

Sys 318044

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

GENÉTICA DE CARACTERES AGRONÔMICOS  
E DE QUALIDADE EM MILHO DOCE

Elbio Treicha Cardoso  
Engenheiro Agrônomo, M.Sc./UFPeI

Tese apresentada com um dos  
requisitos à obtenção do Grau de  
Doutor em Fitotecnia  
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Dezembro de 2001



ELBIO TREICHA CARDOSO  
Engenheiro Agrônomo - UFPel  
Mestre em Ciências - UFPel

## TESE


Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

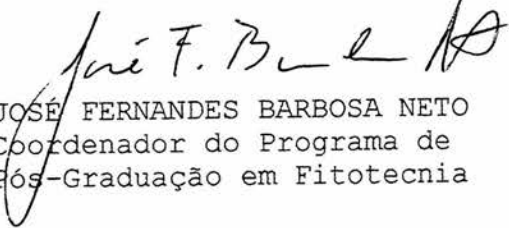
### DOCTOR EM FITOTECNIA


Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil


Aprovado em: 14.12.2001  
Pela Banca Examinadora

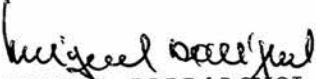
Homologado em: 25.02.2002  
Por

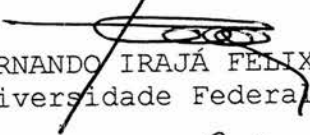
  
MARIA JANE CRUZ DE MELO SERENO  
Orientadora-PPG Fitotecnia


  
JOSÉ FERNANDES BARBOSA NETO  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia


  
JOSÉ FERNANDES BARBOSA NETO  
Co-orientador-PPG Fitotecnia

  
PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA  
PPG Fitotecnia

  
MIGUEL DALL'AGNOL  
PPG Zootecnia

  
FERNANDO IRAJÁ FELIX DE CARVALHO  
Universidade Federal de Pelotas/RS

  
RENZO GARCIA VON PINHO  
Universidade Federal de Lavras/MG

  
GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos professores Maria Jane Cruz de Melo Sereno e José Fernandes Barbosa Neto, pela orientação, estímulo e amizade.

Aos professores Jorge Luiz Nedel, Fernando Irajá Félix de Carvalho (Universidade Federal de Pelotas) e Paulo Régis Ferreira de Silva (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) pelo incentivo na escolha da área de trabalho e conhecimentos compartilhados.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos em geral, especialmente aos que contribuíram na realização deste trabalho.

Aos meus pais Elio e Maria Luci, pelo carinho, educação, exemplo de vida a ser seguida e por inúmeras coisas que seria impossível citá-las .

À minha esposa Gilciane e a Estéfane minha filha, pelo carinho, amor e compreensão, os quais foram fundamentais durante a realização deste trabalho.

# GENÉTICA DE CARACTERES AGRONÔMICOS E DE QUALIDADE EM MILHO DOCE<sup>1</sup>

Autor: Elbio Treicha Cardoso  
Orientador: Prof<sup>a</sup> Maria Jane Cruz de Melo Sereno  
Co-Orientador: Prof. José Fernandes Barbosa Neto

