

**ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EDAFOCLIMÁTICA DE
MILHOS-PIPOCA DE DIFERENTES ORIGENS NO NORTE E
NOROESTE FLUMINENSE**

GUILHERME FERREIRA PENA

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

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO - 2011**

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EDAFOCLIMÁTICA DE
MILHOS-PIPOCA DE DIFERENTES ORIGENS NO NORTE E
NOROESTE FLUMINENSE

GUILHERME FERREIRA PENA

Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
FEVEREIRO – 2011

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EDAFOCLIMÁTICA DE
MILHOS-PIPOCA DE DIFERENTES ORIGENS NO NORTE E
NOROESTE FLUMINENSE

GUILHERME FERREIRA PENA

Dissertação 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 Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2011.

Comissão Examinadora:

Prof. Ronald José Barth Pinto (D.Sc. em Engenharia Genética Agroflorestal) -
UEM

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc. em Produção Vegetal) - UENF

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc. em Produção Vegetal) - UENF

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc. em Genética e Melhoramento) -
UENF
Orientador

Ao meu pai, Natalino Marcos Pena, *in memoriam*,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada, contribuindo, física e espiritualmente, na concretização de mais esta importante etapa em minha vida pessoal e profissional. Especialmente tenho o dever e a satisfação de agradecer:

A toda minha família, alicerce de todo o meu ser, em especial à minha mãe Pompéia, a Antenor Fausto “Bodão” (a enciclopédia), a meus irmãos Leandro, Evandro, Taymara e Manuela.

Aos meus tios Acelino e Carlinhos, pelos conselhos e apoio nos momentos de necessidade.

À tia Rita, exemplo constante de generosidade e fraternidade em pessoa, por SEMPRE fazer da sua casa o nosso lar.

Ao tio Joacy, pela grande ajuda nos momentos mais difíceis que enfrentei.

À tia Mariinha, *in memoriam*, e tio Oswaldo pelos cuidados e domingos de paz e tranquilidade em meio à sua mesa de almoço.

Às minhas primas Simone e Viviane Milagres pela incondicional prontidão em exercer, de maneira profícua, suas profissões. MUITO obrigado!

À Denise Bicalho Rocha por estar presente em todos os momentos, principalmente nos de maior dificuldade. Obrigado por existir, minha irmã!

Aos meus tios, primos e agregados que engrandecem os momentos em família.

Ao meu sobrinho Pedro, o primeiro de muitos!

À Cecília, Luca e Carolina pelo amor, carinho e alegrias vividas até agora e por muitas que, ainda, virão. A toda família Costa e Fausto pelo respeito e acolhimento. A Zé Horta, Tica e Rubinho, pela grandeza e exemplo de união familiar.

Aos amigos do voo livre – Dênis, Éder, Emerson, Serginho “Rato” e, em especial, a Castilho *in memoriam*, voando mais livre que nunca ao lado dos seus companheiros alados, no salão celestial, conhecê-lo foi uma dádiva, *people*. Agradeço a vocês por me mostrarem o mundo de outra forma; lá de cima, os problemas são tão pequenos quanto às pessoas que os criam.

Aos grandes amigos Rodrigo Moreira Ribeiro e Reginaldo Fontes pela amizade e companheirismo ímpar. Obrigado pela convivência pacífica e harmônica nestes dois anos!

Aos amigos da velha guarda viçosense, Leleco, Popola, Yoga, Fã, Tones, Joe, Flávia Rigueira, Arlindão, Pelim, Petrônio, Toscano, Faelzão, Zapata, Rodrigão, Pexinho, Teó, Anjo-Mal, Diogão e todos que proporcionaram uma amizade acima do bem e do mal, sem classe social!

Ao professor, amigo e orientador, Antônio Teixeira do Amaral Júnior, idealizador da dissertação de mestrado, pela significativa parcela na realização deste trabalho, pela habitual paciência e prontidão em atender a qualquer solicitação, pessoal e profissional e, principalmente, pela credibilidade depositada em mim.

À Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF-, pela disponibilidade dos programas de pós-graduação, capacitando e ampliando as oportunidades dos profissionais que por aqui passam.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes-, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos docentes, em especial aos professores Geraldo Gravina e Rogério Daher, pelas críticas e sugestões, essenciais à lapidação do trabalho.

Aos colegas de labuta do Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Produção Vegetal e de Laboratório, pela convivência saudável e enriquecedora, alguns deles: Renato *in memoriam*, Cássio, Thiago, Ismael, Alex, Pedro, Roberto, Érica, Roberta, Millene, Carol, Tati, Drieli e Lívia.

Agradecimento especial ao parceiro Silvério Júnior (professor da UFC) e aos pós-doutores Lílian Cândido e Leandro Gonçalves pela grande ajuda e pelos preciosos conselhos durante o mestrado.

Aos Funcionários de campo da UENF, dos colégios agrícolas de Campos dos Goytacazes e de Itaocara; em especial, aos Técnicos Agrícolas Geraldo de Carvalho e Serginho pelo apoio durante a condução dos ensaios.

“Ser feliz...”

*"Posso ter defeitos, viver ansioso e ficar irritado algumas vezes,
mas não esqueço de que minha vida é a maior empresa do mundo.*

E que posso evitar que ela vá à falência.

*Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver,
apesar de todos os desafios, incompreensões e períodos de crise...*

*Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e
se tornar um autor da própria história...*

*É atravessar desertos fora de si,
mas ser capaz de encontrar um oásis no recôndito da sua alma...*

É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida...

Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos...

É saber falar de si mesmo...

É ter coragem para ouvir um "não"...

É ter segurança para receber uma crítica, mesmo que injusta...

Pedras no caminho?

Guardo todas, um dia vou construir um castelo..."

(Fernando Pessoa)

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Origem do Milho pipoca.....	4
2.2. Aspectos Econômicos.....	5
2.3. Capacidade de Expansão e sua Importância no Melhoramento do Milho Pipoca.....	7
2.4. Melhoramento do Milho Pipoca.....	9
2.5. Interação Genótipos por Ambientes.....	12
2.6. Adaptabilidade e Estabilidade.....	14
2.6.1. Procedimento paramétrico.....	16
2.6.1.1. Método de Yates e Cochran (1938).....	16
2.6.2. Procedimentos Não-paramétricos.....	17
2.6.2.1. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	17
2.6.2.2. Método de Wricke (1965).....	17
2.6.2.3. Método de Lin e Bin (1988).....	18
2.6.2.4. Método de Huehn (1990).....	19
2.6.2.5. Método de Kang e Phan (1991).....	19
2.6.3. Comparação de alguns procedimentos paramétricos e não-paramétrico.....	19

3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Locais de instalação dos experimentos e detalhes experimentais.....	22
3.2. Características avaliadas.....	24
3.3. Análise estatística.....	24
3.3.1. Análises de variância individual e conjunta.....	24
3.3.2. Decomposição da interação em parte complexa.....	25
3.3.3. Estimadores de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.....	26
3.3.3.1. Método de Yates e Cochran (1938).....	26
3.3.3.2. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	26
3.3.3.3. Método de Wricke (1965).....	27
3.3.3.4. Método de Lin e Binns (1988).....	27
3.3.3.5. Método de Huehn (1990).....	28
3.3.3.6. Método de Kang e Phan (1991).....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Análise de variância conjunta.....	31
4.2. Estimativas das interações complexas.....	34
5. ANÁLISE DAS ESTATÍSTICAS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE	36
5.1. Método de Yates e Cochran (1938).....	36
5.2. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	39
5.3. Método de Wricke (1965).....	41
5.4. Método de kang e Phan (1991).....	42
5.5. Método de Lin e Binns (1988).....	47
5.6. Método de Huehn (1990).....	51
5.7. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade.....	55
6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
7. ANEXO.....	80

RESUMO

PENA, Guilherme Ferreira, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, fevereiro 2011. Estabilidade e adaptabilidade edafoclimática de milhos-pipoca de diferentes origens no Norte e Noroeste Fluminense. Orientador: Antônio Teixeira do Amaral Júnior. Professores Conselheiros: Alexandre Pio Viana e Rogério Figueiredo Daher.

Este trabalho foi idealizado no intento de pormenorizar os efeitos da interação genótipo x ambiente (G x A) para estudar a estabilidade e adaptabilidade de dez genótipos de milho pipoca. O delineamento utilizado na análise experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram compostas por 120 plantas, ocupando, cada uma, 21,6 m² de área útil. As análises de variância foram aplicadas aos dados de rendimento e capacidade de expansão dos grãos. Uma vez observadas diferenças significativas para o efeito de genótipos, ambientes e interação genótipo por ambiente, foram empregados métodos fundamentados em estatísticas paramétricas e não-paramétricas conforme metodologias de: Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959) e ecovalência de Wricke (1965), Kang e Phan (1991), Lin e Binns (1988) e Huehn (1990). O método Yates e Cochran revelou serem mais estáveis as cultivares UFBV2M Barão Viçosa e BRS Angela, além da população experimental UNB2U-C3, para rendimento de grãos. Este método também destacou, para capacidade de expansão, além dessas duas cultivares já mencionadas, a variedade Viçosa, os híbridos triplos Zélia e IAC 125 e a população experimental UNB2U-C4 como genótipos mais estáveis. Os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e a

ecoalência de Wricke (1965) atestaram ser mais estável, produtivamente, o híbrido triplo Zélia e a população experimental UNB2U-C4. Para capacidade de expansão, os parâmetros $\hat{\theta}_i$ e $\hat{\omega}_i$ indicaram a população UNB2U-C3 e a cultivar BRS Angela como mais estáveis. O sistema de ranqueamento de Kang e Phan (1991) ponderou os métodos fundamentados na análise de variância e classificou a população UNB2U-C4 como genótipo de maior estabilidade de produção de grãos e confirmou a cultivar BRS Angela como a mais estável para capacidade expansiva dos grãos. A metodologia de Lin e Binns (1988), baseando-se na porcentagem de contribuição genética de cada genótipo para a interação G x A, revelou o híbrido simples modificado IAC 112 e a população experimental UNB2U-C4 como os dois genótipos mais estáveis e adaptados, para rendimento de grãos. A estatística P_i também classificou as populações UNB2U-C3 e UNB2U-C4 como os genótipos de maior previsibilidade de comportamento e capacidade responsiva, para capacidade de expansão de grãos. Pelo método de Huehn (1990), houve desempenho altamente previsível para rendimento de grãos, na população experimental UNB2U-C4, e para capacidade expansiva no híbrido triplo IAC 125. Houve significância em 33,33 e 31,94% dos algoritmos, respectivamente, para rendimento de grãos e capacidade de expansão, ratificando que há métodos consonantes e demonstrando que métodos complementares devem ser utilizados para maior compreensão do desempenho de genótipos oriundos de diferentes adaptações edafoclimáticas quando avaliados no Norte e Noroeste Fluminense.

ABSTRACT

PENA, Guilherme Ferreira, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro, in February 2011. Edaphoclimatic stability and adaptability of popcorn from different origins in the North and Northwest of the Rio de Janeiro State. Advisor: Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Committee Members: Alexandre Pio Viana and Rogério Figueiredo Daher.

This study was designed in an attempt to detail the effects of genotype x environment (G x H) interaction and study the stability and adaptability of ten genotypes of popcorn. The statistical model used to analyze experimental data was the complete randomized block, design with three replications. Each plots had 120 plants, in an area of 21,6 m². Analysis of variance were applied to grain yield data popping expansion of the grains. Since significant differences in the effect of genotype, environment and genotype by environment interaction, were observed methods based on statistical parametric and nonparametric methods were employed as those of: Yates and Cochran (1938) or Traditional, Plaisted and Peterson (1959) and ecovalence of Wricke (1965), Kang and Phan (1991), Lin and Binns (1988) and Huehn (1990). The traditional method has shown to be more stable cultivars UFV2M Viçosa and BRS Angela, besides the experimental population UNB2U-C3, for an average grain yield. This method also highlighted, for popping expansion, both varieties already mentioned, the variety Viçosa, Zélia triple hybrids and IAC 125 and C4-UNB2U experimental population as most stable genotypes. The methods of Plaisted and Peterson (1959) and ecovalence Wricke (1965) attested to be more stable, productive, and the triple hybrid Zélia

experimental population UNB2U-C4. For popping expansion the estimation of parameters indicated populations UNB2U-C3 and BRS Angela as the more stable. The ranking system of Kang and Phan (1991) based on those methods supported by analysis of variance pointed out the populations C4-UNB2U and BRS Angela as the most stable for grain yield and popping expansion, respectively. Lin and Binns (1988) based on the percentage of genetic contribution of each genotype to the GE interaction revealed the simple hybrid modified IAC 112 and experimental population UNB2U-C4 as the two genotypes most stable and adapted to the average productivity of grains. The P_i statistics also classify the populations UNB2U-C3-C4 and UNB2U as the genotypes of high predictability of behavior and responsive capacity for capacity expansion of grain. The method of Huehn (1990) was highly predictable performance for yield in the experimental population UNB2U-C4, and capacity for expanding the hybrid triple IAC 125. There was significance in 33.33 and 31.94% of the algorithms, respectively, for yield and popping expansion, confirming that there are methods in line and showing that complementary methods should be used to improve understanding of the performance of genotypes from different edaphoclimatic adaptations when evaluated in the North and Northwest regions of the Rio de Janeiro State.

1. INTRODUÇÃO

Com o estabelecimento do homem nas Américas (Ameríndios), há cerca de oito mil anos, várias espécies vegetais passaram a ser gradativamente domesticadas, a partir de seus ancestrais silvestres, e muitas destas se tornaram as principais culturas utilizadas na alimentação, atualmente (Freitas, 2001). Dentre essas culturas, destaca-se o milho (*Zea mays ssp. mays*), estando entre as espécies mais cultivadas no mundo devido à sua importância nutritiva na alimentação humana e animal.

Dentre os denominados “milhos especiais”, o cultivo do milho pipoca tem exercido influência positiva em setores da economia nacional. Considerado uma cultura de elevada rentabilidade (Brugnera et al., 2003), seu produto final possui grande aceitação popular e, em muito, movimentada a economia informal. Em consequência do aprimoramento e da popularização de máquinas elétricas e fornos de microondas para o pipocamento do milho, houve aumento crescente na produção e no consumo deste grão (Daros et al., 2004), sendo presença garantida nas gôndolas dos mais diversos estabelecimentos comerciais do ramo de alimentos, seja nas grandes ou nas pequenas cidades do país.

Apesar do grande consumo dessa cultura, o cultivo de milho pipoca, no Brasil, ainda é limitado. Quando se pensa em milho pipoca, o consumidor, de modo geral, faz uma associação ao grão importado, de conhecida qualidade, dando a entender, portanto, que toda boa pipoca deve ter essa procedência. Sawazaki et al. (2000) e Galvão et al. (2000) demonstraram que essa premissa

não é verdadeira ao avaliarem híbridos entre as linhagens Guarani e IAC-64 e obterem bons resultados com valores de capacidade de expansão próximos aos melhores híbridos norte-americanos em rendimento e qualidade de pipoca nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

Na concepção de Machado (1997), a possibilidade de total mecanização e a ausência de controle de preço pelo governo faz com que o valor comercial do milho pipoca seja superior ao do milho comum. No ano agrícola de 2009, o preço médio cobrado pela saca de 60 kg de milho pipoca foi de R\$ 109,20, revelando ser quase o quádruplo quando comparado com o preço do milho comum, em que o custo da saca de 60 kg foi de R\$ 22,80 (Agrianual, 2010). Apesar dessa considerável diferença econômica entre as culturas, ainda perpetuam entraves que tornam o cultivo do milho pipoca ainda incipiente no país, tendo para a safra de 2007/2008, apenas, sete das 278 cultivares de milho disponibilizadas para comercialização. Sob esse aspecto, torna-se evidente o longo e trabalhoso caminho a ser percorrido pelos melhoristas, que devem almejar para essa cultura a recomendação de cultivares e híbridos que associem altos índices de capacidade de expansão e rendimento. O desenvolvimento de variedades é de fundamental importância para o incentivo da agropecuária brasileira, que, além de reduzir o volume de importações desse produto, atua, favorecendo a inclusão do pequeno e médio agricultor no processo produtivo e oferecendo-lhes a possibilidade de utilizar sua própria semente nos períodos de plantio.

Para que as sementes de qualquer cultura sejam produzidas e/ou comercializadas, as cultivares devem ser, antes, registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Em 2001, sete híbridos constavam no RNC, sendo dois nacionais (IAC 112 e Zélia) e cinco exóticos. De 1998 a 2010, 46 cultivares constam no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), órgão que visa à proteção da propriedade intelectual da cultivar e assegura os direitos de exploração comercial da mesma por meio de recebimento de *royalties*, sendo oito variedades de polinização aberta e 38 variedades híbridas (seis nacionais e 32 exóticas). Destas 46 cultivares, a empresa privada Yoki possui 21 cultivares registradas (não as protege porque, com o tempo, tornam-se passíveis de domínio público), o que corresponde a cerca de 45 % dos milhos-pipoca registrados.

A realidade dos fatos revela que as empresas privadas, estrangeiras, produzem os híbridos no exterior e os registram aqui, no Brasil; assim, o número de importações se mostra, ilusoriamente, reduzido e, de quebra, os melhoristas, sobretudo os do setor público, ficam cada vez mais limitados pela escassez de recursos para geração de cultivares para o país.

Existem, no país, em 2011, oito instituições que atuam no melhoramento do milho pipoca: UENF, UFV, UFLA, UEM, UEL, UFRS, ESALQ e IAC.

Na UENF, o Programa de Melhoramento de Milho Pipoca tem adotado quatro vertentes: emprego de seleção recorrente na população UENFV-EXPLOSIVA (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Daros et al., 2002; Daros et al., 2004; Santos et al., 2007; Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009), obtenção de híbridos intervarietais por meio da avaliação da capacidade combinatória de variedades (Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2007; Rangel et al., 2008) e obtenção de híbridos simples por dialelo completo (Silva et al., 2009), além da formação de compostos para uso em programas de seleção recorrente intrapopulacionais (Rangel et al., 2007).

Uma vez que o programa de melhoramento da UENF tem disponível uma população em fase de pré-recomendação, obtida por meio de seleção recorrente intrapopulacional, é imprescindível a realização do estudo da interação de genótipos por ambientes, assim como da estabilidade e adaptabilidade fenotípica. No intuito de consolidar as análises biométricas e compreender, de maneira mais acurada, a capacidade adaptativa da população experimental UENFV-EXPLOSIVA, tornou-se oportuna esta pesquisa, que teve os objetivos: a) obter, para o Norte e Noroeste Fluminense, estimativas de estabilidade e adaptabilidade de materiais em fase de lançamento, bem como de materiais recomendados no país; b) proceder a uma análise comparativa de diferentes métodos de avaliação da estabilidade e adaptabilidade, do rendimento de grãos e capacidade de expansão obtidos e c) avaliar a conveniência de realização de novos ensaios para recomendação da variedade melhorada UENFV-EXPLOSIVA em quinto ciclo de seleção recorrente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem do milho pipoca

Pertencente à espécie *Zea mays* L., à família Poaceae, sub-família Panicoideae e tribo Maydeae, o milho pipoca difere do milho comum principalmente pela capacidade de expansão (CE), ou seja, pela peculiaridade de expandir seu endosperma, sob elevada exposição de calor. Além disso, quando comparado ao milho comum, apresenta maior prolificidade, com grãos de tamanho mais reduzido, menor vigor e maior susceptibilidade a doenças.

Dentre as várias hipóteses que explicam a origem genética do milho pipoca, três são consideradas de maior relevância, segundo Galinat (1977): a) o teosinte atual é o ancestral silvestre do milho; b) um teosinte primitivo é o ancestral silvestre, tanto do milho comum quanto do teosinte atual; e c) uma forma extinta de milho tunicado foi o ancestral do milho, sendo o teosinte uma forma mutante do tipo tunicado.

