻¹.

^{2/}Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo procedimento de Scott – Knott (Steel e Torrie, 1980) em nível de 5% de probabilidade.