## RESUMO

A cultura do milho doce poderá ser uma excelente opção para os agricultores, especialmente nas pequenas propriedades, devido o seu manejo não ser distinto da cultura do milho comum e pelo maior valor do produto. No entanto, as variedades disponíveis atualmente apresentam inúmeros problemas, tanto em caracteres agronômicos, como de qualidade de grão, o que dificulta a viabilização desta cultura. Deste modo, as populações BR 400, BR 401 e BR 402 foram avaliadas para estimar a capacidade combinatória, bem como os efeitos diretos e indiretos da seleção recorrente sobre caracteres adaptativos. Também foram estimados parâmetros genéticos importantes para realização eficiente da seleção em caracteres relacionados à qualidade de grão e espiga. Os experimentos foram conduzidos durante três anos agrícolas (1998/1999 a 2000/2001) na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (Eldorado do Sul). Os resultados obtidos indicaram a existência de variabilidade genética para os caracteres avaliados, com predominância de efeitos gênicos aditivos sobre os não aditivos. A seleção para estatura, altura de inserção de espiga, florescimento masculino e feminino foi eficiente e não provocou alteração expressiva nos caracteres de qualidade de grão e espiga. As estimativas de variância aditiva e herdabilidade para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis e percentagem de espigas descobertas indicaram que a possibilidade da obtenção de ganhos genéticos através de seleção para estes caracteres. Por outro lado, as correlações genotípicas observadas entre caracteres importantes da cultura foram baixas, requerendo a seleção simultânea para estes caracteres; sendo que para este fim o emprego do índice de seleção de Williams apresentou resultados superiores às demais metodologias avaliadas.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (70 f.). Dezembro, 2001.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO (GERAL).....	1
2. ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E DE QUALIDADE EM POPULAÇÕES DE MILHO DOCE.....	5
2.1. Introdução.....	5
2.2. Material e Métodos.....	6
2.3. Resultados e Discussão.....	9
2.4. Conclusões.....	18
3. PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES ADAPTATIVOS POR MEIO DE SELEÇÃO RECORRENTE EM POPULAÇÕES DE MILHO DOCE.....	19
3.1. Introdução.....	19
3.2. Material e Métodos.....	20
3.3. Resultados e Discussão.....	24
3.4. Conclusões.....	35
4. ESTIMATIVA DE HERDABILIDADE PARA CARACTERES DE QUALIDADE DE GRÃO E ESPIGA EM MILHO DOCE.....	36
4.1. Introdução.....	36
4.2. Material e Métodos.....	38
4.3. Resultados e Discussão.....	40
4.4. Conclusões.....	49
5. GANHOS GENÉTICOS ESTIMADOS EM TRÊS POPULAÇÕES DE MILHO DOCE UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO.....	50
5.1. Introdução.....	50
5.2. Material e Métodos.....	52
5.3. Resultados e Discussão.....	54
5.4. Conclusões.....	61
6. CONCLUSÕES (GERAIS).....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
8. APÊNDICES.....	69
9. VITA.....	70

## GENETIC OF AGRONOMIC AND QUALITY TRAITS IN SWEET CORN<sup>2</sup>

Author: Elbio Treicha Cardoso  
Adviser: Prof<sup>a</sup>. Maria Jane Cruz de Melo Sereno  
Co-Adviser: Prof. José Fernandes Barbosa Neto

### ABSTRACT

Sweet corn can be an excellent option, particularly for small farmers. Its product is valuable on the international market and its cultural practices are similar to those used in field corn. However, available varieties in southern Brazil present problems, especially in agronomic and quality traits. This way, the populations BR 400, BR 401, and BR 402 were tested for combining ability and selected for adaptative traits, using direct and selection indexes approaches. Genetic parameters were also estimated for grain and ear quality. The experiments were conducted in three seasons (1998/1999 to 2000/2001) in Estação Experimental Agronômica/UFRGS (Eldorado do Sul, RS). The obtained results indicated the existence of genetic variability for all the evaluated traits, with predominance of additive effects. The selection for plant height, ear height, pollen shedding and silking was efficient and it did not provoke significant alteration in quality traits. The estimates of additive variance and heritability for pericarp thickness, total soluble solids, and ear tip indicated the possibility to obtain significant genetic gains through selection. On the other hand, genotypic correlations among traits were low, requiring simultaneous selection. As a result, Williams selection index was suggested as a superior alternative for sweet corn breeding in southern Brazil.

---

<sup>2</sup> Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (70 f.) December, 2001.