Evidências genéticas e citológicas tornaram plausíveis inferências de que o milho comum, assim como o pipoca compartilham de parentesco com o teosinte. A mesma ploidia e homologia entre os cromossomos do milho e do teosinte, além da compatibilidade de intercruzamentos, originando descendentes geralmente férteis, consolidam tais evidências (Goodman e Smith, 1987).

Há cerca de 2500 a.C., no sítio arqueológico de 'Bat Cave', Novo México, obteve-se o primeiro exemplar de milho pipoca (Mangelsdorf e Smith Jr., 1949).

Mangelsdorf (1974) identificou os milhos mais antigos a partir de descobertas arqueológicas de doze sítios, localizados no México e no Sudoeste dos Estados Unidos da América. Estes exemplares foram tratados como precursores das raças mexicanas de milho pipoca Chapalote ou Nal-tel, não havendo indícios de que o teosinte seja o genitor silvestre do milho. Este mesmo autor afirma que o teosinte é mais especializado que o milho, mediante aspectos como adaptação a menor número de ambientes; redução do número de espigas polísticas para dísticas; redução de grãos pareados a únicos e endurecimento das glumas e ráquis. Tal afirmação hipotetiza que o milho é o ancestral e não o descendente do teosinte.

Outra hipótese que contesta a possível origem evolutiva do milho pipoca é a de que este tenha surgido de uma mutação do milho comum (tipo *flint*), sendo, então, rotineiramente cultivado e introduzido na alimentação humana (Erwin, 1949). No entanto, existem evidências arqueológicas que contrariam essa hipótese, sugerindo que tal evolução tenha ocorrido em sentido contrário, uma vez que o milho pipoca está entre os tipos mais antigos de milho até então descobertos pelo homem. Embora tais hipóteses não permitam uma conclusão concreta em relação à origem de *Zea mays L.*, é incontestável que o milho pipoca teve participação marcante na formação dessa espécie (Zinsly e Machado, 1987; Andrade, 1996).

Oliveira et al (2010), objetivando inferir a respeito da ancestralidade bem como conhecer a amplitude genética do milho pipoca, por meio de marcadores ISSR, analisaram 52 acessos de milho pipoca, milho comum (diplóide e tetraplóide), milho dentado, farináceo, doce, e os supostos ancestrais do milho comum (*Tripsacum* sp. e teosinte); verificaram que, após análise de agrupamentos por UPGMA, dos 34 acessos de milho pipoca estudados, apenas cinco grupos foram formados, reunindo, em um destes, cinco dos sete materiais comerciais obtidos no Brasil (IAC-112, IAC-125, UFVM2 Barão de Viçosa, RS 20 e Jade). Os autores concluíram, portanto, que a base genética do milho pipoca pode ser estreita.

2.2. Aspectos econômicos

O plantio comercial de milho pipoca, no Brasil, na década de 90, era considerado modesto, sendo necessário um grande volume de importações, sobretudo dos Estados Unidos da América e da Argentina (Galvão et al., 2000). Entretanto, algumas mudanças no mercado ocorreram a partir do ano 2.000. Parcerias entre produtores e empresas empacotadoras têm crescido no país. Por esse procedimento, a empresa seleciona a região onde será plantado o material e disponibiliza sementes e tecnologia aos produtores, aumentando, assim, o rendimento e reduzindo os custos de produção. Na safra de 2003, por exemplo, os melhores produtores colheram de 50 a 60 sacas por hectare. A empresa pagou R\$ 45,00 por saca aos produtores, e o custo da produção variou de R\$ 800,00 a R\$ 1200,00 ha⁻¹ (Santos et al., 2007). Para a safra 2005/2006, o híbrido triplo Jade, comercializado pela Pioneer, foi uma opção rentável para o mercado de sementes do Brasil (Cruz e Pereira Filho, 2005).

Sawazaki (2010), consultando as empresas de sementes, constatou que foram disponibilizados, na safra de verão e na safrinha de 2009/10, cerca de 73.000 kg de sementes dos híbridos nacionais (IAC 112 e IAC 125). Em relação aos híbridos exóticos, foram comercializados cerca de 20.000 kg de sementes dos híbridos da Seedco do Brasil ("Pop Ten e Pop Top"). As outras empresas com maior número de híbridos americanos registrados (Yoki e Agristar) não informaram a quantidade de semente comercializada na safra.

De acordo com dados publicados pela Agriannual (2010), a produção média nacional do milho comum, estimada na safra de 2009/2010, foi de 50.204.768 toneladas. Em relação ao milho pipoca, comparando-se o volume produzido entre os meses de janeiro a maio de 2009, foram produzidas 104 toneladas do grão. O preço médio anual (R\$/kg) do milho pipoca, de 2005 a 2009, variou de 1,33 a 1,82 centavos de real. Guardando-se as devidas proporções de produção entre os dois tipos, nota-se que o milho pipoca vem ganhando espaço no mercado produtivo, especialmente pela relação custo/benefício do produto.

Embora tenham ocorrido progressos, a disponibilização de variedades melhoradas por meio de empresas públicas ainda é incipiente no país (Santos et al., 2007). Segundo Brugnera et al. (2003), a necessidade de importações de milho pipoca deve-se, em grande parte, à limitação de cultivares, ou seja, híbridos e variedades que conciliem bom rendimento e qualidade da pipoca produzida, além da falta de tecnologia própria para o cultivo da cultura. Fornasieri Filho et al.

(1994) citam que, como regra, adota-se, para a cultura do milho pipoca, uma mera transposição de práticas recomendadas para a cultura do milho comum. Pissaia et al. (1996) e Yorinori et al. (1996) atribuem esta prática à pequena divulgação do milho pipoca como cultura econômica no Brasil. Nunes et al. (2003) ressaltam, ainda, que a maioria dos produtores utiliza baixa quantidade de insumos, sementes próprias (originadas de variedades locais ou de gerações avançadas de híbridos norte-americanos), adubação insuficiente e ausência de irrigação. Além disso, Carpentieri-Pípolo et al. (2002) ressaltam a carência de dados oficiais sobre área plantada e rendimento.

O milho pipoca varia quanto ao tamanho (de 0,5 a 1,0 cm), formato (redondo, chato, pontiagudo) e coloração (rosa, creme, vermelha, roxa, preta e azul), sendo as cores branca e amarela as mais comuns (Zinsly e Machado, 1987). Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, e com endosperma alaranjado (Ziegler e Ashman, 1994). Para consumo doméstico, os grãos, geralmente, são pequenos (76 a 105 grãos em 100 g) e amarelos, e a pipoca é do tipo borboleta, que é a mais macia.

2.3. Capacidade de expansão (CE) e sua importância no melhoramento do milho pipoca

Segundo Weatherwax (1922), a capacidade do grão “estourar” é provocada pelo aumento excessivo da energia interna do grão, decorrente do aquecimento da umidade contida nos grânulos de amido, o que, sob pressão, resulta em hidrólise desse amido e na perda de toda a estrutura celular do endosperma. O pericarpo é de suma importância neste processo, impedindo a passagem do vapor de água e, assim, aumentando a pressão até um limite em que ele se rompa e o milho estoure (Hoseney et al., 1983). Sob aquecimento intenso, o amido do milho pipoca expande-se, aumentando, gradualmente, a pressão interna do grão até o momento em que ocorre a explosão, com temperatura aproximada de 180 °C e a pressão atingindo 930,8 Kpa (Silva, 1993).

Segundo Zinsly e Machado (1987), o milho pipoca apresenta uma classificação de mercado do seguinte tipo: pipoca americana extra e pipoca americana especial, pipoca amarela extra, pipoca amarela especial. Essa

classificação orienta o comércio das principais variedades de milho pipoca, já que existem outras variedades de aceitação local ou regional que são também comercializadas.

A comercialização dos grãos é feita por peso (grãos) e por uma proporção do produto final, vendida pelo volume (pipoca). Por isso, a capacidade de expansão (CE) da pipoca é um dos fatores mais importantes, quando se faz referência à sua qualidade. Atualmente, há concordância entre melhoristas de milho pipoca de que o valor mínimo de capacidade de expansão, para lançamento, é de 30 mL.g^{-1} . Em relação aos componentes genéticos, a capacidade de expansão é afetada, sobretudo, por genes com efeitos de aditividade (Lierly, 1942; Dofing et al., 1991; Larish e Brewbaker, 1999; Pacheco et al., 1998; Pereira e Amaral Júnior, 2001). Todavia, a melhoria da capacidade de expansão não deve estar desvinculada de ganhos para a produção de grãos, que, por sua vez, tem sido elucidada por vir, principalmente, de efeitos de dominância (Lierly, 1942; Dofing et al., 1991; Pacheco et al., 1998; Pereira e Amaral Júnior, 2001).

Como preconiza Machado (1997), a capacidade de expansão sofre influência direta de uma série de fatores ambientais, como teor de umidade inicial na colheita, temperatura de secagem, teor de umidade final após a secagem; fatores físicos como danos mecânicos no pericarpo, tamanho do grão e massa específica; além da idade fisiológica dos grãos. Segundo Nascimento e Boiteux (1994), para uma melhor avaliação dos testes de CE, é necessária a padronização do teor de umidade em torno de 12 %.

Durante o processo de melhoramento do milho pipoca, o melhorista precisa estar consciente de que deve satisfazer tanto ao produtor quanto ao consumidor. Ao produtor interessa elevado rendimento. Ao consumidor importa alta capacidade de expansão, a qual confere à pipoca melhor textura e maciez. Tem sido verificado, todavia, que a capacidade de expansão é, negativamente, correlacionada com a produção de grãos (Brunson, 1937; Merlo et al., 1988; Lima et al., 1971; Zinsly e Machado, 1987; Dofing et al., 1991; Andrade, 1996; Carpentieri-Pípolo et al., 2002; Daros et al., 2002).

A correlação negativa entre as duas principais características em milho pipoca gera uma dificuldade adicional ao melhoramento da cultura. Para tanto, uma alternativa viável tem sido o uso de índices de seleção, que têm permitido

obter ganhos para as características, em conjunto com outras que o melhorista priorizar no processo seletivo.

Segundo Mulamba e Mock (1978), uma forma de se obter tais ganhos é através da soma de *ranks*, consistindo na ordenação da classificação dos materiais genotípicos em relação a cada uma das características, de acordo com o interesse do melhorista. Uma vez classificados, as ordens de cada material genético referente a cada característica são somadas, dando origem a uma medida adicional referida como índice de seleção (Cruz et al., 2004).

Granate et al. (2002) obtiveram resultados positivos utilizando o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) para avaliar a população de milho CMS-43; na predição de progresso desejado em altura de planta, produção e capacidade de expansão, utilizaram pesos obtidos, aleatoriamente, por tentativas.

Daros et al. (2004), baseando-se no índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943) para selecionar famílias endogâmicas S_1 superiores, do segundo ciclo de seleção na população UNB-2U (ora UENFV-EXPLOSIVA), obtiveram ganhos preditos de 26,95 % para produção de grãos e de 17,8 % para capacidade de expansão.

2.4. Melhoramento do milho pipoca

No Brasil, o milho pipoca não recebeu a mesma atenção dispensada ao milho comum. Pouco progresso foi obtido no seu melhoramento, dado o número limitado de instituições e melhoristas envolvidos com essa cultura, encontrando-se restrito a poucos pesquisadores de instituições oficiais e, mais recentemente, de algumas empresas privadas de sementes (Rangel et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009; Vieira et al., 2009).

O primeiro ensaio nacional de milho pipoca foi desenvolvido há cerca de quinze anos (Andrade, 1996). Atualmente, instituições como a UENF, UFV, UFLA, UEM, UEL, UFRS, ESALQ e IAC têm mantido programas de melhoramento de milho pipoca, visando diminuir a dependência dos genótipos importados principalmente da Argentina e Estados Unidos da América.

Para se ter uma idéia do atraso do melhoramento de milho pipoca em relação ao milho comum, para a safra 2002/03, estavam disponíveis, no mercado,

206 cultivares de milho, sendo que, desse total, apenas duas eram de milho pipoca (RS 20 e Zélia).

Até recentemente, o melhoramento do milho pipoca, no Brasil, podia ser considerado muito incipiente, haja vista que, na safra de 2007/08, foram disponibilizadas para comercialização 278 cultivares de milho e, para a safra de 2009/2010, apenas quatro das 46 cultivares de milho pipoca registradas tiveram suas sementes disponibilizadas (IAC 112, IAC 125, Pop Ten e Pop Top). As demais empresas produtoras de sementes, com maior número de híbridos norte-americanos registrados (como exemplo a Yoki, com 21 registros), não tiveram seus materiais avaliados em ensaios de competição nacionais (Miranda et al., 2008; Rangel et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009; Vieira et al., 2009; Sawazaki, 2010).

A obtenção de ganhos conjuntos para capacidade de expansão (CE) e rendimento (RG) de grãos não é tarefa fácil em razão da correlação negativa entre ambas. Para tanto, a seleção requer o uso de índices de seleção, que sobrepujam o efeito negativo do sinal da correlação entre CE e RG. Como exemplo de estratégias de melhoramento para obter ganhos em ambas as características, uma opção é o uso de linhas puras selecionadas para cruzamento e obtenção de híbridos simples superiores. Outra opção é o uso de seleção recorrente, havendo, nesse caso, diversas opções, como avaliação de progênies de meios-irmãos, de irmãos-completos, famílias S_1 bem como variantes, como, por exemplo, avaliar progênies de meios-irmãos e recombinar S_1 , de plantas prolíficas (Sawazaki, 1995; Paterniani e Campos, 1999; Miranda et al., 2008). Atualmente, tem sido proposta a seleção recorrente recíproca, com resultados melhores para obtenção de progênies de irmãos-completos entre plantas da geração S_1 de duas populações contrastantes (Faria et al., 2008).

Na implementação dos programas de melhoramento, a preocupação com a reduzida base genética da cultura, que pode ter advindo de seleções do milho comum do tipo “flint” (Kantety et al., 1995), tem despertado o interesse dos pesquisadores. Não por acaso, Miranda et al. (2008) concluíram que, embora seja possível aumentar a rendimento de grãos usando materiais locais, há dificuldade de obtenção de híbridos comerciais desses genótipos no Brasil, devido ao desempenho inferior para capacidade de expansão.

Normalmente, os genótipos tropicais de milho pipoca tendem a contribuir para aumentar o rendimento de grãos, enquanto os de clima temperado têm maior potencial para incrementar a capacidade de expansão. Portanto, em programas de melhoramento se deve atentar para a amplitude genética, bem como a contribuição de materiais com genes para adaptação a ambientes tropicais e temperados. Por exemplo, o programa sob seleção recorrente da UENF, há doze anos, vem trabalhando com a população UNB2U que, a longo prazo, possibilitou o aumento da capacidade de expansão de 20 mL g⁻¹ para 31,13 mL g⁻¹. Todavia, o tempo de seleção massal praticado no início do programa, realizado em Campos dos Goytacazes, pode ter provocado seleção negativa de genes para clima temperado, reduzindo o “teto” de ganhos para capacidade de expansão por ciclo de seleção recorrente (Daros et al., 2002; Daros et al., 2004a; Freitas Júnior et al., 2006; Santos et al., 2007; Rangel et al., 2008; Santos et al., 2008; Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009).

Estudos sobre capacidade combinatória em milho pipoca têm tido destaque nos procedimentos de melhoramento pelos pesquisadores no Brasil. Assim, Zanette (1989) averiguou o desempenho de seis híbridos de pipoca de origem norte americana e constatou o insucesso na identificação de expressiva heterose para rendimentos de grãos e capacidade de expansão. Por sua vez, expressivos efeitos da capacidade geral e específica de combinação foram reportados em milho pipoca por Andrade et al. (2002), Scapim et al. (2002), Viana e Matta (2003), Freitas Júnior et al. (2006), Scapim et al. (2006), Rangel et al. (2007) e Viana et al. (2007).

As estratégias de avaliação de genótipos para composição de composto com ampla variabilidade genética a ser utilizado em programas de melhoramento (Rangel et al., 2007), bem como a avaliação de populações naturais para averiguação do potencial genético para utilização em programas de melhoramento têm sido pesquisadas no Brasil. Exemplificando, Coimbra et al. (2002) estimaram parâmetros genéticos na população DFT1-Ribeirão. O estudo de 121 famílias de meios-irmãos avaliadas em látice quadrado resultou na perspectiva de redução do elevado rendimento, de 4.918,00 Kg ha⁻¹ para 4724,00 Kg ha⁻¹, porém com elevação da capacidade de expansão de 20,00 para 23,00 mL g⁻¹, após a recombinação das progênies selecionadas para a constituição do primeiro ciclo de seleção recorrente.

A seleção recorrente recíproca foi recentemente proposta como procedimento de melhoramento populacional para o milho pipoca (Faria et al., 2008). Na concepção de Faria et al. (2008), a utilização de híbridos oriundos de progênies endogâmicas superiores com famílias de irmãos-completos maximiza a seleção para capacidade específica de combinação, resultando na obtenção de híbridos superiores.

Embora não muito comuns, procedimentos de *test crosses* têm sido utilizados no melhoramento da cultura. Sawazaki et al. (2000), objetivando a síntese de híbridos, utilizaram, como base, as médias dos principais caracteres agrônômicos de *top crosses* e, assim, selecionaram linhagens das variedades Guarani e IAC-64. Como testador, foi requerido um híbrido simples de linhagens da variedade *South American Mushroom* (SAM). De modo geral, as linhagens obtidas destas variedades (Guarani e IAC-64), testadas com IAC HS SAM, expressaram alto potencial para síntese de híbridos, bem como a produção de híbridos triplos com alto rendimento e qualidade (Sawazaki et al., 2000).

Cumpre diferenciar os programas de melhoramento que, normalmente, são desenvolvidos por empresas privadas daqueles conduzidos por instituições públicas. A necessidade de imediato retorno econômico impulsiona as companhias para a obtenção de híbridos simples, simples modificado ou triplo, ao passo que, em instituições públicas como as universidades, o alvo principal é a formação de recursos humanos. Portanto, programas populacionais são mais comuns de serem realizados em universidades. Dentre os procedimentos de seleção recorrente, os mais comuns, no Brasil, são os métodos intrapopulacionais, utilizando famílias de meios-irmãos e, em menor escala, com famílias de irmãos-completos (Scapim et al., 2008; Santos et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009).

2.5. Interação genótipos por ambientes

Na concepção de Chaves (2002), a interação genótipos por ambientes (G x A) é um fenômeno biológico natural que deve ser compreendido de maneira a aproveitá-lo no processo de seleção, considerando que os programas de melhoramento de plantas estão, sempre, visando à obtenção de genótipos com

características agronômicas de interesse como alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes.

Segundo Duarte e Vencovsky (1999), a interação de G x A dificulta a seleção de genótipos amplamente adaptados, uma vez que esse fenômeno avalia a resposta diferencial dos genótipos à variação do ambiente. Outra consequência negativa é a superestimação de ganhos genéticos esperados com a seleção, em consequência de desvios nas estimativas de variância genética, elevando, assim, as chances de insucesso no programa de melhoramento.

A interação G x A é um desafio tanto para a recomendação de cultivares quanto para os programas de melhoramento genético, pois dificulta a indicação de genótipos de interesse para uma ampla gama de ambientes. Como a seleção é realizada com base em médias de vários ambientes, não se tem certeza do processo seletivo ser fidedigno na indicação de genótipos superiores em cada ambiente. Nesse sentido, segundo a concepção de Scapim et al. (2010), há duas estratégias básicas para reduzir os efeitos da interação G x A, a saber: a) seleção de cultivares com alta previsibilidade de comportamento e adaptabilidade a uma ampla gama de condições ambientais, utilizando estatística paramétrica, não-paramétrica e multivariada; e b) a estratificação do ambiente em áreas menores e mais homogêneas, obtendo, com isso, um indicativo para os programas desenvolverem cultivares adaptadas e estáveis a sub-regiões específicas. Esta alternativa é muito onerosa e requer muita demanda de mão-de-obra para a utilização de um número elevado de genótipos. Além disso, a estratificação do ambiente em sub-regiões mais homogêneas facilita a seleção de genótipos mais adaptados e estáveis, porém a interação pode continuar significativa devido ao efeito de ano (Eberhart e Russel, 1966; Scapim et al., 2000; Cruz et al., 2004; Pinto et al., 2009).

Tão importante quanto a detecção da presença de interações G x A, faz-se necessário o conhecimento da natureza dessa interação (Vencovsky e Barriga, 1992). Sob este último aspecto, a interação pode ser simples, quando não afeta, significativamente, a classificação dos genótipos entre ambientes, indicando a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes, generalizando, assim, a recomendação da cultivar, ou complexa, se acaso a classificação dos genótipos entre os ambientes for alterada de maneira significativa, indicando presença de materiais adaptados a ambientes particulares,

restringindo, assim, a área de recomendação da cultivar (Ramalho et al., 1993; Pinto, 2009).

Para amenizar o efeito da interação G x A e seu impacto sobre o processo de seleção e conseqüente recomendação, deve-se implementar os experimentos em um maior número de locais e anos agrícolas possíveis. O estudo minucioso da estabilidade e da adaptabilidade das cultivares, assim como das características de interesse econômico, torna a recomendação do material mais segura. Para muitos autores, o processo de avaliação de genótipos com o objetivo de identificação e recomendação de materiais superiores para diferentes ambientes é tido como uma das etapas mais importantes de qualquer programa de melhoramento (Vencovsky e Barriga, 1992; Ramalho et al., 1993, Farias et al., 1996; Nunes et al., 2002).

A boa compreensão dos efeitos da interação G x A mostra-se de grande importância em programas de melhoramento, porém informações mais detalhadas a respeito de cada genótipo, mediante as variações do meio, não são averiguadas por esse fenômeno. Segundo Cruz et al. (2004), essas informações são obtidas por meio de estudos de adaptabilidade e estabilidade, o que torna possível identificar cultivares a partir da previsibilidade de comportamento e resposta às variações específicas ou amplas do meio ambiente.

Os efeitos da interação G x A na adaptabilidade e estabilidade fenotípica são de grande importância porque cada cultivar apresenta uma capacidade intrínseca de responder à mudança de local (Scapim et al., 2010). Tais efeitos, estatisticamente, não são cumulativos, pois a diferença entre as expressões fenotípicas, de cultivares distintas, é atribuída ao ambiente (Yue et al., 1997).

Para o milho pipoca, segundo Hopkins (1995), as correlações entre os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, ainda, não são bem compreendidas. Por isso, selecionar cultivares, baseando-se, apenas, no rendimento médio da cultura, é uma estratégia pouco eficiente.

2.6. Estabilidade e adaptabilidade

Por mais que a adaptabilidade e a estabilidade se relacionem, elas não podem ser consideradas de forma integrada (Vencovsky e Barriga, 1992). Segundo Ridley (1997), adaptabilidade é uma característica intrínseca do

indivíduo, quantificada por meio de seu desempenho frente a um conjunto de ambientes. Já o termo adaptação se relaciona mais com um processo gradativo pelo qual um indivíduo está sujeito, no intuito de se fixar em um determinado ambiente.

Verma et al. (1978) se referem à adaptabilidade como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem elevados e constantes rendimentos quando em ambientes desfavoráveis, porém com capacidade de corresponder à melhoria das condições ambientais.

Por sua vez, a estabilidade é a previsibilidade do comportamento de um genótipo em função das variações ambientais (Lin et al., 1986; Cruz et al., 2004).

O genótipo ideal, segundo Eberhart e Russel (1966), é aquele que apresenta adaptabilidade geral e que, ao mesmo tempo, seja responsivo ao estímulo do ambiente, comportando-se de maneira estável, ou seja, apresentando um bom desempenho em condições adversas à cultura.

Sob esse ponto de vista, é de suma importância para um programa obter genótipos que apresentem um bom comportamento em mais de uma condição ambiental. Através de análises estatísticas apropriadas, pode-se determinar a estabilidade e adaptabilidade de uma cultivar, ou seja, apresenta-se comportamento estável e responde-se, de maneira previsível, às variações do meio. Segundo Rocha (2002), um procedimento utilizado para analisar tais desempenhos é dividir os efeitos da interação $G \times A$ em efeitos de genótipos e de ambientes, para estimar a contribuição relativa de cada genótipo para a interação total.

Atualmente existem vários métodos de determinação da adaptabilidade e estabilidade, diferindo quanto aos conceitos e procedimentos matemáticos para o desdobramento da interação $G \times A$. Dentre esses métodos, destacam-se aqueles fundamentados em regressões lineares (simples, múltipla e quadrática), análise de variância e multivariada, dentre outros. A escolha do método a ser utilizado pelo melhorista está vinculada ao número de ambientes disponíveis, ao tipo de informação requerida e à precisão experimental necessária.

Segundo Cruz et al. (2004), alguns métodos podem ser utilizados em conjunto, uma vez que uns são considerados alternativos e outros complementares. O mais importante é que os métodos tenham alto grau de concordância em relação aos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade. Nesse

caso, a escolha do método deve recair naquele de simples execução e fácil interpretação.

Na literatura, são descritos vários métodos para estudo da interação entre genótipos e ambientes, dentre os quais se destacam métodos fundamentados na análise de variância (Yates e Cochran, 1938; Plaisted e Peterson, 1959; Wricke, 1965 e Annicchiarico, 1992), em análises não-paramétricas (Lin e Binns, 1988; Huenh, 1990), fundamentados na análise de regressão linear simples (Theil, 1950; Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russel, 1966; Tai, 1971); regressão linear bissegmentada (Verma et al., 1978; Silva e Barreto, 1985; Cruz et al., 1989; Storck e Vencovsky, 1994); regressão quadrática (Brasil e Chaves, 1994); análise multivariada, como o AMMI, do inglês “*additive main effects and multiplicative interaction analysis*” (Zobel et al., 1988, ampliada por Gauch e Zobel, 1996), que combina, num único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais – genótipos e ambientes – e componentes multiplicativos para os efeitos da interação $G \times A$ (Duarte e Vencovsky, 1999); análise multivariada por componentes principais, como a ACP, proposta por Crossa (1990) e a análise multivariada pelo agrupamento dos ambientes, como a propositura de Hanson (1994). Há, também, o método de ranqueamento, proposto por Kang e Phan (1991), que se utiliza de ponderações entre os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de métodos correlacionados e da média das estimativas da característica analisada, normalmente rendimento para classificar os genótipos.

2.6.1. Procedimento paramétrico

2.6.1.1. Método de Yates e Cochran (1938)

Este método, apresentado por Yates e Cochran (1938), propõe a avaliação do comportamento individual de genótipos, quando avaliados em diferentes ambientes. Para isso, deve-se realizar uma análise conjunta dos experimentos (analisar os diferentes genótipos nos vários ambientes) e, em seguida, decompor a soma de quadrados (SQ) devida aos ambientes adicionada à SQ da interação $G \times A$ em somas de quadrados de ambientes dentro de cada genótipo (SQA/G).

De acordo com Daros et al. (2000), o genótipo mais estável é aquele que apresentar menor quadrado médio (menor variância).

Uma vantagem desse método é que pode ser aplicado em situações em que um número restrito de ambientes está disponível, porém sua grande desvantagem é que o parâmetro de estabilidade se mostra pouco preciso (Cruz et al., 2004).

2.6.2. Procedimentos não-paramétricos

2.6.2.1. Método de Plaisted e Peterson (1959)

A proposta desse método se baseou no conhecimento das variações dos efeitos ambientais em cada genótipo e, também, na contribuição relativa de cada genótipo na interação total $G \times A$. Sua vantagem é poder ser utilizado em um número restrito de ambientes. Essa metodologia tem como desvantagens a não caracterização do comportamento individual dos genótipos em diferentes condições ambientais; a baixa precisão do parâmetro de estabilidade; a falta de direcionamento das cultivares frente à variação ambiental e de informações referentes aos ambientes avaliados (Cruz et al., 2004).

2.6.2.2. Método de Wricke (1962)

Ao decompor a soma de quadrados da interação $G \times A$ nas partes devidas dos genótipos isolados, Wricke obteve estimativas que tornaram possível a determinação da contribuição individual dos genótipos para a interação, denominando essa estatística de “ecoalência”.

Segundo esse método, a cultivar de melhor desempenho (considerando a média geral) é aquela que apresenta comportamento mais previsível mediante as variações ambientais.

Esse método compartilha as mesmas desvantagens e vantagens que as metodologias anteriormente citadas, ou seja, o parâmetro estimado refere-se,

apenas, à estabilidade fenotípica e pode ser indicada para ocasiões em que se tem um número restrito de ambientes, respectivamente.

Por ser considerado um método prático, é usualmente indicado quando se trabalha com seleção de progênies superiores, em etapas finais de programas de melhoramento (Rocha et al., 2002).

2.6.2.3. Método de Lin e Binns (1988)

Por essa metodologia, o comportamento dos genótipos é quantificado pelo índice P_i , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de um acesso para um dado ambiente e a resposta máxima para um mesmo ambiente, dentre todos os ambientes avaliados. Dessa forma, o quadrado médio menor indica uma superioridade geral da cultivar em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da rendimento máxima. Assim, mais estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alto rendimento (Farias et al., 1996; Carneiro, 1998; Daros et al., 2000; Cruz e Carneiro, 2006).

Sabe-se, portanto, que a estatística P_i , por considerar o rendimento do genótipo e a resposta relativa deste como coeficiente de regressão igual à unidade, é uma medida de adaptabilidade e a sua flutuação a medida da estabilidade fenotípica (Scapim et al., 2000). De fato, como a estatística P_i ao assumir a resposta relativa do genótipo como coeficiente de regressão igual à unidade, é, pois, uma medida de adaptabilidade, ao passo que sua flutuação refere-se à estabilidade fenotípica, tais propriedades fazem de P_i uma estatística eficiente para avaliar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, mesmo não sendo o conceito mais atual para adaptabilidade (Cruz et al., 2004).

Com o intuito de aprimorar a metodologia de Lin e Binns (1988), acrescentando propriedades que avaliassem o comportamento genotípico de modo mais adequado, Carneiro (1998) sugeriu a decomposição da estatística P_i em ambientes favoráveis e desfavoráveis, sendo, então, o parâmetro P_i denominado de medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento (MAEC).

A facilidade de se trabalhar com a estatística P_i , conseguindo recomendar materiais promissores para diferentes ambientes, torna essa metodologia bastante aplicável (Farias et al., 1996; Daros et al., 2000; Botrel et al., 2005).

2.6.2.4. Método de Huehn (1990)

Utiliza - se de medidas estatísticas não-paramétricas da estabilidade (S_i^1 , S_i^2 e S_i^3), em que S_i^1 é a média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo i , nos ambientes; S_i^2 é a variância das classificações do genótipo i nos ambientes e S_i^3 é a soma dos desvios absolutos de cada classificação, em relação à média das classificações. Segundo Huehn, o genótipo com máxima estabilidade é aquele que apresentar valores de S_i^1 , S_i^2 e S_i^3 iguais a zero.

2.6.2.5. Método de Kang e Phan (1991)

Proposto para avaliar a estabilidade fenotípica, este método de hierarquização de ranques realiza ponderações entre o somatório da produção e os parâmetros de estabilidade, com o intuito de identificar genótipos com alto rendimento e previsibilidade de comportamento.

2.6.3. Comparação de alguns procedimentos paramétricos e não-paramétricos

Tendo em vista as ferramentas biométricas disponíveis para se alcançar o genótipo ideal, vários trabalhos abordaram análises comparativas entre os métodos não paramétricos.

O agrupamento de métodos não-paramétricos por análise de escala multidimensional permite alcançar uma resposta plausível da dissimilaridade entre os métodos (Dehghani e Sabaghpour, 2006; Mohammadi et al., 2007; Mohammadi e Amri, 2008).

Segundo Kang e Phan (1991), uma forma mais exata de se identificar os genótipos mais estáveis é justamente através da ponderação entre os métodos não paramétricos e o parâmetro de estabilidade e média fenotípica. Kang (1988), almejando um novo ranqueamento genotípico pelo rendimento e pela estabilidade. Shukla (1972) propôs esse procedimento, no qual o genótipo com maior rendimento e menor valor de estabilidade é “contemplado” com a menor nota. O resultado da soma desse ranqueamento revela que o genótipo superior é o que apresenta a menor magnitude da soma de *ranks*.

Dehghani e Sabaghpour (2006) enfatizam que a análise multivariada pode ser de grande valia na escolha do procedimento mais adequado para avaliar o desempenho dos genótipos sob diferentes condições ambientais. Esta análise consiste em um agrupamento de métodos não paramétricos, informando a respeito da proximidade entre eles.

Vilhegas (2001) optou por fazer uso de medidas não-paramétricas, em detrimento das que se baseiam em análise de regressão linear simples (paramétricas), por que reduz ou evita a tendenciosidade causada por pontos completamente fora da equação de regressão ajustada e descarta qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos. Além disso, as medidas não-paramétricas são de fácil utilização e interpretação dos dados, não apresentando grandes variações nas estimativas, como, normalmente, observa - se nos métodos paramétricos de estimativa de estabilidade.

A análise de correlação entre os métodos é um dos procedimentos que o pesquisador deve fazer uso para se atentar sobre a proximidade, de forma mais quantitativa, dos resultados entre eles.

Em 2005, Backes et al. estudaram a estabilidade e adaptabilidade de treze genótipos de feijão-comum, em dez localidades do Estado de Santa Catarina, nos anos agrícolas 2000/01 e 2001/02. Fazendo uso de duas metodologias, uma paramétrica (Yates e Cochran, 1938) e uma não-paramétrica (Lin e Binns, 1998), obtiveram pouca concordância entre essas.

Em contrapartida, Elias et al. (2007), estudando a estabilidade e adaptabilidade de linhagens e cultivares de feijão do grupo Carioca, no total de quatorze genótipos, em dez ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) (delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições) por meio de um método não-paramétrico (Annicchiarico, 1992) e dois paramétricos,

fundamentados na regressão (Eberhart e Russel, 1966; e Cruz et al., 1997), concluíram que houve concordância entre as metodologias na indicação de genótipos, com exceção da recomendação para ambientes desfavoráveis.

Testando correlações entre procedimentos não-paramétricos, baseados na média das diferenças absolutas de *rank* (de um genótipo para n ambientes), e o método baseado na variância entre os *ranks* (nos mesmos n ambientes), Flores et al. (1998) obtiveram resultados positivos com feijão-fava (*Vicia faba*).

De forma semelhante, Scapim et al. (2000), em experimentos com milho pipoca, obtiveram correlações positivas e altamente significativas entre os procedimentos utilizados por Flores (1998) e a soma dos desvios absolutos dos genótipos nos ambientes.

Scapim et al. (2010) investigaram as correlações entre as estatísticas de estabilidade e adaptabilidade, para rendimento de grãos e capacidade de expansão, em 19 genótipos de milho pipoca, com o intuito de indicar qual o método mais confiável para selecionar cultivares. Foram analisados os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade dos métodos de Eberhart e Russel ($\hat{\sigma}_{di}^2$ e $\hat{\beta}_i$) e Lin e Binns (P_i) e os parâmetros de estabilidade de Wricke ($\hat{\omega}_i$), Hehn ($S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$), além da soma de classificações de Kang. Os resultados obtidos indicaram que o parâmetro de adaptabilidade ($\hat{\beta}_i$) se correlacionou negativa e significativamente com P_i , indicando que os genótipos mais adaptáveis tendem a ter menor estimativas de P_i . Além disso, verificou-se que os parâmetros de estabilidade de Eberhart e Russel ($\hat{\sigma}_{di}^2$), Wricke e Huhlen se correlacionaram positiva e significativamente, indicando que qualquer uma das cinco estatísticas se mostraram eficientes.

É interessante ressaltar que não há uma metodologia considerada ideal, uma vez que cada método apresenta características intrínsecas das quais o pesquisador, mediante suas necessidades momentâneas, toma como mais adequado aquele que melhor atende ao seu objetivo. Todavia, um procedimento muito recomendável em estudos biométricos consiste na análise da correlação entre os métodos, que revela, de maneira quantitativa, a proximidade dos resultados entre as metodologias utilizadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Locais de instalação dos experimentos e detalhes experimentais

Os experimentos foram implementados no ano agrícola 2009/2010, nos seguintes locais: i) No Colégio Estadual Agrícola de Cambuci (CEAC), região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, situado a 21° 34' 31" de latitude sul e 41° 54' 40" de longitude e a 35 m acima do nível do mar, de clima quente e úmido, com temperatura média anual de 25 °C e precipitação média anual em torno de 1170 mm; e ii) Na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Itaocara, Rio de Janeiro, localizada na Região Noroeste Fluminense, situada a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" W de longitude e a 60 m de altitude, com temperatura média anual de 22,5° C e precipitação média anual de 1041 mm.

Campos dos Goytacazes está localizado à uma distância de 82 km de Cambuci e a 117 km de Itaocara. Os plantios dos experimentos foram realizados, respectivamente, para os locais "i" e "ii", em 07/10/2009 e 24/11/2009.

Os dados obtidos, nesses dois ambientes, foram adicionados aos resultados obtidos por Paula et al. (2010), relativos ao ano agrícola de 2007/2008, totalizando cinco ambientes (Tabela 1).

Tabela 1 – Ambiente, ano agrícola e localização dos ensaios experimentais.

Ambiente	Ano Agrícola	Localidade
1	2007/2008	Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes
2	2007/2008	PESAGRO-RIO – Itaocara
3	2007/2008	PESAGRO-RIO – Campos dos Goytacazes
4	2009/2010	Colégio Agrícola – Cambuci
5	2009/2010	PESAGRO-RIO – Itaocara

As análises químicas dos solos, para os cinco ambientes, foram realizadas pela empresa Fundenor (Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional), e a classificação da estrutura morfológica (Santos et al., 2009), de acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) em paralelo com o Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro, estão disponibilizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação morfológica e análises químicas dos solos dos cinco ambientes estudados.

Ambientes	Classificação Morfológica	Análises Químicas		
		CTC ^{1/}	SB ^{2/}	V(%) ^{3/}
1	Alítico	60,0	13,90	23
2	Distrófico e Sódico	5,70	1,80	32
3	Alítico	7,20	4,20	58
4	Eutrófico	64,80	41,60	64
5	Distrófico e Sódico	45,50	12,70	28

^{1/} CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0, em mmol/dm³; ^{2/} SB – Soma de Bases Trocáveis, em mmol/dm³; ^{3/} V(%) – Índice de Saturação de Bases, em porcentagem.

Cada ensaio foi constituído por dez tratamentos (Tabela 3), em delineamento em blocos casualizados, com três repetições.

A parcela foi composta por duas linhas de 12 metros, espaçadas a 0,9 metros uma da outra e 0,2 metros entre plantas, totalizando 120 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, a uma profundidade de 0,05 metros, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência, restando, apenas, uma planta por cova ao final do processo. A adubação de cobertura e os demais tratos culturais foram realizados conforme o recomendado para a cultura (Sawazaki, 2001).

Tabela 3 – Relação dos genótipos de milho pipoca utilizados e caracterização quanto à procedência, tipo de grão e estrutura populacional.