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Resumo da análise de variância dos caracteres espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.....	10
2. Médias dos caracteres espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas(%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.....	11
3. Estimativa dos efeitos de capacidade geral de combinação nos caracteres espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.....	16
4. Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação e efeitos recíprocos, acima e abaixo da diagonal respectivamente, para os caracteres espessura de pericarpo e teor de sólidos solúveis totais em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	16
5. Resumo da análise de variância para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), avaliados em famílias de três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	25
6. Média, variância fenotípica ( $\sigma^2_F$ ), variância aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ) para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), avaliados em famílias do ciclo 0 de três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.	26
7. Média em função do ciclo, ganho genético estimado (GS), ganho genético realizado (GR) e herdabilidade realizada ( $h^2_r$ ) para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm) de três populações de milho doce. Porto Alegre- RS, 2001.....	28

8. Média em função do ciclo, ganho genético realizado (GR) e herdabilidade realizada ( $h^2_r$ ), para os caracteres, sob seleção indireta, espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	31
9. Média, variância fenotípica ( $\sigma^2_F$ ), variância aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e herdabilidade restrita ( $h^2$ ), para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), avaliados em famílias do ciclo 1 de três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	34
10. Resumo da análise de variância para os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%), para os anos de 1999/2000 e 2000/2001 em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	41
11. Médias e número de famílias selecionáveis (NFS) considerando uma intensidade de seleção de 20% para redução da espessura de pericarpo (microns), incremento do teor de sólidos solúveis totais (brix) e redução da percentagem de espigas descobertas (%) para cada um dos anos de estudo, em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	42
12. Variância fenotípica e variância aditiva estimadas para os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%) para cada um dos anos de estudo, em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	46
13. Herdabilidade estimada para os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%), para cada um dos anos de estudo, em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	46
14. Ganho genético estimado, por ciclo, para os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais ( brix ) e percentagem de espigas descobertas (%), com base nas avaliações realizadas na estação de crescimento 2000/2001. Porto Alegre - RS, 2001.....	48
15. Coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), estatura de planta (cm) e florescimento masculino (Graus Dias), avaliados em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.....	55
16. Médias dos caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), estatura de planta (cm) e florescimento masculino (Graus Dias) e estimativas de ganhos genéticos nas populações BR 400, BR 401 e BR 402 utilizando diferentes índices de seleção. Porto Alegre - RS, 2001.....	57
17. Famílias selecionadas nas populações BR 400, BR 401 e BR 402 para redução da espessura de pericarpo (microns), estatura de planta (cm) e acúmulo térmico para florescimento masculino (Graus Dias) e aumento do teor de sólidos solúveis totais (brix) por meio de vários índices de seleção, utilizando uma intensidade de seleção de 20% do total de famílias. Porto Alegre - RS, 2001.....	60



## RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Médias históricas e das estações de crescimento de 1999/2000 e 2000/2001 de temperatura do ar (° C) e precipitação pluviométrica (mm), observadas nos meses de outubro a fevereiro, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS. Porto Alegre - RS, 2001.....	69

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil tem a sua produção destinada ao mercado interno, basicamente como componente de rações para suínos e aves. No Rio Grande do Sul a cultura possui destacada importância sócio-econômica, pois é cultivada principalmente em pequenas propriedades, com intensa utilização de mão-de-obra, especialmente familiar. Entretanto, devido a diversos fatores, a produtividade e também a rentabilidade da cultura são baixas. Neste sentido, é fundamental a disponibilização de culturas que possibilitem aos pequenos agricultores melhorar a renda e explorar racionalmente a propriedade. Dentre as alternativas, o milho doce pode ser uma excelente opção, pois a sua tecnologia de produção é semelhante a do milho comum. O tempo de ocupação da área é menor, uma vez que a colheita é realizada precocemente, em torno de 30 dias após o florescimento, sendo possível a utilização da palhada restante para silagem e alimentação animal, além de que o preço pago pelo produto é superior ao do milho comum. A colheita precoce possibilita também que seja realizado mais de um cultivo durante a estação de crescimento, tornando mais intensiva a utilização da terra e aumentando o rendimento da propriedade como um todo.