Genótipos	Procedência	Cor do Grão	Estrutura Populacional
1 - UNB2U-C3	UENF	Amarela	População Experimental
2 - UNB2U-C4	UENF	Amarela	População Experimental
3 – BRS Angela	Embrapa	Branca	Variedade Híbrida
4 – Viçosa	UFV	Amarela	Variedade de Polinização Aberta
5 - Beija-Flor	UFV	Amarela	Variedade de Polinização Aberta
6 - IAC 112	IAC	Alaranjada	Híbrido Simples Modificado
7 - IAC 125	IAC	Alaranjada	Híbrido Triplo
8 – Zélia	Pioneer	Alaranjada	Híbrido Triplo
9 – Jade	Pioneer	Alaranjada	Híbrido Triplo
10 – UFVM2 Barão de Viçosa	UFV	Alaranjada	Variedade Híbrida

3.2. Características avaliadas

Foram avaliadas as duas principais características da cultura do milho pipoca: a) rendimento de grãos (RG); e b) capacidade de expansão dos grãos (CE).

O rendimento de grãos (RG) foi determinado com base na média da parcela, por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expressa em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

A capacidade média de expansão dos grãos (CE) foi determinada em laboratório, pela utilização de forno microondas, colocando-se 30 g de sementes em pote plástico especial obtido nos EUA, na potência de 1000 W, por 2min e 40s, com duas repetições por tratamento. Em seguida, o volume expandido foi quantificado em proveta graduada e a CE foi calculada por meio da razão entre o volume final expandido (mL) e o peso inicial dos grãos (30 g).

3.3. Análise estatística

3.3.1. Análises de variância individual e conjunta

As características avaliadas foram utilizadas em análise de variância individual, conforme o delineamento em blocos casualizados, com três repetições, de acordo com o seguinte modelo estatístico (Hallauer e Miranda Filho, 1981): $Y_{ij} =$

$\mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$. Nesse modelo, μ é a média; G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; B_j é o efeito do j -ésimo bloco; e ε_{ij} é o erro experimental.

O modelo estatístico da ANOVA conjunta foi expresso por: $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{ij} + \varepsilon_{ijk}$, em que μ é a média, G_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo; A_j é o efeito fixo do j -ésimo ambiente; GA_{ij} é o efeito fixo da interação entre genótipos por ambientes; B/A_{ij} é o efeito do k -ésimo bloco dentro j -ésimo ambiente; e ε_{ijk} é o erro experimental (aleatório, independente e normalmente distribuído). O programa Genes (Cruz, 2006) foi utilizado para a realização das análises estatísticas.

Nas Tabelas 4 e 5, há as esperanças de quadrados médios, respectivamente, dos modelos de análise de variância individual e conjunta.

Tabela 4 - Análise de variância individual.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos	$b - 1$	QMB	$\sigma^2 + g \sigma^2_b$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + b \theta_g$
Erro	$(g - 1) (b - 1)$	QME	σ^2
Total	$rg - 1$		

Tabela 5 - Análise de variância conjunta.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos/Ambientes	$a (b - 1)$	QMB	$\sigma^2 + g \sigma^2_b$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + b \sigma^2_{ga} + ab \theta_g$
Ambientes (A)	$a - 1$	QMA	$\sigma^2 + g \sigma^2_b + gb \theta_a$
G x A	$(g - 1) (a - 1)$	QMGA	$\sigma^2 + b \theta_{ga}$
Erro	$a (b - 1) (g - 1)$	QME	σ^2
Total	$gra - 1$		

$$\theta_g = \frac{\sum_k G_i^2}{g - 1}$$

3.3.2. Decomposição da interação em parte complexa

A decomposição da interação em parte complexa foi estimada segundo a proposta de Cruz e Castoldi (1991), na qual a parte complexa foi obtida pela expressão: $C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 Q_2}$, sendo Q_1 e Q_2 os quadrados médios de genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente, e r a correlação entre as médias de genótipos nos dois ambientes.

3.3.3. Estimadores de estabilidade e adaptabilidade fenotípica

3.3.3.1. Método Yates e Cochran (1938)

O método consiste na análise conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos por ambiente, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo. Seu estimador de estabilidade é:

$$QM\left(\frac{A}{Gi}\right) = \frac{r}{a-1} \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right], \text{ em que:}$$

Y_{ij} é a média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, g$) no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, a$); e r é o número de repetições associado ao genótipo.

Os níveis de estabilidade para as características rendimento de grãos e capacidade de expansão foram determinados com base no teste de comparação de variância, feito por meio da estatística F , em que dois genótipos terão o mesmo nível de estabilidade se a razão entre o maior e menor quadrado médio de ambientes dentro de cada genótipo (parâmetro de estabilidade fenotípica) não superar o valor de $F_{(a-1, a-1)5\%}$, onde “ a ” é o número de ambientes.

3.3.3.2. Método de Plaisted e Peterson (1959)

O estimador do parâmetro que descreve a estabilidade ($\hat{\theta}_i$) é a média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de genótipos por ambientes ($\hat{\sigma}_{(g \times a)ii}^2$) que envolve um determinado genótipo, ou seja:

$$\hat{\theta}_i = \frac{1}{g-1} \left[\sum_{i'} \hat{\sigma}_{g \times a_{i'}}^2 \right] \quad (i' \neq i)$$

em que:

$\hat{\sigma}_{(g \times a) i'}^2$ é o componente da interação G x A, estimado pela ANOVA, a partir da análise conjunta de todos os ambientes, para um par de genótipos. Esse método quantifica a contribuição relativa de cada genótipo para a interação genótipos x ambientes e identifica aqueles de maior estabilidade. O genótipo com menor $\hat{\theta}_i$ é considerado o mais estável.

3.3.3.3. Método de Wricke (1962)

A estatística de estabilidade do método de Wricke é denominada “ecoalência” e é estimada decompondo a soma de quadrados da interação genótipos por ambiente nas partes devidas a genótipos isolados. O parâmetro de estabilidade de Wricke ($\hat{\omega}_i$) determina como estabilidade máxima genótipos com

$\hat{\omega}_i = 0$. É obtida por:

$$\hat{\omega}_i = r \sum_j (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2$$

em que:

\bar{Y}_{ij} : média do genótipo i no ambiente j;

$\bar{Y}_{i.}$: média do genótipo i;

$\bar{Y}_{.j}$: média do ambiente j; e

$\bar{Y}_{..}$: média geral

3.3.3.4. Método de Lin e Binns (1988)

A análise de adaptabilidade e estabilidade de Lin e Binns (1988) é expressa por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

em que:

P_i = índice de superioridade da i -ésima cultivar;

X_{ij} = rendimento da i -ésima cultivar plantada no j -ésimo local;

M_j = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j -ésimo local; e

n = número de locais.

Essa expressão é desdobrada em:

$$P_i = \left[n(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2 \right] / 2n$$

em que:

$$\bar{X}_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} / n \text{ e } \bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n.$$

sendo:

\bar{X}_i a média das rendimentos das cultivares obtidas nos “ n ” ambientes; e

\bar{M} a média das respostas máximas de todas as cultivares em todos os ambientes.

Cultivares com baixo índice de superioridade (P_i) são consideradas como genótipos de adaptação ampla.

3.3.3.5. Huehn (1990)

Huehn (1990) sugeriu a avaliação de forma não-paramétrica da estabilidade fenotípica baseada na classificação dos genótipos em cada ambiente, utilizando o princípio da homeostasia para caracterizar os genótipos. No método em questão, um genótipo é considerado estável se a classificação apresentada pelo efeito da interação genótipos x ambientes é similar. Nesse caso, os parâmetros que medem a estabilidade (S_1 , S_2 e S_3) são iguais a zero.

O autor recomenda que os efeitos genotípicos devam ser retirados dos valores

$$Y'_{ij} = Y_{ij} - \frac{\sum Y_{ij}}{a}$$

fenotípicos, da seguinte forma:

Os parâmetros de estabilidade foram estimados a partir de:

i) S_i^1 : médias das diferenças absolutas entre as classificações da cultivar “i” nos ambientes, após a retirada dos efeitos de cultivares (Y'_{ij}):

$$S_{1i} = \frac{\sum_{j < j'} |r_{ij} - r_{ij'}|}{a \frac{a-1}{2}}$$

em que:

r_{ij} : classificação da cultivar i no ambiente j; e

a: número de ambientes.

ii) S_i^2 : variância das classificações da cultivar i nos ambientes, após retirada dos efeitos de cultivares (Y'_{ij}):

$$S_{2i} = \frac{\sum_{j=1}^a \left(r_{ij} - \frac{1}{a} \sum_i r_{ij} \right)^2}{a-1}$$

iii) S_i^3 : soma dos desvios absolutos de cada classificação, em relação à média das classificações, ou seja:

$$S_{3i} = \frac{\sum_{j=1}^a |r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i}$$

com: $\bar{r}_i = \frac{\sum r_{ij}}{a}$,

em que:

\bar{r}_i = média das classificações do genótipo i nos ambientes.

Por esse método, a cultivar com máxima estabilidade expressará estimativas de S_{1i} , S_{2i} e S_{3i} iguais a zero.

3.3.3.6. Método de Kang e Phan (1991)

Por essa metodologia, foi realizado o ranqueamento dos genótipos com base nas estimativas de Yates e Cochran (1938) - $QM_{(A/Gi)}$; de Plaisted e Peterson (1959) - $\hat{\theta}_i$; e ecovalência, de Wricke (1962) - $\hat{\omega}_i$.

Para a realização da hierarquização, os genótipos foram ranqueados em ordem crescente com base nos algoritmos de estabilidade $QM_{(A/G_i)}$; $\hat{\theta}_i$ e $\hat{\omega}_i$ e, a seguir, os genótipos foram ranqueados em ordem decrescente, com base nas estimativas das médias de produção. Os valores do ranqueamento de cada genótipo foram, então, somados, obtendo-se a soma das classificações, que se constituiu o estimador de Kang e Phan (1991).

Por conseguinte, genótipos com menores valores da soma de “ranks” são os mais estáveis e produtivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de variância conjunta

Os resultados das análises das variâncias individuais, referentes aos quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental, para as duas características avaliadas - RG e CE (respectivamente, rendimento de grãos e capacidade de expansão de grãos), nos cinco ambientes (Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes, 2008; PESAGRO-RIO – Itaocara, 2008; PESAGRO-RIO – Campos dos Goytacazes, 2008; Colégio Agrícola – Cambuci, 2009 e PESAGRO-RIO – Itaocara, 2009), encontram-se disponíveis no Anexo.

As estimativas e as significâncias dos quadrados médios da análise de variância conjunta, assim como as médias e os coeficientes percentuais de variação experimental para os dez genótipos de milho pipoca, avaliados em cinco ambientes (Tabela 1), encontram-se na Tabela 6. Nessa mesma Tabela, estão representados os valores da razão entre o maior e menor quadrado médio residual, para as características RG e CE, constatando que houve homogeneidade de variância residual, uma vez que as estimativas foram inferiores a sete, obedecendo, assim, a uma das três pressuposições da análise de variância, conforme Gomes (1990) preconiza: aditividade do modelo, normalidade da amostra e homogeneidade de variância residual.

Tabela 6 – Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de duas características avaliadas em cinco ambientes (A) e em dez genótipos (G) de milho pipoca.

FV	GL	QM ^{1/}	
		CE	RG
Bloco/amb.	10	3,55	729.306,90
G	9	252,71**	1.392.072,60**
A	4	161,83**	5.442.885,13**
G x A	36	25,64**	589.171,91**
Resíduo	90	4,83	256.577,77
Média	-	27,53	1.985,12
CVe (%)	-	7,98	25,51
QMr ⁺ /QMr ⁻	-	3,69	5,39

^{1/} CE = capacidade de expansão, RG = rendimento de grãos. ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Ainda na Tabela 6, observam - se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para as duas características avaliadas, considerando a fonte de variação genótipos, o que indica a existência de variabilidade genética dos genótipos analisados.

Continuando a analisar a Tabela 6, agora considerando a fonte de variação ambientes, vê-se, também, que houve diferença significativa em 1% de probabilidade para as características avaliadas, indicando existência de variabilidade entre locais. Essas diferenças significativas observadas entre os ambientes podem ser explicadas por fatores diversos, como os locais em que os experimentos foram instalados, pequenas diferenças nos tratos culturais, diferenças entre os anos agrícolas de 2007/2008 e 2009/2010 decorrentes de fatores climáticos, além de intempéries que possam ter ocorrido durante o ciclo da cultura em cada localidade.

Nunes et al. (2002), analisando a resposta de nove genótipos de milho pipoca entre cultivares melhoradas e populações experimentais, avaliadas em diferentes condições edafoclimáticas da Região da Zona da Mata de Minas Gerais, verificaram efeitos significativos da interação genótipo por ambientes em relação ao rendimento de grãos e da capacidade de expansão, evidenciando o comportamento diferenciado das cultivares em cada ambiente.

Scapim et al. (2010), após procederem à análise conjunta de 19 genótipos de milho pipoca, entre variedades e híbridos comerciais além de populações experimentais, oriundos das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, para as características rendimento de grãos e capacidade de expansão em 21 e 16

ambientes, respectivamente, considerados distintos, também verificaram que houve interação GxA altamente significativa para as duas características.

Conforme sugerido inicialmente por Brunson (1937) e Lima et al. (1971), as variações da característica capacidade de expansão são afetadas pelas diferenças pelo ambientais, o que leva a suposições de herança quantitativa. Entretanto, segundo o sistema de classificação proposto por Gomes (1990), em relação ao coeficiente de variação, ao analisar a Tabela 6, constata-se que a característica CE expressou valores inferiores a 10% para C_{Ve} (%), indicando ser uma característica avaliada sob boa precisão experimental, ou seja, houve menor influência entre as variações dos tratamentos nos blocos.

Ainda sobre a análise do coeficiente de variação experimental, a característica rendimento de grãos revelou valor superior a 20%, indicando ter, relativamente, baixa precisão experimental nos ambientes avaliados.

Pela existência de interação significativa entre os genótipos avaliados em um determinado número de ambientes, representativos das regiões onde se almeja recomendar cultivares superiores, torna-se necessária a identificação de indivíduos especificamente adaptados a determinada região ou menos afetados pela variação ambiental.

Segundo Cruz et al. (2004), a interação GxA não interfere, apenas, no processo de recomendação de cultivares, mas também torna o trabalho do melhorista mais criterioso, obrigando-o a fazer uso de métodos alternativos no momento da identificação dos genótipos com alto potencial genético.

Já que o efeito da interação GxA é decorrente do comportamento diferencial dos diferentes genótipos nos diferentes ambientes (Ramalho et al., 1993; Pinto et al., 2009), é perfeitamente aceitável que indivíduos que expressem um bom desempenho em um determinado ambiente possam não corresponder da mesma maneira em um local diferente.

Sob esse ponto de vista, torna-se crucial o conhecimento da natureza da interação, assim como a quantificação desse comportamento. Para tal finalidade, faz-se uso de algoritmo para estimação da magnitude de diferença de comportamento dos genótipos nos ambientes ou, mesmo, da ausência de correlação entre genótipos nos ambientes.

4.2. Estimativas das interações complexas

Cruz et al. (2004) afirmam que a interação GxA está associada a dois fatores: o primeiro é proporcionado pela diferença de desempenho dos genótipos entre os ambientes, denominado simples; o segundo é decorrente da ausência de correlação entre os genótipos nos ambientes, definido como complexo.

Qualquer programa de melhoramento genético tem como objetivos básicos a seleção e recomendação de genótipos mais produtivos (Vilela et al., 2008), processos estes dificultados pela ocorrência de interação genótipo por ambientes (Carvalho et al., 2002).

Na Tabela 7, avaliando a natureza da interação GxA, primeiramente para a característica rendimento de grãos (RG), observa-se que das dez possíveis comparações realizadas, entre os cinco ambientes, seis foram do tipo complexa (60%), ou seja, com estimativas acima de 50%. Além destas seis interações complexas, outras duas obtiveram estimativas próximas de 50%, o que torna o critério de escolha relativamente frágil. Esse percentual indica que a maioria dos ambientes avaliados apresenta interação com predominância da parte complexa, tornando os genótipos altamente influenciados pelo ambiente.

Nos ambientes 2 e 5 (Tabela 7), referentes à PESAGRO-RIO – Itaocara (respectivamente, nos anos de 2007/2008 e 2009/2010), houve a maior estimativa de %C, com quase 100% da interação sendo atribuída à parte complexa. Isso revela a realidade das intempéries atuais, possivelmente decorrentes de anos agrícolas atípicos, uma vez que o ambiente é o mesmo, porém o que influenciou, nesse caso, foi o efeito ano.

Constataram-se estimativas de interações complexas com valores inferiores a 50%, em quatro comparações; a saber: i) entre os ambientes 1 x 4 (Colégio Agrícola – Campos, 2007/2008 x Colégio Agrícola – Cambuci, 2009/2010); ii) entre 3 x 4 (PESAGRO-RIO – Campos, 2007/2008 x Colégio Agrícola – Cambuci, 2009/2010); iii) entre 3 x 5 (PESAGRO-RIO – Campos, 2007/2008 x PESAGRO-RIO – Itaocara, 2009/2010); e entre 4 x 5 (Colégio Agrícola – Cambuci, 2009/2010 x PESAGRO-RIO – Itaocara, 2009/2010). Esses resultados revelam interações em que a parte simples se sobrepõe nesses pares de ambientes, indicando que os genótipos avaliados, nesses locais, sofrem

influencia ambiental, porém sem ocasionar mudanças nas indicações dos genótipos mais promissores para esses ambientes.

Tabela 7 – Estimativas das interações complexas (%C), em cinco ambientes, para rendimento de grãos (RG), em dez genótipos de milho pipoca.

Ambientes ^{1/}	Estimativas Percentuais das Interações Complexas (%C)
1 x 2	86,63
1 x 3	73,79
1 x 4	48,12
1 x 5	58,53
2 x 3	81,88
2 x 4	92,38
2 x 5	98,93
3 x 4	22,93
3 x 5	38,80
4 x 5	49,19

^{1/} 1: Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes (2007/2008); 2: PESAGRO-RIO – Itaocara (2007/2008); 3: PESAGRO-RIO – Campos dos Goytacazes (2007/2008); 4: Colégio Agrícola – Cambuci (2009/2010) e 5: PESAGRO-RIO – Itaocara (2009/2010).

Avaliando os resultados, para a característica CE (Tabela 8), pode-se notar que, em seis (60%) dos dez pares de ambientes comparados, a parte complexa da interação GxA foi predominante, com estimativas %C superiores a 50%. Em dois desses pares de ambientes, o percentual estimado fora de 54,45 e 50,66% indicando, assim como para a característica RG, uma certa fragilidade desse sistema de classificação. No entanto, pode-se considerar que a característica CE é uma característica altamente influenciada nos ambientes avaliados.

Pode-se notar que o maior valor obtido para %C ocorreu entre os ambientes 1 x 4 (Colégio Agrícola – Campos, 2007/2008 x Colégio Agrícola – Cambuci, 2009/2010), com 70,99% da interação decorrente da parte complexa (Tabela 8). Em contraposição, a menor estimativa encontrada para %C foi observada entre os pares de ambientes 1 x 3 (Colégio Agrícola – Campos, 2007/2008 x PESAGRO-RIO – Campos, 2007/2008), provavelmente devido à proximidade entre os locais, cerca de 8 km e, também, por se tratar do mesmo ano agrícola.

Robbins e Ashman (1984) e Linares (1987), em estudos relacionados com o milho pipoca, relataram que nem todos os genes que determinam a dureza do endosperma estão envolvidos na expressão da capacidade de expansão, o que favorece a influência do fator ambiental na capacidade dos grãos expandirem.

Tabela 8 – Estimativas das interações complexas (%C), em cinco ambientes, para capacidade de expansão (CE), em dez genótipos de milho pipoca.

Ambientes ^{1/}	Estimativas Percentuais das Interações Complexas (%C)
1 x 2	64,33
1 x 3	12,89
1 x 4	70,99
1 x 5	41,81
2 x 3	62,49
2 x 4	54,45
2 x 5	50,66
3 x 4	66,88
3 x 5	46,95
4 x 5	39,25

^{1/} 1: Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes (2007/2008); 2: PESAGRO-RIO – Itaocara (2007/2008); 3: PESAGRO-RIO – Campos dos Goytacazes (2007/2008); 4: Colégio Agrícola – Cambuci (2009/2010) e 5: PESAGRO-RIO – Itaocara (2009/2010).

5. Análise das estimativas de adaptabilidade e estabilidade

5.1. Método de Yates e Cochran (1938) ou tradicional

O método de Yates e Cochran (1938) é fundamentado na análise de variância e a indicação dos melhores genótipos decorre da observação daqueles que apresentarem os menores *scores*, ou seja, dos mais estáveis, com base nas menores estimativas dos quadrados médios de ambiente dentro de cada genótipo (Vilela et al., 2008). Com o intuito de facilitar a interpretação dos resultados, foram apresentados os níveis de estabilidade obtidos em função do teste de comparação de variância, feito por meio da estatística F (Tabela 9). O valor de $F_{(4, 4)5\%}$, igual a 6,39, foi, portanto, o ponto crítico para classificação dos níveis de estabilidade. Os genótipos mais estáveis foram classificados com o nível “a”, como ilustra a Tabela 9. Vilela et al. (2011) utilizaram metodologia semelhante para inferir sobre os níveis de estabilidade e classificar genótipos de feijão-de-vagem com rendimento superior.

Tabela 9 – Estimativas do parâmetro de estabilidade pelo método de Yates e Cochran (1938), para rendimento de grãos (RG).

FV	GL	QM(A/Gi) ^{1/}	Níveis de Estabilidade
Ambiente	4		-
		5.442.885,13**	
Genótipo	9		-
		1.392.072,60**	
Interação G x A	36		-
		589.171,91**	
Amb/Gen	40		-
		1.074.543,23**	
Amb/ UFVM2 Barão de Viçosa	4	129.608,06	a
Amb/ BRS Angela	4	144.823,01	a
Amb/ UNB2U-C3	4	438.486,08	a
Amb/ Jade	4	657.696,70	b
Amb/ UNB2U-C4	4	759.357,41	B
Amb/ Viçosa	4	978.153,92	b
Amb/ Zélia	4	1.049.174,68	b
Amb/ IAC 112	4	1.382.675,21	b
Amb/ IAC 125	4	2.466.660,91	b
Amb/ Beija-Flor	4	2.738.796,34	b

** = Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, QM(A/Gi)^{1/} = parâmetro de estabilidade fenotípica.

De acordo com esse método, os genótipos que apresentaram as menores estimativas de quadrado médio (nível “a” de estabilidade), para a característica RG, foram, respectivamente, as variedades UFVM2 Barão de Viçosa e BRS Angela e a população experimental UNB2U-C3, portanto consideradas para rendimento de grãos as mais estáveis em todos os ambientes (Tabela 9).

Vicente et al. (2003), ao analisarem a estabilidade de produção em soja, utilizando o método de Yates e Cochran (1938), verificaram que o genótipo mais estável apresentou rendimento de grãos abaixo da média geral. Esse mesmo resultado foi obtido no presente trabalho, como se pode observar nos dados relativos a rendimento médio de cada genótipo nos cinco ambientes (Tabela 10).

Considerando, ainda, a característica RG, os genótipos que apresentaram nível “b” de estabilidade de produção de grãos foram os híbridos triplo IAC 125, Zélia e Jade, o híbrido simples modificado IAC 112, a população experimental UNB2U-C4 e as variedades Viçosa e Beija-Flor (Tabela 9). Além de apresentar-se como uma cultivar de menor estabilidade fenotípica, a variedade Beija-Flor apresentou rendimento de grãos abaixo da média geral (Tabela 10),

demonstrando ser um genótipo de comportamento pouco responsivo nos ambientes analisados.

Tabela 10 – Médias gerais e média das três repetições de cada genótipo quanto a rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE), em cinco ambientes, bem como a alocação dos genótipos de acordo com as médias individuais.

Genótipos	RG (kg ha ⁻¹)	CE (mL g ⁻¹)
UNB2U-C3	1.920,76 (6)	26,21 (7)
UNB2U-C4	2.364,53 (2)	28,80 (5)
BRS Angela	1.875,68 (7)	32,61 (2)
Viçosa	2.132,65 (3)	21,16 (10)
Beija-Flor	1.796,85 (8)	22,24 (9)
IAC 112	2.474,94 (1)	30,64 (3)
IAC 125	1.504,01 (10)	32,89 (1)
Zélia	2.022,22 (5)	29,60 (4)
Jade	2.127,77 (4)	26,99 (6)
UFVM2 Barão de Viçosa	1.631,79 (9)	24,22 (8)
Médias Gerais	1985,12	27,54

Em se tratando da característica capacidade de expansão (CE), observa-se que a cultivar referente ao genótipo dez (UFVM2 Barão de Viçosa) demonstrou ser a menos estável, por apresentar as maiores estimativas do quadrado médio, classificada como nível “b” de estabilidade (Tabela 11).

Os genótipos 1, 2, 3, 4, 7 e 8, respectivamente correspondentes às populações experimentais em terceiro e quarto ciclo de seleção recorrente do programa de melhoramento de milho pipoca da UENF (UNB2U–C3 e UNB2U–C4), às variedades BRS Angela e Viçosa e aos híbridos triplo IAC 125 e Zélia, contiveram os menores valores de quadrado médio, sendo, portanto, classificados como os mais estáveis (nível “a” de estabilidade fenotípica) para CE, pelo método de Yates e Cochran (1938) (Tabela 11).

Galvão et al. (2000), avaliando o comportamento entre híbridos de milho pipoca, classificaram os valores de CE (mL.g⁻¹) como: aceitáveis, para valores entre 18 a 20; bom, entre 21 e 26 e excelente para CE acima de 26. Na comparação entre as estimativas dos ciclos C3 e C4 de UNB-2U, tem-se um resultado promissor para o programa de seleção recorrente da UENF, em razão das respectivas estimativas de CE de 26,21 e 28,80 mL.g⁻¹ (Tabela 10), além da maior estabilidade para CE do ciclo C3 para o C4 (Tabela 11).

Tabela 11 – Estimativas do parâmetro de estabilidade pelo método de Yates e Cochran (1938), para capacidade de expansão (CE).

FV	GL	QM(A/Gi) ^{1/}	Níveis de Estabilidade
Ambiente	4	161,83**	-
Genótipo	9	252,71**	-
Interação G x A	36	25,64**	-
Amb/Gen	40	39,26**	-
Amb/ UNB2U-C4	4	4,81	a
Amb/ BRS Angela	4	6,21	a
Amb/ Viçosa	4	8,61	a
Amb/ UNB2U-C3	4	9,08	a
Amb/ Zélia	4	19,90	a
Amb/ IAC 125	4	21,16	a
Amb/ Beija-Flor	4	38,98	b
Amb/ Jade	4	75,66	b
Amb/ IAC 112	4	89,36	b
Amb/ UFVM2 Barão de Viçosa	4	118,83	b

** = Significativo ao nível de 1 % de probabilidade, CE^{1/} = Capacidade de Expansão, em g.mL⁻¹.

5.2. Método de Plaisted e Peterson (1959)

Os genótipos UNB2U-C4 e Zélia foram os mais estáveis para RG, com percentuais de $\hat{\theta}_i$ de 2,22 e 2,84, respectivamente (Tabela 12). A população experimental UNB2U-C4 obteve a segunda maior média de rendimento de grãos e o híbrido triplo Zélia a quinta maior média para a mesma característica (Tabela 10), o que os tornam genótipos com potencial para recomendação nos ambientes em estudo.

O híbrido triplo IAC 125 e a variedade Beija-Flor, além de expressarem, para a característica rendimento de grãos, as maiores estimativas do parâmetro de estabilidade de Plaisted e Peterson, tais genótipos tiveram um rendimento abaixo da média geral (Tabela 10). Paula et al. (2010), trabalhando com esses mesmos genótipos, no ano agrícola de 2007/2008, verificaram para IAC 125 uma estimativa de média de rendimento de grãos um pouco superior à média geral e, para a variedade Beija-Flor, o resultado encontrado para RG foi inferior à média geral. Nunes et al. (2002) avaliaram o desempenho de genótipos de milho pipoca na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Entre os indivíduos que apresentaram rendimento médio superior à média geral (2.740 kg.ha⁻¹), encontra-se a variedade Beija-Flor. A justificativa para a variedade Beija-Flor não apresentar uma média de

rendimento de grãos satisfatória, nas localidades avaliadas aqui, está, possivelmente, relacionada ao fato de ser uma variedade mais aclimatada a condições com menores temperaturas.

Tabela 12 – Estimativas do parâmetro de estabilidade ($\hat{\theta}_i$) pelo método de Plaisted e Peterson (1959), para rendimento de grãos.

Genótipo	Média	$\hat{\theta}_i$	$\hat{\theta}_i(\%)$
UNB2U-C3	1.920,76	56.210,93	5,07
UNB2U-C4	2.364,53	24.635,04	2,22
BRS Angela	1.875,68	108.115,84	9,75
Viçosa	2.132,65	72.376,86	6,52
Beija-Flor	1.796,85	223.974,70	20,20
IAC 112	2.474,94	198.345,84	17,89
IAC 125	1.504,01	284.640,51	25,67
Zélia	2.022,22	31.539,66	2,84
Jade	2.127,77	49.183,06	4,43
UFVM2 Barão de Viçosa	1.631,79	59.624,65	5,37

As estimativas do parâmetro de estabilidade, para a característica capacidade de expansão (CE), disponibilizadas na Tabela 13, revelam que a população experimental UNB2U-C3 e a variedade híbrida BRS Angela expressaram as maiores estabilidades fenotípicas para a característica CE, ou seja, tiveram os menores valores de $\hat{\theta}_i$. Apesar da UNB2U-C3 ser considerada a mais estável por esse método, obteve resultados para CE inferiores à média geral (Tabela 10).

BRS Angela conteve a segunda melhor média de CE, indicando ser uma cultivar vantajosa para as localidades em estudo (Tabela 10). Resultado semelhante para BRS Angela foi obtido por Paula et al. (2010).

Os genótipos com menor estabilidade para CE foram a variedade comercial UFVM2 Barão de Viçosa e o híbrido triplo Jade com as maiores estimativas de parâmetros (respectivamente, $\hat{\theta}_i = 12,84$ e $10,85$)(Tabela 13).

Tabela 13 – Estimativas do parâmetro de estabilidade ($\hat{\theta}_i$) pelo método de Plaisted e Peterson (1959), para capacidade de expansão.

Genótipo	Média	$\hat{\theta}_i$	$\hat{\theta}_i(\%)$
UNB2U-C3	26,21	3,62	5,22
UNB2U-C4	28,79	6,79	9,79
BRS Angela	32,61	3,79	5,47
Viçosa	21,15	4,58	6,60
Beija-Flor	22,24	3,82	5,50
IAC 112	30,64	10,17	14,66
IAC 125	32,88	4,01	5,78
Zélia	29,60	8,88	12,80
Jade	26,98	10,85	15,64
UFVM2 Barão de Viçosa	24,22	12,84	18,51

5.3. Método de Wricke (1965)

Os resultados referentes às estimativas do parâmetro de estabilidade de Wricke (1965), para rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE), contidas nas Tabelas 14 e 15, respectivamente, revelam que, para RG, os genótipos mais estáveis foram a população experimental UNB2U-C4 e o híbrido triplo Zélia, por expressarem as menores estimativas de ecovalência ($\hat{\omega}_i$). Em contrapartida, o híbrido triplo IAC 125 e a variedade Beija-Flor obtiveram as mais altas estimativas de $\hat{\omega}_i$, sendo, então, consideradas de baixa estabilidade.

Em se tratando da característica capacidade de expansão (CE), os genótipos com menores $\hat{\omega}_i$, portanto mais estáveis fenotipicamente, foram a população experimental UNB2U-C3 ($\hat{\omega}_i = 2,25$) e a variedade comercial BRS Angela ($\hat{\omega}_i = 2,65$).

Os genótipos com maior estimativa de ecovalência, entretanto menos estáveis para CE, foram a variedade comercial UFVM2 Barão de Viçosa ($\hat{\omega}_i = 23,81$) e o híbrido triplo Jade ($\hat{\omega}_i = 19,15$).

Tabela 14 – Estimativas do parâmetro de estabilidade ($\hat{\omega}_i$) pelo método de Wricke (1965), para rendimento de grãos.

Genótipo	Ecovalência ($\hat{\omega}_i$)	$\hat{\omega}_i$ (%)
UNB2U-C3	940.497,28	4,43
UNB2U-C4	258.458,11	1,21
BRS Ângela	2.061.643,38	9,72
Viçosa	1.289.681,33	6,08
Beija-Flor	4.564.194,68	21,51
IAC 112	4.010.611,35	18,91
IAC 125	5.874.576,13	27,69
Zélia	407.597,71	1,92
Jade	788.695,20	3,72
UFVM2 Barão de Viçosa	1.014.233,66	4,78

Tabela 15 – Estimativas do parâmetro de estabilidade ($\hat{\omega}_i$) pelo método de Wricke (1965), para capacidade de expansão.

Genótipo	Ecovalência ($\hat{\omega}_i$)	$\hat{\omega}_i$ (%)
UNB2U-C3	20,78	2,25
UNB2U-C4	89,31	9,67
BRS Ângela	24,45	2,65
Viçosa	41,48	4,49
Beija-Flor	24,94	2,70
IAC 112	162,16	17,56
IAC 125	29,15	3,15
Zélia	134,29	14,54
Jade	176,82	19,15
UFVM2 Barão de Viçosa	219,82	23,81

Nota-se que, pelos resultados obtidos, tanto para rendimento de grãos (RG) quanto para capacidade de expansão (CE), para as metodologias de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), houve elevada concordância. De acordo com Cruz et al. (2004), a perfeita correlação entre esses métodos é decorrente de ambos fundamentarem-se na decomposição da soma de quadrados da interação GxA para a derivação de seus parâmetros de estabilidade ($\hat{\theta}_i$ e $\hat{\omega}_i$, respectivamente).

5.4. Método de Kang e Phan (1991)

Metodologia fundamentada em estatística não-paramétrica utilizada em estudos de estabilidade de comportamento. É um método de simples interpretação dos resultados e fácil execução. Por meio de ponderações do desempenho de cada genótipo com a estimativa de cada parâmetro de estabilidade, os autores deste método propõem uma reclassificação dos genótipos, baseando-se no desempenho e na estabilidade fenotípica.

Os genótipos foram, primeiramente, classificados de acordo com o desempenho (rendimento de grãos e capacidade de expansão), recebendo a menor nota o indivíduo com maior resposta fenotípica, e a magnitude aumenta conforme diminui a resposta do genótipo para esse quesito (RG e CE). O mesmo procedimento foi aplicado aos genótipos, em relação às notas para as estimativas dos parâmetros de estabilidade de cada método ponderado, recebendo a menor nota aquele com maior estabilidade fenotípica (menor estimativa de parâmetro).

Neste trabalho, as ponderações de Kang e Phan (1991) foram feitas em relação aos métodos fundamentados na análise de variância - Yates e Cochran (1938); Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965). A escolha desses métodos recai sobre o fato dos três apresentarem correlação significativa entre os parâmetros de estabilidade (Vilela et al., 2008).

Todos os genótipos foram ranqueados seguindo essa descrição que, ao final da soma dos ranques, destacam-se aqueles com menores valores, correspondendo aos mais estáveis e mais produtivos, ou de maiores valores de CE.

Os resultados referentes ao método de classificação por ranques, de acordo com o desempenho dos genótipos e suas respectivas estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica, estão disponibilizados nas Tabelas 16 e 17.

Analisando, em primeiro momento, o rendimento de grãos, com o somatório dos dois ranqueamentos (RG e parâmetro de estabilidade), para as três ponderações (Yates e Cochran, Plaisted e Peterson, e Wricke), a população experimental UNB2U-C4 deteve a menor nota, sendo, portanto, considerada a de maior rendimento médio e estabilidade de comportamento, concomitantemente. Assim, em ciclos avançados, o programa de seleção recorrente da UENF tem forte perspectiva de recomendação de cultivar para os produtores do Norte e Noroeste Fluminense. O híbrido triplo IAC 125 recebeu a maior nota em todas as

ponderações, sendo, assim, o genótipo de menor rendimento de grãos e estabilidade fenotípica, segundo a metodologia de Kang e Phan (1991).

Nos resultados para a CE, a cultivar BRS Angela (genótipo 3) recebeu a menor nota nos sistemas de ranqueamentos, sendo considerada como a de melhor capacidade de expansão, quando comparada, concomitantemente, com a estabilidade de comportamento. No ranqueamento feito ponderando a capacidade média de expansão de grãos com o parâmetro de estabilidade do método Yates e Cochran (1938), a população experimental UNB2U-C4 foi classificada como a segunda mais estável e expansiva. Para as outras duas ponderações, essa população foi reclassificada para a quarta posição, com a mesma nota do híbrido triplo IAC 112 (genótipo 6) e do híbrido triplo Zélia (genótipo 8). Por conseguinte, resultados alvissareiros são esperados na consecução de novos ciclos de seleção recorrente com UNB2U.

A variedade comercial UFVM2 Barão de Viçosa (genótipo 10) recebeu a maior nota para todas as três ponderações, sendo, então, ao mesmo tempo, considerada como a de menor estimativa de CE e estabilidade para essa característica. Portanto, a priori, não é um genótipo de interesse para as condições edafoclimáticas do Norte e Noroeste Fluminense.

Tabela 16 – Ranqueamento de genótipos pela metodologia de Kang e Phan (1991), aplicado aos procedimentos de Yates e Cochran (1938), de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), para RG.

Genótipos	RG	Ranque RG	Ranque $QM_{(A/Gi)}$	Σ Ranques $QM_{(A/Gi)}$	Ranque $\hat{\theta}_i$	Σ Ranques $\hat{\theta}_i$	Ranque $\hat{\omega}_i$	Σ Ranque $\hat{\omega}_i$
UNB2U-C3	1920,76	6	3	9 (6+3)	4	10 (6+4)	4	10 (6+4)
UNB2U-C4	2364,53	2	5	7 (2+5)	1	3 (2+1)	1	3 (2+1)
BRS Ângela	1875,68	7	2	9 (7+2)	7	14 (7+7)	7	14 (7+7)
Viçosa	2132,65	3	6	9 (3+6)	6	9 (3+6)	6	9 (3+6)
Beija-Flor	1796,85	8	10	18 (8+10)	9	17 (8+9)	9	17 (8+9)
IAC 112	2474,94	1	8	9 (1+8)	8	9 (1+8)	8	16 (8+8)
IAC 125	1504,01	10	9	19 (10+9)	10	20 (10+10)	10	20(10+10)
Zélia	2022,22	5	7	12 (5+7)	2	7 (5+2)	2	7 (5+2)
Jade	2127,77	4	4	8 (4+4)	3	7 (4+3)	3	7 (4+3)
UFVM2 Barão de Viçosa	1631,79	9	1	10 (9+1)	5	14 (9+5)	5	14 (9+5)

RG = rendimento de grãos; $QM_{(A/Gi)}$ = parâmetro de estabilidade pelo método Yates e Cochran (1938); $\hat{\theta}_i$ = parâmetro de estabilidade pelo método de Plaisted e Peterson (1959); $\hat{\omega}_i$ = parâmetro de estabilidade pelo método de Wricke (1965); Σ = somatório dos ranques da RG com o referido parâmetro de estabilidade.

Tabela 17 – Ranqueamento de genótipos pela metodologia de Kang e Phan (1991), aplicado aos procedimentos de Yates e Cochran (1938), de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), para CE.