O milho doce (*Zea mays* L.) é caracterizado por grãos com altos teores de açúcares e pouco amido no endosperma, o que os torna enrugados e translúcidos quando

secos (Tracy, 1997). Assim sendo, esta cultura é considerada como uma hortaliça que sofreu mutações recessivas a partir do milho comum, as quais aumentaram o nível de açúcares no endosperma (Revilla e Tracy, 1995). Os mutantes que influenciam a síntese de amido em grãos de milho têm sido agrupados em duas classes (Boyer & Shannon, 1983). Na classe 1 estão os genes *shrunk 2* (*sh<sub>2</sub>*), *brittle 1* (*bt<sub>1</sub>*) e *brittle 2* (*bt<sub>2</sub>*), os quais atuam nas fases iniciais da síntese e provocam grande redução na quantidade de amido presente no grão e aumento na quantidade de açúcares no endosperma. Por outro lado, os genes da classe 2 que incluem o *sugary 1* (*su<sub>1</sub>*), *amilose extender 1* (*ae<sub>1</sub>*), *dull 1* (*dl<sub>1</sub>*), *sucrose enhancer 1* (*se<sub>1</sub>*) e *waxy 1* (*wx<sub>1</sub>*) atuam mais tarde na rota de síntese do amido e alteram o tipo e as proporções dos polissacarídeos armazenados no endosperma (Boyer & Shannon, 1983).

O milho doce destinado ao processamento na indústria é obtido principalmente através do gene *sugary 1* (Tracy, 1997). Outro gene da classe 2 que tem participação importante no mercado de milho doce é o *sucrose enhancer 1*, porém seus efeitos só podem ser detectados quando utilizado em combinação com o gene *sugary 1* (Wong et al., 1994). Nestes mutantes existe o acúmulo de um composto chamado fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel em água e de cadeia ramificada que é responsável por uma textura cremosa do grão (Boyer & Shannon, 1983).

Entre os mutantes da classe 1, os genes *brittle 1* e *brittle 2* não têm grande importância comercial, sendo suas utilizações restritas ao estado do Havaí nos Estados Unidos, em milho doce destinado principalmente ao consumo *in natura* (Tracy, 1997). Por outro lado, o gene *shrunk 2* tem ampla utilização, sendo o principal gene utilizado em milho doce destinado ao consumo "*in natura*" nos Estados Unidos, Japão e outros países da Ásia (Tracy, 1997).

As características desejáveis de uma planta de milho doce se assemelham às de uma planta de milho comum, devendo possuir sistema radicular com desenvolvimento profundo, colmos vigorosos com boa longevidade e resistentes ao acamamento, resistência a pragas e moléstias e boa produtividade (Hotchkiss et al., 1997); entretanto, existem algumas características que são exigências específicas do milho doce, tais como uniformidade quanto ao tamanho e forma da espiga, grãos longos e macios, preferencialmente da cor amarelo, e pericarpo fino (Stork & Lovato, 1991; Tracy, 1997). Além destas, pode-se acrescentar as características de elevado teor de açúcar no grão e um empalhamento eficiente da espiga, a qual deve possuir a ponta coberta para controlar o ataque de insetos e diminuir a necessidade de utilização de produtos químicos (Wong et al., 1994; Joyce & Davis, 1995).

Atualmente a produção de milho doce, no Brasil, é concentrada na região central, sendo direcionada ao abastecimento das indústrias de conservas por meio de contratos realizados diretamente com os produtores (Teixeira et al., 2001). Deste modo, existe ampla disponibilidade de genótipos adaptados para esta região, dentre os quais alguns são empregados na produção de milho doce no Rio Grande do Sul. Contudo, essas variedades de origem tropical apresentam problemas de adaptação quando cultivadas em ambientes temperados. Neste ambiente, as variedades apresentam problemas em alguns caracteres agrônômicos, especialmente ciclo longo e estatura de planta e altura de inserção de espiga elevados, o que predispõe ao acamamento e o quebramento de planta, reduzindo, deste modo, a qualidade das espigas e dificultando o processo de colheita. Por outro lado, a qualidade de grãos nas variedades de milho doce empregadas para cultivo no Rio Grande do Sul é insuficiente, principalmente no caráter espessura de pericarpo, o qual é importante na determinação da maciez do grão. Este

fator determina que o milho doce no Rio Grande do Sul não tenha acesso ao mercado internacional, devido à necessidade de pericarpo fino não ser atendida pelas variedades disponíveis. Deste modo, o desenvolvimento de variedades que possuam características agronômicas e de qualidade de grão propiciará as condições necessárias para a abertura de novos mercados consumidores, com a conseqüente viabilização da cadeia produtiva do milho doce.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar populações de milho doce e determinar a variabilidade genética disponível para caracteres agronômicos e de qualidade; estimar parâmetros genéticos necessários à realização de seleção; realizar seleção para adaptação de populações às condições de cultivo do Rio Grande do Sul e identificar estratégias a serem utilizadas para aumentar a eficiência de seleção. Para atingir os objetivos foram realizados quatro estudos, os quais estão apresentados na forma de capítulos.