Genótipos	CE	Ranque CE	Ranque $QM_{(A/Gi)}$	Σ Ranques $QM_{(A/Gi)}$	Ranque $\hat{\theta}_i$	Σ Ranques $\hat{\theta}_i$	Ranque $\hat{\omega}_i$	Σ Ranque $\hat{\omega}_i$
UNB2U-C3	26,21	7	4	11 (7+4)	1	8 (7+1)	1	8 (7+1)
UNB2U-C4	28,80	5	1	6 (5+1)	6	11 (5+6)	6	11 (5+6)
BRS Angela	32,61	2	2	4 (2+2)	2	4 (2+2)	2	4 (2+2)
Viçosa	21,16	10	3	13 (10+3)	5	15 (10+5)	5	15 (10+5)
Beija-Flor	22,24	9	7	16 (9+7)	3	12 (9+3)	3	12 (9+3)
IAC 112	30,64	3	9	12 (3+9)	8	11 (3+8)	8	11 (3+8)
IAC 125	32,89	1	6	7 (1+6)	4	5 (1+4)	4	5 (1+4)
Zélia	29,60	4	5	9 (4+5)	7	11 (4+7)	7	11 (4+7)
Jade	26,99	6	8	14 (6+8)	9	15 (6+9)	9	15 (6+9)
UFVM2 Barão de Viçosa	24,22	8	10	18 (8+10)	10	18 (8+10)	10	18 (8+10)

CE = capacidade Média de expansão; $QM_{(A/Gi)}$ = parâmetro de estabilidade pelo método Yates e Cochran (1938); $\hat{\theta}_i$ = parâmetro de estabilidade pelo método de Plaisted e Peterson (1959); $\hat{\omega}_i$ = parâmetro de estabilidade pelo método de Wricke (1965); Σ = somatório dos ranques da CE com o referido parâmetro de estabilidade.

5.5. Método de Lin e Binns (1988)

Metodologia baseada em estatística não-paramétrica, muito utilizada em estudos de estabilidade e adaptabilidade, caracteriza os genótipos de acordo com um único parâmetro, o índice de superioridade P_i (Farias et al., 1996; Scapim et al., 2000). P_i é estimado a partir do desvio do genótipo i em relação ao material de desempenho máximo em cada ambiente; assim, quanto menor sua estimativa mais adaptado é o genótipo (Cruz e Carneiro, 2006).

Quanto menor o valor de P_i , menor será, também, o desvio em torno do desempenho máximo em cada ambiente; com isso, obrigatoriamente, maior estabilidade estará associada a maior desempenho (Vilhegas et al., 2001).

Em razão da estatística P_i ser o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima de cada ambiente e não a distância simples, ela tem propriedade de variância (pondera pelos desvios de comportamento das cultivares nos ambientes).

A grande vantagem dessa metodologia, segundo Paula et al. (2010), é conseguir identificar os genótipos mais estáveis entre os de maior desempenho, apresentando alta correlação entre a média da característica e o parâmetro de estabilidade.

Scapim et al. (2000) pesquisaram a respeito das correlações entre os parâmetros de Eberhart e Russel, e Lin e Binns, para a cultura do milho, e obtiveram a conclusão de que o coeficiente de regressão de Eberhart e Russell (β_i) foi negativo e, significativamente, correlacionado (em 1% de probabilidade) com o índice de superioridade de Lin e Binns (P_i), indicando que os cultivares mais responsivos tenderam a ter menor P_i . Com base nos resultados desse estudo, pode-se afirmar que P_i expressa, também, adaptabilidade e não apenas estabilidade.

Carneiro (1998) propôs uma modificação no método de Lin e Binns (1988), decompondo P_i em P_{if} (ambientes favoráveis) e P_{id} (ambientes desfavoráveis). Dessa forma, foi possível identificar cultivares com maior estabilidade, ou seja, com baixos valores de P_i e P_{if} , sendo responsivos a ambientes favoráveis e mais adaptados a ambientes desfavoráveis. P_{if} é estimado pelo quadrado médio da distância entre a média da cultivar i e a resposta média máxima entre todas as cultivares para cada

ambiente favorável. Raciocínio análogo é utilizado para estimar P_{id} , porém para os ambientes desfavoráveis.

Os resultados obtidos para as estimativas dos parâmetros de estabilidade, de acordo com a metodologia de Lin e Binns (1988), para rendimento de grãos e capacidade de expansão, são sumarizados nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

Em relação ao rendimento de grãos, os genótipos que expressaram menores estimativas de P_i foram o híbrido simples modificado IAC 112 e a população experimental UNB2U-C4 (8,72 e 15,38, respectivamente). No entanto, estes dois genótipos (respectivamente, IAC 112 e UNB2U-C4) expressaram baixos percentuais de contribuição genética para a interação, ou seja, apesar de apresentarem baixas estimativas de P_i estas não podem ser totalmente atribuídas ao efeito genético dos genótipos (Tabela 18).

Os genótipos 1 e 9, respectivamente correspondentes à população experimental UNB2U-C3 e ao híbrido triplo Jade, expressaram as maiores percentagens de contribuição genética (respectivamente com 90,83 e 90,03%), sendo, portanto, pouco influenciados pelo efeito da variação entre os ambientes estudados. O híbrido triplo Jade expressou o terceiro menor índice de superioridade P_i e, aliado à elevada percentagem de contribuição genética para a interação, torna-se um genótipo estável e adaptado para as regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Paula et al. (2010), analisando o comportamento de dez genótipos de milho pipoca no ano agrícola de 2007/2008, detectaram os genótipos IAC 112 e UNB2U-C4 como superiores aos demais.

O genótipo sete, correspondente ao híbrido triplo IAC 125 foi considerado, segundo o índice de superioridade, como o menos estável para a característica avaliada (Tabela 18).

De acordo com a decomposição do índice P_i , para rendimento de grãos, no intuito de quantificar a resposta dos genótipos nos diferentes ambientes, observou-se que o IAC 112 foi o mais estável, respondendo bem em ambientes favoráveis, além de ser adaptado a ambientes desfavoráveis (menores estimativas de P_{if} e P_{id}) (Tabela 19). O genótipo sete (IAC 125) repetiu o desempenho inferior nessa análise, com as menores estimativas nos dois tipos de ambientes.

Tabela 18 – Estimativas dos parâmetros de estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988), para rendimento de grãos.

Genótipo ^{1/}	Médias	P _i geral/10000	Desvio		%Genética
			Genético	Interação	
1	1920,76	39,88	362281,50	36578,61	90,83
2	2364,53	15,38	83003,40	70885,86	53,93
3	1875,68	50,48	401674,45	103171,76	79,56
4	2132,65	27,62	204365,88	71887,42	73,97
5	1796,85	71,96	475432,10	244162,89	66,06
6	2474,94	8,72	44115,58	43090,43	50,58
7	1504,01	117,21	803865,50	368258,45	68,58
8	2022,22	34,44	281064,53	63333,39	81,61
9	2127,77	23,04	207494,67	22975,77	90,03
10	1631,79	73,63	650011,29	86337,31	88,27

^{1/} 1: UNB2U-C3; 2: UNB2U-C4; 3: BRS Angela; 4: Viçosa; 5: Beija-Flor; 6: IAC 112; 7: IAC 125; 8: Zélia; 9: Jade e 10: UFVM2 Barão de Viçosa.

Tabela 19 – Estimativas dos índices P_{if} e P_{id}, para rendimento de grãos.

Genótipos	P _{if} /10000	Genótipos	P _{id} /10000
IAC 112	5,93	IAC 112	12,90
UNB2U-C4	12,06	BRS Angela	15,88
Jade	20,94	UNB2U-C4	20,37
Zélia	23,90	Jade	26,20
Viçosa	27,33	UNB2U-C3	26,78
Beija-Flor	40,92	Viçosa	28,06
UNB2U-C3	48,62	UFVM2 Barão de Viçosa	45,68
BRS Angela	73,55	Zélia	50,24
UFVM2 Barão de Viçosa	92,26	Beija-Flor	118,52
IAC 125	106,18	IAC 125	133,76

Segundo os resultados encontrados, para a característica CE, o genótipo IAC 125 expressou a maior média de CE para os ambientes avaliados e o menor índice de superioridade ($P_i = 0,82$). No entanto, esse genótipo deteve a menor percentagem de contribuição genética, com 39,69% (Tabela 20).

O pior desempenho para CE foi verificado para o P_i da variedade Viçosa (genótipo 4), além de deter a menor média para a característica em questão. Esse genótipo, entretanto, expressou o segundo melhor percentual genético (97,79%), sendo uma variedade pouco influenciada pelo efeito ambiental.

As populações experimentais UNB2U-C3 (genótipo 1) e C4 (genótipo 2) expressaram resultados satisfatórios para CE nos ambientes avaliados, com estimativas de P_i e percentagem genética, respectivamente de: 29,28 e 95,72%, para o genótipo 1 e 14,12 e 84,99, para o genótipo 2 (Tabela 20).

Tabela 20 – Estimativas dos parâmetros de estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988), para capacidade de expansão.

Genótipo	Médias	P_i geral	Desvio		%Genética
			Genético	Interação	
UNB2U-C3	26,21	29,28	28,03	1,25	95,72
UNB2U-C4	28,79	14,12	12,00	2,12	84,99
BRS Angela	32,61	1,06	0,59	0,47	55,73
Viçosa	21,15	80,42	78,65	1,77	97,79
Beija-Flor	22,24	66,54	65,59	0,95	98,56
IAC 112	30,64	10,15	4,66	5,48	45,94
IAC 125	32,88	0,82	0,33	0,49	39,69
Zélia	29,60	12,63	8,39	4,23	66,51
Jade	26,98	31,34	22,51	8,82	71,83
UFVM2 Barão de Viçosa	24,22	53,51	44,89	8,61	83,90

Na decomposição do índice, verifica-se que o genótipo 7 (IAC 125) também obteve resultado superior nos dois tipos de ambientes (favorável e desfavorável), para capacidade de expansão dos grãos, ocupando a segunda posição em ambos (Tabela 21). O genótipo 6 (IAC 112) foi o mais responsivo em ambientes favoráveis, e o genótipo 3 (BRS Angela) o melhor em ambientes desfavoráveis e terceiro mais estável em ambientes favoráveis. A população experimental UNB2U-C4 foi classificada, por essa metodologia, como a terceira mais responsiva em ambientes desfavoráveis, para a característica CE, o que expressa a boa resposta desse genótipo em condições desfavoráveis (Tabela 21).

Tabela 21 – Estimativas dos índices P_{if} e P_{id} , para capacidade de expansão.

Genótipos	P_{if}	Genótipos	P_{id}
IAC 112	0	BRS Angela	0,28
IAC 125	0	IAC 125	1,03
BRS Angela	4,17	UNB2U-C4	9,52
Jade	7,56	Zélia	11,28
UFVM2 Barão de Viçosa	8,69	IAC 112	12,68
Zélia	18,02	UNB2U-C3	28,26
UNB2U-C4	32,51	Jade	37,28
UNB2U-C3	33,34	UFVM2 Barão de Viçosa	64,71
Beija-Flor	42,01	Viçosa	72,40
Viçosa	112,50	Beija-Flor	72,68

5.6. Huehn 1990

Esse autor propôs, como medida de estabilidade, as estatísticas não-paramétricas $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$, baseadas na classificação dos genótipos em cada ambiente, definindo as cultivares estáveis como aquelas cuja posição em relação aos demais genótipos permaneceram inalteradas no conjunto de ambientes avaliados.

Segundo Scapim et al. (2000), esse modelo, além de não ter as limitações dos modelos paramétricos, reduz ou evita os erros causados por pontos fora da equação de regressão, e seus parâmetros são de fácil utilização e simples interpretação, podendo ser empregado em ensaios de competição e programas de melhoramento onde a ordem de classificação dos genótipos é de fundamental importância.

Apesar da simplicidade de obtenção das estatísticas que avaliam a estabilidade, o método de Huehn (1990) tem recebido algumas críticas, inerentes ao processo de classificação. A primeira é a de não levar em consideração a magnitude dos valores obtidos; outro aspecto é que as estatísticas $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$ contemplam a estabilidade, independente da classificação ser boa ou ruim. Dessa forma, as estatísticas só serão úteis se consideradas simultaneamente à média de desempenho dos genótipos avaliados (Cruz e Carneiro, 2006).

Silva e Duarte (2006) preconizam que o genótipo com máxima estabilidade fenotípica é aquele que apresenta valores iguais a zero para as três estatísticas (S^1 , S^2 e S^3).

Huehn et al. (1990) aplicaram testes de significância, baseados na distribuição normal, para as medidas $S_i^{(1)}$ (média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo i nos ambientes) e $S_i^{(2)}$ (variância das classificações do genótipo i nos ambientes) afirmando que, para o uso eficaz dos parâmetros de estabilidade, deve-se fazer uso de aplicações práticas referentes a três aspectos essenciais: i) as relações entre diferentes medidas estatísticas de estabilidade fenotípica (paramétricas e não-paramétricas); ii) a consistência das relações entre os parâmetros de estabilidade e iii) a repetibilidade dos parâmetros de estabilidade.

Segundo Scapim et al. (2010), $S_i^{(1)}$ e $S_i^{(2)}$ são funções apenas da estabilidade enquanto que o valor numérico $S_i^{(3)}$ leva em conta tanto o rendimento da cultura quanto a estabilidade da mesma.

Os resultados encontrados para os parâmetros de estabilidade, de acordo com a metodologia de Huehn (1990), para rendimento de grãos e capacidade de expansão, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 22 e 24.

De acordo com os resultados, para a característica rendimento de grãos, o genótipo dez (UFVM2 Barão de Viçosa) foi considerado o mais estável dentre todos os demais, com a menor estimativa dos parâmetros $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$. No entanto, pode-se constatar que esse genótipo não aproveitou, vantajosamente, o estímulo dos ambientes, ocupando as últimas classificações em todos eles (Tabela 23). Este resultado indica que essa variedade, apesar de não produzir bem, é altamente estável para o Norte e Noroeste Fluminense. A população experimental UNB2U-C4 também obteve boas estimativas de parâmetros para rendimento de grãos, sendo o segundo genótipo mais estável, de acordo com $S_i^{(1)}$ e $S_i^{(2)}$, respectivamente com valores de 1,60 e 1,80 (Tabela 22). Ainda para a característica rendimento de grãos, de acordo com $S_i^{(1)}$, os genótipos 3 (BRS Angela) e 7 (IAC 125) foram os menos estáveis, e, para $S_i^{(2)}$, o genótipo 5 (Beija-Flor) juntou-se ao IAC 125 para ocupar a maior estimativa, com 10,80 (Tabela 22).

Tabela 22 – Estimativas dos parâmetros de estabilidade proposto por Huehn (1990), para rendimento de grãos.

Genótipo	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$
UNB2U-C3	3,60	8,80	1,62
UNB2U-C4	1,60	1,80	2,33
BRS Angela	3,80	9,50	2,00
Viçosa	3,00	5,70	2,42
Beija-Flor	3,60	10,80	1,69
IAC 112	2,80	5,20	2,87
IAC 125	3,80	10,80	1,56
Zélia	1,60	2,30	0,96
Jade	3,20	7,00	2,00
UFVM2 Barão de Viçosa	1,40	1,30	0,51

Quanto à classificação dos genótipos em todos os ambientes, de acordo com a rendimento de grãos, verifica-se que a população UNB2U-C4 deteve bons desempenhos com classificações, variando de 1 a 4 nos cinco ambientes avaliados (Tabela 23).

Tabela 23 – Classificação dos genótipos em cada ambiente pelo método de Huehn (1990), de acordo com o rendimento de grãos.

Gen\Amb	1	2	3	4	5
UNB2U-C3	2	8	10	6	6
UNB2U-C4	1	3	1	3	4
BRS Angela	3	10	6	8	3
Viçosa	4	7	1	2	5
Beija-Flor	7	1	9	7	9
IAC 112	6	5	3	1	1
IAC 125	8	2	7	10	10
Zélia	5	4	5	5	8
Jade	9	6	4	4	2
UFVM2 Barão de Viçosa	10	9	8	9	7

1 - melhor desempenho; 10 - pior desempenho

Para CE, a população 5 (Beija-Flor) foi a mais estável por expressar as menores estimativas dos parâmetros $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$ (0,80; 0,50 e 0,22, respectivamente) (Tabela 24).

Os genótipos 6 (IAC 112) e 9 (Jade) revelaram as maiores estimativas dos parâmetros de estabilidade $S_i^{(1)}$ e $S_i^{(2)}$, ambos com valores de 3,20 e 7,20,

respectivamente. O genótipo IAC 112, também, expressou a maior estimativa de $S_i^{(3)}$ (3,50), sendo considerado, ao lado do genótipo Jade, o menos previsível para CE (Tabela 24).

Tabela 24 – Estimativas dos parâmetros de estabilidade propostas por Huehn (1990), para capacidade de expansão.

Genótipo	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$
UNB2U-C3	1,20	1,20	0,53
UNB2U-C4	1,60	2,00	1,20
BRS Angela	1,00	0,70	1,45
Viçosa	1,00	0,70	0,34
Beija-Flor	0,80	0,50	0,22
IAC 112	3,20	7,20	3,50
IAC 125	1,60	2,00	3,00
Zélia	2,00	2,70	1,62
Jade	3,20	7,20	1,58
UFVM2 Barão de Viçosa	2,40	3,80	1,02

Em relação à classificação dos genótipos quanto à capacidade de expansão, nos cinco ambientes (Tabela 25), segundo a metodologia de Huehn (1990), o material 7 (IAC 125) foi o que apresentou melhores resultados, com constância em todas as localidades. Em contraposição, os genótipos 4 (Viçosa) e 5 (Beija-Flor) foram classificados como os de menor estabilidade para expressão da CE na maioria dos ambientes analisados (Tabela 25).

Tabela 25 – Classificação dos genótipos em cada ambiente pelo método de Huehn (1990), de acordo com a capacidade de expansão.

Gen\Amb	1	2	3	4	5
UNB2U-C3	7	7	5	8	7
UNB2U-C4	4	4	4	7	6
BRS Angela	3	2	2	3	1
Viçosa	8	9	10	10	9
Beija-Flor	9	8	9	9	10
IAC 112	5	1	7	1	2
IAC 125	1	3	1	1	4
Zélia	2	5	3	6	5
Jade	6	10	6	4	3
UFVM2 Barão de Viçosa	10	6	8	5	8

1 - melhor desempenho; 10 - pior desempenho

Scapim et al. (2010) avaliaram as correlações entre as estimativas de estabilidade e adaptabilidade de cultivares de milho pipoca, para as características rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE). Os resultados deste trabalho revelaram que os parâmetros $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$ não se correlacionaram com a RG e CE das cultivares avaliadas. Segundo os autores, a inclusão de diferentes métodos, paramétricos e não-paramétricos, de estimação da estabilidade e adaptabilidade é aconselhada para aumentar a confiabilidade das correlações entre as estatísticas e, sobretudo, da predição do comportamento dos genótipos.

5.7. Associação entre os métodos de estabilidade e adaptabilidade

Nas Tabelas 26 e 27, encontram-se os genótipos selecionados pelas metodologias de estabilidade e adaptabilidade, respectivamente para produtividade média de grãos e capacidade de expansão. Nessas Tabelas, podem-se observar, claramente, quais genótipos se destacaram para cada método, resumindo, assim, todos os resultados obtidos anteriormente.

Tabela 26 – Genótipos selecionados pelas metodologias de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965), Kang e Phan (1991), Lin e Binns (1988) e Huehn (1990) para rendimento de grãos.

Métodos	Genótipos ^{1/}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yates e Cochran (1938)	X		X							X
Plaisted e Peterson (1959)		X								
Wricke (1965)		X								
Kang e Phan (1991)/Yates e Cochran (1938)		X								
Kang e Phan (1991)/Plaisted e Peterson (1959)		X								
Kang e Phan (1991)/Wricke (1965)		X								
Lin e Binns (1988)*	X								X	
Huehn (1990)										X

^{1/} 1: UNB2U-C3; 2: UNB2U-C4; 3: BRS Angela; 4: Viçosa; 5: Beija-Flor; 6: IAC 112; 7: IAC 125; 8: Zélia; 9: Jade e 10: UFVM2 Barão de Viçosa; parâmetros de estabilidade e adaptabilidade.