O primeiro estudo permitiu estimar a capacidade combinatória para diferentes caracteres por meio da análise dialélica. No segundo capítulo foram descritos os resultados obtidos pela seleção recorrente para os caracteres adaptativos estatura de planta, altura de inserção de espiga e florescimentos masculino e feminino. O terceiro capítulo consistiu de um estudo para estimar a herdabilidade e os ganhos genéticos para os caracteres espessura de pericarpo, teor de açúcar e percentagem de espigas descobertas. No quarto capítulo foram avaliados índices de seleção como estratégias a serem empregadas para aumentar a eficiência de seleção, em diversos caracteres, nas populações de milho doce disponíveis.

## **2. ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E DE QUALIDADE EM POPULAÇÕES DE MILHO DOCE**

### **2.1. Introdução**

O milho doce é considerado como uma hortaliça que sofreu mutações recessivas a partir do milho comum, as quais aumentaram o nível de açúcares no endosperma (Revilla & Tracy, 1995). Assim sendo, esse tipo de milho é especial para o consumo humano quando no estágio de grão leitoso, ou seja, milho verde, o qual pode ser consumido *in natura* ou após processamento (Stork & Lovato, 1991).

O cultivo de milho doce é pouco difundido no Brasil e diversos fatores têm contribuído para essa pequena expressão, entre os quais a inexistência de variedades bem adaptadas às condições de cultivo e à presença de caracteres indesejáveis, especialmente agronômicos e de qualidade de grão. Desta forma, é importante a intervenção do melhoramento genético para desenvolvimento de genótipos de milho doce adaptados, produtivos e possuidores de boas características agronômicas e específicas do grão. O desenvolvimento desses genótipos é possível de ser realizado pela seleção de caracteres que afetam a qualidade de grão e de espiga, mas sem

descuidar dos caracteres agronômicos (Tracy, 1990).

O ponto fundamental em um programa de melhoramento de plantas é a avaliação do material genético com o objetivo de determinar aquelas populações com maior potencial para o melhoramento, permitindo concentrar esforços nas populações conhecidas por possuírem alelos favoráveis, aumentando a probabilidade de sucesso do programa (Pfarr & Lamkey, 1992). Neste sentido, a análise dialélica tem sido extensivamente utilizada para avaliar o potencial da utilização de populações no desenvolvimento de genótipos melhorados (Ferreira et al., 1995). Essa análise apresenta a vantagem de ser uma avaliação da qualidade *per se* e da capacidade combinatória de diferentes populações, sem levar em consideração quais híbridos específicos serão melhorados. O uso do dialélico permite também entender o controle genético dos caracteres, o que orienta na seleção e escolha dos métodos de melhoramento mais apropriados (Cruz & Regazzi, 1997). De maneira geral, os dialélicos são simples de trabalhar em milho, onde a quantidade de cruzamentos não é um fator limitante, fornecendo informações sobre as populações avaliadas, como capacidade geral e específica de combinação, variâncias genéticas, herdabilidades e efeitos maternos, entre outras.

O objetivo deste trabalho foi estimar a capacidade combinatória para diferentes caracteres por meio da análise dialélica de três populações de milho doce.

## 2.2. Material e métodos

Os cruzamentos e as avaliações dos genótipos a campo foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul - RS. As populações de polinização aberta utilizadas foram BR 400, baseada no gene *brittle 1* (*bt<sub>1</sub>*), BR 401 e

BR 402, contendo o gene *sugary 1* (*su1*), todas desenvolvidas pela EMBRAPA. As populações BR 400 e BR 401 foram desenvolvidas à partir de material genético introduzido do Havaí, séries *supersweet* e *sweet* respectivamente, e BR 402 do germoplasma Doce de Cuba (Reifschneider et al., 1984). Os cruzamentos para obtenção dos híbridos populacionais foram realizados manualmente no ano agrícola de 1999/2000, em um esquema dialélico completo com os recíprocos.

No ano agrícola de 2000/2001 os genitores os híbridos e os recíprocos foram avaliados a campo em experimento empregando blocos casualizados, com três repetições e nove tratamentos. Cada parcela experimental foi composta de duas fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,7 m. Foram semeadas 20 sementes por linha e 25 dias após a emergência foi realizado desbaste para 14 plantas, correspondendo a uma densidade de 42.000 plantas/ha, aproximadamente. A adubação de base utilizada foi de 40 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ . A cobertura com nitrogênio foi realizada em duas aplicações de uréia, nos estádios V 3-4 e V 6-7 (Ritchie et al., 1992), totalizando 90 kg/ha de N em cobertura. O controle de plantas daninhas e pragas, bem como a irrigação, foram realizados objetivando suprir as necessidades da cultura.

Os caracteres avaliados no experimento foram estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), florescimento masculino (Graus Dias = acúmulo térmico, considerando à temperatura média diária - 10° C, para que 50% das plantas da parcela estivessem liberando pólen), florescimento feminino (Graus Dias = acúmulo térmico, considerando à temperatura média diária - 10° C, para que 50% das plantas da parcela estivessem com o estigma receptivo), percentagem de plantas acamadas (%), percentagem de plantas quebradas (%), percentagem de espigas descobertas (%), espessura do pericarpo (mícrons) e teor de sólidos solúveis totais (brix). Para controlar



variações quanto à diferenças nos dias de polinização, todas as espigas foram protegidas com sacos plásticos à medida que emergiam das bainhas foliares. Quando aproximadamente 85% das espigas, de cada parcela, estavam com os estigmas visíveis estas foram desprotegidas. Grãos do terço médio e de fileiras adjacentes de quatro espigas por parcela foram colhidos 25 dias após a desproteção das espigas e congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$ . A técnica utilizada para determinar a espessura do pericarpo consistiu em obter imagens de dois grãos por parcela, remover o pericarpo do lado oposto ao do embrião com o auxílio de um bisturi e realizar novas imagens de cada um dos grãos. A diferença média de espessura entre as imagens dos grãos com e sem o pericarpo, foi considerada como a espessura do pericarpo, adaptando o procedimento descrito por Cabral (2000). O teor de sólidos solúveis totais, os quais são compostos principalmente por açúcares simples e sacarose, foi avaliado em cinco grãos por parcela previamente congelados, pela medida de graus brix, utilizando refratômetro manual. A percentagem de espigas descobertas foi avaliada relacionando o número de espigas com a ponta descoberta em relação ao número total de espigas da parcela.

Os dados dos caracteres percentagem de espigas descobertas, percentagem de plantas acamadas e percentagem de plantas quebradas foram transformados com a relação arcoseno da raiz quadrada para obter uma distribuição normal. Os resultados foram submetidos à análise de variância e foi realizada a avaliação da capacidade combinatória de acordo com o método 1, modelo I descrito por Griffing (1956), onde a soma de quadrados dos genótipos foi dividida em capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e efeitos recíprocos, utilizando o aplicativo GENES (Cruz, 1997).

### 2.3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância apresentaram diferenças significativas entre genótipos para a maioria dos caracteres avaliados, à exceção da porcentagem de plantas acamadas.(Tabela 1). A precisão do experimento, estimada pelo coeficiente de variação, foi maior para espessura de pericarpo e estatura de planta, as quais apresentaram valores de 2,5 e 7,6 %, o que indica menor influência de variações de ambiente não controláveis, em contraste à porcentagem de espigas descobertas e de plantas quebradas, com os maiores coeficientes de variação (Tabela 1).