Tabela 27 – Genótipos selecionados pelas metodologias de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965), Kang e Phan (1991), Lin e Binns (1988) e Huehn (1990) para capacidade de expansão.

Métodos	Genótipos ^{1/}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yates e Cochran (1938)	X	X	X	X			X	X		
Plaisted e Peterson (1959)	X									
Wricke (1965)	X									
Kang e Phan (1991)/Yates e Cochran (1938)				X						
Kang e Phan (1991)/Plaisted e Peterson (1959)				X						
Kang e Phan (1991)/Wricke (1965)				X						
Lin e Binns (1988)*	X	X								
Huehn (1990)						X				

^{1/} 1: UNB2U-C3; 2: UNB2U-C4; 3: BRS Angela; 4: Viçosa; 5: Beija-Flor; 6: IAC 112; 7: IAC 125; 8: Zélia; 9: Jade e 10: UFVM2 Barão de Viçosa; * parâmetros de estabilidade e adaptabilidade.

As Tabelas 7 e 8 expõem as associações entre os métodos para as características rendimento de grãos e capacidade de expansão, respectivamente, de acordo com a correlação de Spearman (r).

Para as características RG e CE, respectivamente, 29,67 e 32,96% dos algoritmos revelaram significância estatísticas em 5 e 1% de probabilidade, denotando que, em parte, estes métodos possuem concordância.

Segundo o coeficiente de Spearman, para rendimento de grãos e capacidade de expansão, em dois métodos fundamentados em análise de variância, Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), houve total correlação ($r = 1$). Esta concordância perfeita entre as estimativas dos parâmetros desses dois métodos de estabilidade revela que a indicação de cultivares é a mesma, independentemente do método, e que o uso de ambos é desnecessário, porém a ecovalência de Wricke (1965) possui a vantagem de decompor a soma de quadrados da interação GxA nas partes devidas a genótipos isolados. Segundo Cruz e Carneiro (2003), esta semelhança advém do fato de ambos utilizarem a decomposição da soma de quadrados da interação GxA para derivação de seus parâmetros de estabilidade. Vilela et al. (2011), Cargnelluti Filho et al. (2009) e Silva e Duarte (2006) também obtiveram o mesmo resultado para rendimento de grãos, em estudos de estabilidade e adaptabilidade em feijão-de-vagem, milho e soja, respectivamente.

Para CE, o parâmetro de estabilidade do método de Yates e Cochran (1938) se correlacionou positivamente e altamente significativo com os parâmetros de Lin e Binns (1988), tanto para ambientes favoráveis (P_{if}) quanto para ambientes desfavoráveis (P_{id}).

Ainda para CE, o parâmetro de Plaisted e Peterson (1959) apresenta alta correlação entre os parâmetros de Lin e Binns (1988) (P_{if} : $r = 0,75$ e P_{id} : $r = 0,78$) e de Huehn (1990) ($S_i^{(1)}$: $r = 0,82$ e $S_i^{(2)}$: $r = 0,82$). A partir dessas significativas concordâncias entre os parâmetros, pode-se inferir que os genótipos indicados como mais estáveis pelas metodologias de Yates e Cochran (1938) e de Plaisted e Peterson (1959) ou Wricke (1965), possivelmente, sejam adaptados e estáveis tanto para ambientes favoráveis, quanto para ambientes desfavoráveis, para capacidade de expansão.

Com a utilização da metodologia de Kang e Phan (1991), em relação à rendimento de grãos, o método de Yates e Cochran (1938) passou a se correlacionar positivamente ($P < 0,01$) com os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), ambos também ponderados por esta mesma metodologia de ranqueamento. Ainda sobre o efeito da ponderação sobre o método de Yates e Cochran (1938), para RG, houve um acentuado aumento da correlação de seu parâmetro de estabilidade com os parâmetros de Lin e Binns (1988), passando a ser positivamente correlacionado em 1% de probabilidade com P_{ig} ($r = 0,76$) e P_{id} ($r = 0,85$). Por fim, e não menos importante, também passou a ser negativamente correlacionado com o parâmetro de estabilidade $S_i^{(3)}$ ($r = - 0,63$) de Huehn (1990).

A ponderação proposta por Kang e Phan (1991) tornou o parâmetro de Plaisted e Peterson (1959) altamente correlacionado com todos os parâmetros de Linn e Binns (1988): P_{ig} (0,85), P_{if} (0,82) e P_{id} (0,77), para rendimento de grãos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Vilela et al. (2011), o que ressalta a utilidade do método de Kang e Phan (1991), gerando maior robustez aos dados, especificamente em relação às estimativas dos parâmetros do método de Yates e Cochran (1938) e de Plaisted e Peterson (1959).

Analisando a utilidade da metodologia de Kang e Phan (1991), agora para a característica capacidade de expansão, pode-se observar que resultado semelhante ao encontrado para rendimento de grãos não fora obtido. As ponderações de Kang e

Phan (1991) para CE, em relação ao método de Yates e Cochran (1938), tornaram-na, apenas, altamente significativa entre os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965), também ponderados por esse mesmo sistema de ranqueamento. No entanto, resultou na diminuição acentuada das correlações entre todos os parâmetros dos métodos de Lin e Binns (1988). Plaisted e Peterson (1959), também, sofreram brusca redução de suas correlações entre os demais parâmetros dos variados métodos, após ponderação por Kang e Phan (1991). O mesmo, também, ocorreu com os parâmetros de Wricke (1965), em que, após ponderação por Kang e Phan (1991), passaram a não se correlacionar com nenhum outro parâmetro de estabilidade. Nesse caso, pode-se dizer que a utilização da metodologia de Kang e Phan (1991), para capacidade de expansão, não revelou atribuições positivas para os dados deste trabalho.

Os parâmetros de Lin e Binns (1988), para a característica rendimento de grãos, passaram a se correlacionar com os parâmetros do método de Yates e Cochran (1938) e de Plaisted e Peterson (1959) após estes serem ponderados por Kang e Phan (1991). O mesmo não ocorreu com o parâmetro de Wricke (1965), não havendo diferença significativa de correlação com Lin e Binns (1988), com ou sem ponderação por Kang e Phan (1991). Cargnelutti Filho et al. (2009) e Scapim et al. (2010) , também , não obtiveram correlações significativas entre o parâmetro de Wricke (1965) e os parâmetros de Lin e Binns (1988), para as culturas de milho e milho pipoca, respectivamente.

Para capacidade de expansão, os parâmetros dos métodos de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965) que se correlacionavam com os parâmetros de Lin e Binns (1988) passaram a não mais estabelecer concordância após ponderação por Kang e Phan (1991).

Comparando os métodos fundamentados em estatísticas não-paramétricas, para a característica rendimento de grãos, o parâmetro de estabilidade $S_i^{(1)}$ de Huehn (1990) não revelou correlação significativa com os parâmetros de Linn e Binns (1988). Resultado semelhante foi obtido por Scapim et al. (2000). O parâmetro $S_i^{(2)}$ foi significativamente ($P < 0,05$) correlacionado com os parâmetros de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1965). E, assim como os resultados obtidos por Cargnelutti Filho et al. (2009) e Scapim et al. (2010), $S_i^{(2)}$ é altamente ($P < 0,01$)

concordante com $S_i^{(1)}$. Para $S_i^{(3)}$, observa-se correlação negativa e significativa ($P < 0,05$) entre todos os parâmetros de Lin e Binns (1988). De acordo com tais resultados, pode-se inferir que genótipos mais indicados pelo método de Huehn (1990) (menores escores de $S_i^{(3)}$) são os menos indicados pelo método de Lin e Binns (1988) (maiores escores de P_{ig} , P_{if} e P_{id}).

Observa-se, também, uma elevada e positiva significância ($P < 0,01$) entre P_{ig} , P_{if} e P_{id} de Lin e Binns (1988), para rendimento de grãos e capacidade de expansão, o que, possivelmente, deve-se à relativa concordância nas classificações dos genótipos nos dois tipos de ambientes: favoráveis e desfavoráveis.

Ainda comparando as estimativas dos algoritmos dos métodos não-paramétricos, agora para a característica capacidade de expansão, observa-se que os parâmetros $S_i^{(1)}$ e $S_i^{(2)}$ de Huehn (1990) exibiram alta concordância ($P < 0,01$) entre eles e entre os parâmetros de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1965). Também expressaram correlação positiva ($P < 0,05$) entre o parâmetro P_{id} de Lin e Binns (1988). Esses parâmetros também se expressaram negativamente correlacionados ($P < 0,01$) com P_{ig} de Lin e Binns (1988), para a capacidade de expansão, o que torna a indicação de genótipos pelo método de Huehn (1990) a menos ressaltada pela metodologia de Lin e Binns (1988).

Scapim et al. (2010) investigaram as correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de alguns métodos como os de Wricke (1965), Huehn (1990), Lin e Binns (1988) e Kang (1988), no intuito de identificar qual método é mais confiável para selecionar cultivares de milho pipoca. Segundo esses autores, $\hat{\omega}_i$, $S_i^{(1)}$, $S_i^{(2)}$ e $S_i^{(3)}$ foram, positivamente e significativamente, correlacionados, indicando que, apenas, uma dessas estatísticas é suficiente para a seleção de genótipos estáveis de milho pipoca.

Por fim, a análise das respostas entre as correlações dos métodos se mostrou como aguardado, determinante e revelativo. Tanto para rendimento médio de grãos, quanto para capacidade de expansão: Plaisted e Peterson (1959) ou Wricke (1962), não há necessidade de se testar ambos; Huehn (1990), a estatística P_i de Lin e Binns (1988) e o sistema de soma de *ranks* de Kang e Phan (1988) são estatísticas úteis em programas de melhoramento.

Tabela 28 – Estimativas das correlações entre os métodos de estabilidade e adaptabilidade, segundo o coeficiente de Spearman, (r) para rendimento de grãos.

	Plaisted e Peterson ($\hat{\theta}_i$)	Wricke ($\hat{\omega}_i$)	Yates e Cochran ponderado por Kang e Phan	Plaisted e Peterson ponderado por Kang e Phan	Wricke ponderado por Kang e Phan	Lin e Binns (P _{ig})	Lin e Binns (P _{if})	Lin e Binns (P _{id})	Huhen (S _i ¹)	Huhen (S _i ²)	Huhen (S _i ³)
Yates e Cochran (QM _(A/G))	0,4788 ^{ns}	0,4788 ^{ns}	0,4877 ^{ns}	0,1651 ^{ns}	0,3963 ^{ns}	-0,030 ^{ns}	-0,224 ^{ns}	0,14025 ^{ns}	0,2018 ^{ns}	0,4012 ^{ns}	0,1763 ^{ns}
Plaisted e Peterson ($\hat{\theta}_i$)		1,00 ^{**}	0,6128 ^{ns}	0,8440 ^{**}	0,9512 ^{**}	0,4909 ^{ns}	0,4545 ^{ns}	0,4878 ^{ns}	0,5994 ^{ns}	0,6687 [*]	0,0547 ^{ns}
Wricke ($\hat{\omega}_i$)			0,6128 ^{ns}	0,8440 ^{**}	0,9512 ^{**}	0,4909 ^{ns}	0,4545 ^{ns}	0,4878 ^{ns}	0,5994 ^{ns}	0,6687 [*]	0,0547 ^{ns}
Yates e Cochran ponderado por Kang e Phan				0,7352 [*]	0,7014 [*]	0,7691 ^{**}	0,6128 ^{ns}	0,8524 ^{**}	0,2335 ^{ns}	0,3888 ^{ns}	-0,6366 [*]
Plaisted e Peterson ponderado por Kang e Phan					0,9046 ^{**}	0,8563 ^{**}	0,8257 ^{**}	0,7784 ^{**}	0,5926 ^{ns}	0,6442 [*]	-0,398 ^{ns}
Wricke ponderado por Kang e Phan						0,6036 ^{ns}	0,5427 ^{ns}	0,5552 ^{ns}	0,5107 ^{ns}	0,5871 ^{ns}	-0,165 ^{ns}
Lin e Binns (P _{ig})							0,9515 ^{**}	0,9512 ^{**}	0,3975 ^{ns}	0,4437 ^{ns}	-0,7598 [*]
Lin e Binns (P _{if})								0,8536 ^{**}	0,4526 ^{ns}	0,4194 ^{ns}	-0,6687 [*]
Lin e Binns (P _{id})									0,3046 ^{ns}	0,3945 ^{ns}	-0,7308 [*]
Huhen (S _i ¹)										0,9570 ^{**}	0,0644 ^{ns}
Huhen (S _i ²)											0,0061 ^{ns}

ns = não significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 29 – Estimativas das correlações entre os métodos de estabilidade e adaptabilidade, segundo o coeficiente de Spearman (r), para capacidade de expansão.

	Plaisted e Peterson ($\hat{\theta}_i$)	Wricke ($\hat{\omega}_i$)	Yates e Cochran por Kang e Phan	Plaisted e Peterson por Kang e Phan	Wricke por Kang e Phan	Lin e Binns (P_{ig})	Lin e Binns (P_{if})	Lin e Binns (P_{id})	Huhen (S_i^1)	Huhen (S_i^2)	Huhen (S_i^3)
Yates e Cochran ($QM_{(A/G)}$)	0,6121 ^{ns}	0,6121 ^{ns}	0,3564 ^{ns}	0,2691 ^{ns}	0,4390 ^{ns}	0,1515 ^{ns}	0,8024 ^{**}	0,7818 ^{**}	0,5871 ^{ns}	0,5871 ^{ns}	0,2363 ^{ns}
Plaisted e Peterson ($\hat{\theta}_i$)		1,00 ^{**}	-0,1688 ^{ns}	-0,428 ^{ns}	-0,274 ^{ns}	0,1636 ^{ns}	0,7538 [*]	0,7818 ^{**}	0,8257 ^{**}	0,8257 ^{**}	0,3697 ^{ns}
Wricke ($\hat{\omega}_i$)			-0,1688 ^{ns}	-0,428 ^{ns}	-0,274 ^{ns}	0,1636 ^{ns}	0,7538 [*]	0,7818 ^{**}	0,8257 ^{**}	0,8257 ^{**}	0,3697 ^{ns}
Yates e Cochran por Kang e Phan				0,7352 [*]	0,7014 [*]	-0,125 ^{ns}	0,3920 ^{ns}	0,3689 ^{ns}	-0,236 ^{ns}	-0,236 ^{ns}	0,0250 ^{ns}
Plaisted e Peterson por Kang e Phan					0,9046 ^{**}	-0,116 ^{ns}	0,0981 ^{ns}	0,0672 ^{ns}	-0,432 ^{ns}	-0,432 ^{ns}	-0,171 ^{ns}
Wricke por Kang e Phan						-0,244 ^{ns}	0,1529 ^{ns}	0,1280 ^{ns}	-0,215 ^{ns}	-0,215 ^{ns}	0,0853 ^{ns}
Lin e Binns (P_{ig})							0,0608 ^{ns}	0,0545 ^{ns}	-0,238 ^{ns}	-0,238 ^{ns}	-0,806 ^{**}
Lin e Binns (P_{if})								0,9969 ^{**}	0,6288 ^{ns}	0,6288 ^{ns}	0,3708 ^{ns}
Lin e Binns (P_{id})									0,6361 [*]	0,6361 [*]	0,3818 ^{ns}
Huhen (S_i^1)										1,00 ^{****}	0,6972 [*]
Huhen (S_i^2)											0,6972 [*]

ns = não significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (G x A) e estudar a estabilidade e adaptabilidade do rendimento de grãos (RG) e da capacidade de expansão (CE) de dez genótipos de milho pipoca de diferentes origens, foram instalados experimentos em Campos dos Goytacazes, Cambuci e Itaocara, regiões Norte e Noroeste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram compostas por 120 plantas, ocupando cada uma 21,6 m² de área útil. A análise de variância individual revelou diferenças significativas para as duas características, nas localidades avaliadas, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Pela análise de variância conjunta, verificou-se interação significativa entre genótipos por ambientes, em nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para RG e CE. Os resultados obtidos revelaram que, tanto para RG quanto para CE, em seis (60%), dos dez pares de ambientes comparados, a parte complexa da interação GxA foi predominante, com estimativas das interações complexas (%C) superiores a 50%, indicando ser uma característica altamente influenciada nos ambientes avaliados. Quanto à estabilidade e adaptabilidade, o método Yates e Cochran revelou serem mais estáveis as cultivares UFV2M Barão Viçosa e BRS Angela, além da população experimental UNB2U-C3, para rendimento de grãos. Este método também destacou, para capacidade de expansão, além dessas duas cultivares já mencionadas, a

variedade Viçosa, os híbridos triplos Zélia e IAC 125 e a população experimental UNB2U-C4 como genótipos mais estáveis. Os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e a ecovalência de Wricke (1965) atestaram ser mais estável, produtivamente, o híbrido triplo Zélia e a população experimental UNB2U-C4. Para capacidade de expansão, os parâmetros $\hat{\theta}_i$ e $\hat{\omega}_i$ indicaram a população UNB2U-C3 e a cultivar BRS Angela como mais estáveis. O sistema de ranqueamento de Kang e Phan (1991) ponderou os métodos fundamentados na análise de variância e classificou a população UNB2U-C4 como genótipo de maior estabilidade de produção de grãos e confirmou a cultivar BRS Angela como a mais estável para capacidade expansiva dos grãos. Lin e Binns (1988), baseando-se na porcentagem de contribuição genética de cada genótipo para a interação G x A, revelou o híbrido simples modificado IAC 112 e a população experimental UNB2U-C4 como os dois genótipos mais estáveis e adaptados, para rendimento de grãos. A estatística P_i também classificou as populações UNB2U-C3 e UNB2U-C4 como os genótipos de maior previsibilidade de comportamento e capacidade responsiva, para capacidade de expansão de grãos. Pelo método de Huehn (1990), houve desempenho altamente previsível para rendimento de grãos, na população experimental UNB2U-C4 e, para capacidade expansiva no híbrido triplo IAC 125. A associação entre os métodos de estabilidade e adaptabilidade indicou que houve significância em 33,33 e 31,94% dos algoritmos, respectivamente, para rendimento de grãos e capacidade de expansão, ratificando que há métodos consonantes e demonstrando que métodos complementares devem ser utilizados para maior compreensão do desempenho de genótipos oriundos de diferentes adaptações edafoclimáticas quando avaliados no Norte e Noroeste Fluminense.

Diante desses resultados, as seguintes conclusões são possíveis:

- a) Foram observadas diferenças significativas para o efeito de genótipos, de ambientes e da interação genótipo x ambiente (G x A).
- b) O método Yates e Cochran (1938) indicou como mais estáveis, para rendimento de grãos, as cultivares UFVM2 Barão Viçosa e BRS Angela e a população experimental UNB2U-C3. Para capacidade de expansão, além dessas já citadas, os híbridos triplos Zélia e IAC 125 e a variedade Viçosa.

- c) A metodologia de Plaisted e Peterson (1959) revelou a população experimental UNB2U-C4 e o híbrido triplo Zélia como as de maior estabilidade de produção média de grãos. A cultivar BRS Angela e a população experimental UNB2U-C3 foram consideradas as mais estáveis para capacidade de expansão de grãos.
- d) A ecovalência de Wricke (1965) se afirmou em total concordância com o parâmetro de estabilidade de Plaisted e Peterson (1959), tanto para rendimento de grãos quanto para capacidade de expansão.
- e) O sistema de ranqueamento proposto por Kang e Phan (1991) ponderou os três métodos fundamentados na ANOVA e, então, confirmou a população experimental UNB2U-C4 como o genótipo de maior estabilidade de produção média de grãos e a cultivar BRS Angela como a mais estável, para capacidade de expansão de grãos.
- f) A estatística não-paramétrica P_i , utilizando a percentagem de contribuição genética de cada genótipo para a interação $G \times A$, classificou as populações experimentais UNB2U-C3 e o híbrido triplo Jade como mais estáveis e adaptados para a rendimento de grãos. Os mesmos parâmetros de Lin e Binns (1988) se aplicaram para a característica capacidade de expansão dos grãos, inserindo as populações experimentais UNB2U-C3 e UNB2U-C4 no topo da lista dos genótipos, para a capacidade responsiva e previsibilidade de comportamento.
- g) O método de Huehn (1990) enalteceu, ainda mais, o desempenho da população experimental UNB2U-C4, uma vez que esta expressou baixos escores de $S_i^{(1)}$ e $S_i^{(2)}$, com maior estabilidade de produção de grãos. O híbrido triplo IAC 125 foi, por esse método, considerado o genótipo de melhor desempenho, para capacidade de expansão dos grãos, apesar de ter sido contemplada com escores medianos de estabilidade.
- h) De acordo com as ponderações de Kang e Phan (1991) e com os parâmetros de Huehn (1990), a população experimental em fase de lançamento (UNB2U-C4) foi a mais estável e adaptável, para rendimento de grãos. A estatística P_i de Lin e Binns (1988) também destacou este genótipo como mais previsível e responsivo para capacidade de expansão dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2010) *Anuário da Agricultura Brasileira*. FNP consultoria & comércio; M&S Mendes & Scotini. Editora Argos, 521p.
- Annicchiarico, P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in northern italy. *Journal of Genetics e Breeding*, 46(1):269-278.
- Andrade, R.A., Cruz, C.D., Scapim, C.A., Silvério, L., Pinto, R.J.B., Tonet, A. (2002) Análise dialélica da capacidade combinatória de variedades de milho pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5):1197-120.
- Andrade, R.A. (1996) *Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 79p.
- Backes, R.L. et al. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27(2):309-314.
- Botrel, M.A., Evangelista, A.R., Viana, M.C.M., Pereira, A.V., Sobrinho, F.S., Silva, O.J., Xavier, D.F., Heinemann, A.B. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de

cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(2):409-414.

Brasil, E.M., Chaves, L.J. (1994) Utilizacion de un modelo cuadratico para el estudio de la respuesta de cultivares a la variacion ambiental. *Anais do Congresso Latinoamericano de Genetica*, 11, Monterrey: Asociation Latinoamericana de Genetica, p. 616.

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 sementeira. *Revista Ceres*, Viçosa, 50(290):417-429.

Brunson, A.M. (1937) Popcorn breeding. *Yearbook Agricultural*, 1:395-404.

Cargnelutti Filho, A., Storck, L., Riboldi, J. Guadagnin, J.P. (2009) Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, 39(2):340-347.

Carneiro, P.C.S. (1998) *Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 168p.

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, H.W.L., Leal, M.L.S., Cardoso, M.J., Santos, M.X., Tabosa, J.N., Santos, M.D., Lira, M.A. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1:75-82.

- Chaves, L.J. (2002) Interação de genótipos com ambientes. *In: Nass, L.L., Valois, A.C.C., Melo, I.S., Valadares-Inglis, M.C. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas*. Fundação MT, Rondonópolis, p. 1-183.
- Coimbra, R.R., Miranda, G.V., Viana, J.M.S., Cruz, C.D., Murakami, D.M., Souza, L.V., Fidelis, R.R. (2002) Estimation of genetic parameters and prediction of gains for DFT1-Ribeirão popcorn population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(1):33-38.
- Crossa, J. (1990) Statistical analysis of multilocations trials. *Advances in Agronomy*, San Diego, 44:55-85.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S. (2006) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, 586p.
- Cruz, J.C.; Pereira Filho, I.A. (2005) Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/2006: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 390p.
- Cruz, C.D. Regazzi, A.J. (1997) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. 1. ed. Viçosa: UFV, 390p.
- 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., Torres, R.A.A., Vencovsky, R. (1989) An alternative approach to the stability analysis proposed by silva and barreto. *Revista Brasileira de Genética*, 12(3):567-580.

- Daros, M.; Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G., Santos, F.S., Gabriel, A.P.C., Freitas Júnior, S.P. (2004) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola*, Piracicaba-SP, 61(6):609-614.
- 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. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de produção de ipomoea batatas. *Acta Scientiarum*, Maringá, 22(4):911-917.
- Dehghani, M.M.H., Sabaghpour, S.H. (2006) Stability of performance in lentil (*lens culinaris* medik) genotypes in iran. *Euphytica*, 149:343–352.
- Dofing, S.M., D`Croz-Mason, N., Thomas-Compton, M.A. (1991) Inheritance o expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science*, Madison, 31:715–718.
- Duarte, J.B., Vencovsky, R. (1999) Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI. *Sociedade Brasileira de Genética*, 60p.
- Eberhart, S.A., Russel, W.A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6:36-40.
- Elias, H.T., Backes, R.L., Vidigal, M.C.G., Balbinot JR., Hemp, S. (2007) Estabilidade e adaptabilidade de linhagens e cultivares de feijão do grupo carioca. *Scientia Agraria*, 8:379-384.
- Erwin, A.T. (1949) The origin and history of popcorn, zea mays l. Var. Indurate (sturt) bailey mut. Everta (sturt) Erwin. *Agronomy Journal*, 41(2):53-56.

- 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.
- Farias, F.J., Freire, E.C., Carvalho, L.P., Arantes, E.M., Oliveira, L.C. (1996) Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodoeiro herbáceo no estado do mato grosso. Campina grande: Embrapa-CNPA, 4p.
- Finlay, K.W., Wilkinson, G.N. (1963) The analysis of adaptation in a plantbreeding programme. *Australian journal of agricultural research*, 14:742-754.
- Fornasieri Filho, D., Coutinho, E.L.M., Vieira, W.M., Lemos, L.B. (1994) Resposta do milho pipoca (*zea mays* l.) à adubação com fósforo e com zinco. *Científica*, São Paulo, 22(2):205-215.
- Flores, F., Moreno, M.T., Cubero, J.I. (1998) A comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments. *Field Crops Research*, 56:271-286.
- Freitas, F.O. (2001) *Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (zea mays mays, l.) E feijão (phaseolus vulgaris, l.)*. Tese (Doutorado) – Campinas – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 181p.
- Freitas Junior, S.P., Amaral Junior, 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.
- Freitas Junior, 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*, Brasília, 41:1599-1607.

- Galinat, W.C (1977) The origin of corn. *In: Sprague, G.F. (ed) Corn and corn improvement*. New York: Academic Press, 48p.
- Galvão, J.C.C., Sawazaki E., Miranda, G.V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres, Viçosa, (270):201-218*.
- Gauch, H.G. and Zobel, R.W. (1996) AMMI analysis of yield trials. *In: kang, M.S. and Gauch, H.G. (eds.) Genotype by Environment Interaction*. New York: CRC Press, p. 416.
- Goodnam, M.M., Smith, J.S.C. (1987) Botânica. *In: Paterniani, E. e Viegas, G.P. (eds). Melhoramento e Produção de Milho*. 1. ed. Campinas: Fundação Cargil, 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(7):101-108*.
- Hallauer, A.R., Miranda Filho, J.B. (1981) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468 p.
- Hanson, W.D. (1994) Distance statistics and interpretation of southern states regional soybean tests. *Crop Science, 34(6):1498-1504*.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics, Austin, 28:476-490*.
- Hopkins, A.A., Vogel, K.P., Moore, K.J., Johnson, K.D., Carlson, I.T. (1995) Genotype effects and genotype by environment interactions for traits of elite switchgrass populations. *Crop Science. 35: 125-132*.

- Hoseney, R.C., Zeleznak, K., Abdelrahman, A. (1983). Mechanism of popcorn popping. *Journal Cereal Chem.* 1:43–52.
- Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: theory. *Euphytica*, 47(3):189-194.
- Kang, M.S.; Phan, H.N. (1991). Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agronomy Journal.* 83(1):161-165.
- Kang, M.S. (1988) A rank-sum method for selecting high yielding stable corn genotypes. *Cereal Res Commun*, 16:113–115.
- Kantety, R.V., Zeng, X., Bennetzen, J., Zehr, B.E. (1995) Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Molecular Breeding.* 1:365-373.
- Larish, L.B., Brewbaker, J. L. (1999) Diallel analyses of temperate and tropical popcorn. *Maydica.* 44:279-284.
- Lima, M., Zinsly, J.R., Vencovsky, R., Melo, M.R.C. (1971) Resultados parciais de um programa de melhoramento do milho (*Zea mays* L.) visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. *In: Relatório Científico do Departamento e Instituto de Genética, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ*, 5:84-93.
- Lin, C.S., Binns, M.R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1):193-198.
- Lin, C.S., Binns, M.R. (1986) Relative efficiency of two randomized block designs having different plot size and numbers of replications and of plots per block. *Agronomy Journal*, 78:531-534.

- 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, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - 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, Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, 62p.
- Lyerly, P. J. (1942) Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. *Journal American Society of Agronomy*, Madison, 34:986-995.
- Machado, P.F. (1997) *Efeitos das condições de colheita e secagem sobre a capacidade de expansão de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 41p.
- Mangelsdorf, P.C. (1974) *Corn: its origin, evolution and improvement*. Cambridge: Harvard University Press, 262p.
- Mangelsdorf, P.C. e Smith Jr., C.E. (1949) A discovery of remains of primitive maize in New Mexico. *J. Hered.*, 17: 39-43.
- Miranda, G.V., Souza, L.V., Galvão, J.C.C., Guimarães, L.J.M., Melo, A.V., Santos, I.C. (2008) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*: DOI 10.1007/s10681-007-9598-9.
- Merlo, E., Fornasieri Filho, D., Lam-Sánchez, a. (1988) Avaliação de sete cultivares de milho pipoca (zea mays, l.) Em três densidades de semeadura. *Científica*, São Paulo, 16(2):245–251.

- Mohammadi, R., Amri, A. (2008) Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*. 159:419-432.
- Mohammadi, R. (2007) Interpreting genotype \times environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica*. 157:239-251.
- 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.
- Nunes, H.V.; Miranda, G.V.; Souza, L.V. de; Galvão, J.C.C.; Coimbra, R.R.; Melo, A.V. de. (2003) Comportamento de cultivares de milho pipoca em diferentes épocas de semeadura. *Revista Ceres*, Viçosa, 50(290):445-460.
- Nunes, H.V., Miranda, G.V., Galvão, J.C.C., Souza, L.V., Guimarães, L.J.M. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1(3):78-88.
- Oliveira, E.C., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Pena, G.F., Freitas Júnior, S.P., Ribeiro, R.M. ; Pereira, M.G. (2010) Optimizing the efficiency of the touchdown technique in ISSR markers in corn (*Zea mays* L.). *Genetics and Molecular Research*, 9:835-842.
- 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*, Brasília, 33(12):1995-2001.

- Paula, T.O.M., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Scapim, C.A., Peternelli, L.A., da Silva, V.Q.R. (2010) Pi statistics underlying the evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. *Acta Scientiarum*, Maringá, 32(2):269-277.
- Paterniani, E.; Campos, M.S. (1999) Melhoramento do milho. Borém, A. (org) *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, p. 429-485.
- Pereira, M.G., Amaral Júnior, A.T. (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:3-10.
- Pimentel Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*. 12. ed. São Paulo: Nobel, 467p.
- Pinto, R.J.B. (2009) *Introdução ao melhoramento genético de plantas*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 350p.
- Pissaia, A., Possamai, J.C., Daros, E. (1996) Efeito de doses de nitrogênio, aplicado em cobertura sobre o rendimento de grãos em uma variedade de milho pipoca (*zea mays* l.). *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, 15(2):223-227.
- Plaisted, R.L., Peterson, L.C. (1959) A technique for evaluation the ability of selection the yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*. 36(6):381-385.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J.O. (1993) *Genética Quantitativa em Plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. 1. ed. Goiânia, 271p.
- Rangel, R.M., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Freitas Júnior, S.P., Cândido, L.S. (2011) Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho

pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. *Revista Ciência Agronômica*, 42:473-481.

Rangel, R.M., Amaral Júnior, A.T., Scapim, C.A., Freitas Júnior, S.P., Pereira, M.G. (2008) Genetics and 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 composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.

Ridley, M. (1997) *Evolution*. 2. ed. Oxford : Blackwell Scientific, 719p.

Rocha, M.M. (2002) *Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, 174p.

Robbins, J.W.A., Ashman, R.B. (1984) Parent-offspring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. *Crop Science*, 24(1):119-121.

Santos, H.G. dos, Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C. dos, Lumbreras, J.F., Oliveira, J.B., Oliveira, V.A., Coelho, M.R., Almeida, G.A., Cunha, T.J.F. (2009) Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: <http://cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> em 21/12/09 página mantida pela INFORMS.

Santos, F.S., Amaral Junior, A.T., Freitas Junior, 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, F.S., Amaral Júnior, A.T., Freitas Júnior, S.P., Rangel, M.R., 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.
- Sawazaki, E. (2010) Milho pipoca, CD-ROM dos *Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, Goiânia, GO, Brasil.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho pipoca no brasil. *O Agrônomo*. Campinas, 53(2):11–13.
- Sawazaki, E., Paterniani, M.E.A.G.Z., Castro, J.L., Gallo, P.B., Galvão, J.C.C., Saes, L.A. (2000) Potencial de linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*. 59(2):143-151.
- Sawazaki, E. (1995) Melhoramento do milho-pipoca. Campinas: Instituto Agrônomo, 21p.
- Scapim, C.A., Pacheco, C.A.P., Amaral Júnior, A.T., Vieira, R.A., Pinto, R. J.B., Conrado, T.V. (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica*, 174:209–218.
- Scapim, C.A., Royer, M.R., Pinto, R.J.B., Amaral Júnior, A.T., Pacheco, C.A.P., Moterle, L.M. (2008) Comparison of testers in the evaluation of combining ability of S₂ families in popcorn. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas-MG, 7:91-100.
- Scapim, C.A., Pacheco, C.A., Tonet, A., Braccini, A.L., Pinto, R.J.B. (2002) Análise Dialélica e Heterose de Populações de Milho-Pipoca. *Bragantia*, Campinas, 61(3):219-230.
- Scapim, C. A., Oliveira, V.R.A. de Lucca e Braccini, Cruz, C.D., Andrade, C.A., Vidigal, M.C.G.. (2000) Yield stability in mayze (*Zea mays* L.) and correlations

among the parameters of the Eberhart and Russel, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*. 23(2):387-393.

Shukla, G.K. (1972) Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*. 29:237-245.

Silva, V.Q.R. (2009) *Melhoramento de milho pipoca: capacidade combinatória de linhagens, parametrização heterótica e herança de características agronômicas*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense “Darcy Ribeiro” – UENF, 220p.

Silva, W.C.J., Duarte, J.B. (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:23-30.

Silva, W.J. da Vidal, B.C., Martins, M.E.Q., Vargas, H., Pereira, A.C., Zerbetto, M., Miranda, L.C.M. (1993) What makes popcorn pop. *Nature*, 362:417.

Silva, J.G.C., Barreto, J.N. (1985) Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo por ambiente. *Anais do Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica*, Campinas: Fundação Cargill, p. 49-50.

Smith, H.F. (1936) A discriminant function for planta selection. *Ann. Eugen.* 7:240–250.

Storck, L., Vencovsky, R. (1994) Stability analysis based on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. *Revista Brasileira de Genética*. 17(1):75-81.

Tai, G.C.C. (1971) Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop science*. 11(2):184-190.

Theil, H. (1950) A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis: indagaciones mathematicae. 12:85-91.

- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*: Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p.
- Verma, M.M., Chahal, G.S., Murty, B.R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, 53:89-91.
- 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 s_3 families. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 7:74-81.
- Vieira, R.A., Rodovalho, M.A., Scapim, C.A., Tessmann, D.J., Amaral Júnior, A.T., Bignotto, L.S. (2009) Desempenho agronômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30(1):29-36.
- Vicente, D. (2003) *Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja*. Tese (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) – Maringá – PR, Universidade Estadual do Maringá - UEM, 85p.
- Vilela, F.O., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Barbé, T.C, Gravina, G.A. (2011) Stability of F7:8 snap bean progenies in the Northern and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. *Horticultura Brasileira*, 29:84-90.
- 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 Agronomy*, 30:25-30.
- Vilhegas, A.C. (2001) Efeito de épocas de semeadura e estabilidade de híbridos de milho em plantios de safrinha no noroeste do Paraná. *Bragantia*, Campinas, 60:45-51.

- Weatherwax, P. (1922) The popping of corn. *Ind. Acad. Sci. Proc.* 1921:149 -153.
- Wricke, G. (1965) Zur berechnung der ökovalenz bei sommerweizen und hafer. *Pflanzenzuchtung*, 52(1):127-138.
- Yates, F.; Cochran, W.G. (1938) The analysis of group experiments. *Journal of Agricultural Science*. 28(4):556–580.
- Yorinori, N.A., Sada, S.Y., Pissaia, A. (1996) Efeito da profundidade de semeadura e do envelhecimento precoce de sementes de milho pipoca (*zea mays* l.) Sobre a emergência e vigor de plantas. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, 15(2):173-178.
- Yue, G.L., Roozeboom, K.L., Schapaugh, W.T., Liang Jr, E.G.H. (1997) Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. *Plant Breeding*. 116:271–275.
- Zanette, V.A. (1989) Análise da variabilidade genética em populações de milho pipoca (*zea mays* l.): heterose da capacidade de expansão do grão. *Agronomia Sulriograndense*. 25:173-181.
- Ziegler, K.E.; Ashman, B. (1994) Popcorn. *In: Hallauer, A. (ed). Specialty corns*. Iowa: CRC Press, 7:189-223.
- Zinsly, J.R.; Machado, J.A. (1987) Milho-pipoca. *In: Paterniani, E.; Viégas, G. P. Melhoria e Produção do Milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill. p. 413-421.
- Zobel, R.W., Wright, M.J., Gauch, H.G. (1988) Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, Madison, 80:388-393.

7. ANEXO

Quadro 1 – Quadrado médio, média e coeficientes de variação ambiental de duas características avaliadas em um ambiente. Colégio Agrícola, Campos dos Goytacazes, 2008.

FV	GL	QM	
		RG	CE
Repetição	2	1180838,75	1,63
Genótipo	9	206324,81	104,87
Resíduo	18	53632,51	5,52
Média		1777,59	25,90
CVe (%)		13,03	9,07

Quadro 2 – Quadrado médio, média e coeficientes de variação ambiental de duas características avaliadas em um ambiente. PESAGRO-RIO, Itaocara, 2008.

FV	GL	QM	
		RG	CE
Repetição	2	782284,89	3,12
Genótipo	9	659804,61	78,34
Resíduo	18	203705,07	2,27
Média		2248,51	27,21
CVe (%)		20,07	5,53

Quadro 3 – Quadrado médio, média e coeficientes de variação ambiental de duas características avaliadas em um ambiente. PESAGRO-RIO, Campos dos Goytacazes, 2008.

FV	GL	QM	
		RG	CE
Repetição	2	542255,46	1,44
Genótipo	9	221687,63	70,28
Resíduo	18	65797,51	3,05
Média		2167,96	25,76
CVe (%)		11,83	6,77

Quadro 4 – Quadrado médio, média e coeficientes de variação ambiental de duas características avaliadas em um ambiente. Colégio Agrícola, Cambuci, 2009.

FV	GL	QM	
		RG	CE
Repetição	2	3893977,32	14,83
Genótipo	9	1394447,20	62,90
Resíduo	18	289598,34	8,40
Média		2390,81	31,48
CVe (%)		22,51	9,20

Quadro 5 – Quadrado médio, média e coeficientes de variação ambiental de duas características avaliadas em um ambiente. PESAGRO-RIO, Itaocara, 2009.

FV	GL	QM	
		RG	CE
Repetição	2	110457,80	2,39
Genótipo	9	1266495,98	38,89
Resíduo	18	141911,39	4,84
Média		1340,72	27,31
CVe (%)		28,09	8,06