As diferenças fenotípicas para o caráter espessura do pericarpo foram significativas, onde os híbridos envolvendo o genótipo BR 402 como mãe apresentaram a menor espessura (Tabela 2). As diferenças de espessura do pericarpo entre os genitores também foram significativas, com o maior valor na população BR 400 e o menor na BR 402 (Tabela 2). O valor médio da espessura de pericarpo, 134 microns, foi superior à média dos resultados encontrados por Tracy & Galinat (1987) e Zan & Brewbaker (1999) em híbridos comerciais. No entanto, os resultados destes trabalhos foram obtidos em germoplasma submetido por longo tempo à pressão de seleção para redução de espessura de pericarpo, o que não é o caso dos utilizados neste estudo. A importância do caráter está no fato de ser determinante da qualidade em milho doce, uma vez que genótipos com elevada espessura não são utilizados comercialmente (Zan & Brewbaker, 1999). A espessura do pericarpo deve ser mínima, segundo Zan & Brewbaker (1999) em torno de 50 -55 microns; entretanto, este não poderá sofrer rompimento durante o processo de secagem da semente, pois aumentaria a exposição aos patógenos, e reduziria a germinação, emergência e vigor das plântulas (Tracy & Juvik, 1989; Revilla et al., 1998).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância dos caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.

Causas da Variação	GL	Espessura de		Sólidos solúveis totais	Espigas descobertas	Florescimento		Estatura de planta	Inserção de		Plantas quebradas	Plantas acamadas
		pericarpo	pericarpo			masculino	feminino		espiga	espiga		
Bloco	2	15,93 ns	0,5392 ns	808,13 ns	0,0024 ns	571,64 ns	271,82 *	87,31 ns	0,0289 *	0,0399 ns		
Genótipos	8	704,00 **	3,0883 **	9519,64 *	0,0663 **	13560,78 **	3000,92 **	3665,60 **	0,0307 **	0,0354 ns		
C.G.C.	2	1352,34 **	0,4316 ns	31992,00 **	0,2004 **	46348,66 **	10308,93 **	13553,12 **	0,0607 **	0,0223 ns		
C.E.C.	3	208,32 **	5,7228 **	2018,00 ns	0,0169 ns	3085,11 ns	1015,17 **	582,83 **	0,0282 **	0,0279 ns		
Recíproco	3	767,47 **	2,2250 **	2038,00 ns	0,0263 ns	2034,00 ns	114,61 ns	156,81 **	0,0537 **	0,0517 ns		
Erro	16	10,42	0,3496	3532,74	0,0157	4353,46	86,07	41,04	0,0054	0,0304		
C.V. (%)		2,50	10,23	7,63	26,26	8,05	4,06	5,10	27,27	22,45		

\*\*\* Diferenças significativas a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

ns Diferenças não significativas a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Médias dos caracteres espessura de pericarpo ( microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas(%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.

Genótipos	Espessura de pericarpo solúveis totais		Espigas descobertas		Florescimento		Estatura de Inserção de			Plantas	
	de pericarpo	Sólidos	descobertas	masculino	feminino	planta	espiga	quebradas	Plantas acamadas		
BR 400	145 <sup>1</sup> a	13,0 <sup>1</sup> a	37,0 <sup>1</sup> a	712 <sup>1</sup> ab	737 <sup>1</sup> b	204 <sup>1</sup> c	103 <sup>1</sup> d	14,0 <sup>1</sup> a	3,0 <sup>1</sup> a		
BR 401	133 b	12,4 ab	28,6 ab	714 ab	745 ab	205 c	102 d	13,8 a	7,5 a		
BR 402	106 d	12,4 ab	4,7 b	880 a	944 a	252 a	156 a	1,6 b	8,0 a		
BR 400 x BR 401	149 a	12,1 ab	30,5 a	762 ab	794 ab	220 bc	113 cd	1,9 b	1,2 a		
BR 400 x BR 402	149 a	10,7 bc	34,9 a	804 ab	846 ab	243 a	138 ab	1,9 b	4,1 a		
BR 401 x BR 400	140 ab	10,1 c	24,0 ab	707 b	748 b	213 c	106 d	9,6 ab	4,7 a		
BR 401 x BR 402	145 a	11,1 bc	11,9 ab	782 ab	824 ab	238 ab	143 ab	11,0 ab	7,1 a		
BR 402 x BR 400	121 c	11,0 bc	16,3 ab	838 ab	890 ab	241 ab	131 bc	13,9 a	2,3 a		
BR 402 x BR 401	119 c	10,5 c	12,3 ab	784 ab	820 ab	243 ab	142 ab	4,2 ab	3,2 a		
Média Geral	134	11,5	21,1	776	816	228	126	7,0	5,9		

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de sólidos solúveis totais não foi diferente entre os genitores (Tabela 2). A expectativa de que o teor no genótipo BR 400 fosse superior, por ser este um milho do tipo super-doce baseado no gene *brittle 1* (Paiva et al., 1992), não foi confirmada. As populações BR 401 e BR 402, nas quais é utilizado o gene *sugary 1*, acumularam teores iguais entre si e à BR 400. Os valores de brix nos híbridos entre populações com genes diferentes para milho doce apresentaram valores mais baixos do que os genitores, a exceção do cruzamento BR 400 x BR 401 (Tabela 2). Os valores mais baixos nos híbridos ocorreram porque os genes para milho doce atuam sobre enzimas envolvidas na rota de síntese do amido em posições distintas, o que propicia no heterozigoto a complementação alélica, reduzindo os teores de açúcares totais (Boyer & Shannon, 1983). A possível causa para as exceções encontradas em alguns híbridos populacionais, as quais apresentavam o mesmo gene para milho doce, pode ser a presença de alelos diferentes em cada uma das populações. Este fato é indicado por Tracy (1997) como muito importante nas modificações dos teores de açúcares e carboidratos presentes nos grãos de milho doce.

A média do caráter percentagem de espigas descobertas nos genitores foi de 21%, com valores extremos de 4,7% e 37% em BR 402 e BR 400, respectivamente. Os híbridos apresentaram comportamento intermediário (Tabela 2). Este caráter tem sido indicado como importante devido a sua associação com a resistência a pragas de espiga em milho doce (Velasco et al., 1999). Os resultados obtidos neste estudo indicaram uma relação inversa entre a percentagem de espigas descobertas e a necessidade térmica para florescimento feminino, onde genótipos mais precoces apresentaram os maiores percentuais de espigas com a ponta descoberta. Os resultados obtidos neste trabalho apresentaram concordância com os observados por Brewbaker & Kim (1979), onde os

autores verificaram que os genótipos mais precoces possuíam menor número de folhas cobrindo a espiga e, por consequência, maiores percentuais de espigas descobertas.

A liberação de pólen ocorreu com maior precocidade no híbrido BR 401 x BR 400 apenas na comparação com a população BR 402, sendo que os demais genótipos não diferenciaram-se destes (Tabela 2). Na emissão de estigmas, o genótipos BR 400 e o híbrido BR 401 x BR 400 foram os de menor exigência térmica; por outro lado, a variedade de polinização aberta BR 402 foi a mais tardia, ficando os demais em níveis intermediários (Tabela 2). De maneira geral, os dados de florescimento dos híbridos indicaram que a utilização de BR 402 como genitor masculino ou feminino incrementou a exigência térmica para atingir o florescimentos masculino e feminino.

Os caracteres estatura da planta e altura de inserção de espiga apresentaram comportamento semelhante. O genótipo BR 402 foi superior aos demais genitores nos dois caracteres, com médias para estatura e altura de inserção da espiga de 252 e 156 cm, respectivamente (Tabela 2). Os genótipos BR 400 e BR 401 apresentaram os valores mais baixos para os dois caracteres e os híbridos apresentaram comportamento intermediário (Tabela 2). De maneira geral, a altura de inserção da espiga foi, em média, 100 cm abaixo da estatura de planta, com comportamento muito semelhante entre as populações e híbridos avaliados.

O percentual médio de plantas acamadas foi de 5,9%, com valores similares para as populações e os híbridos avaliados. Por outro lado, o percentual médio de plantas quebradas foi de 7%, sendo os maiores valores verificados em BR 400 e BR 401 e os menores em BR 402, com os híbridos apresentando comportamento intermediário aos genitores (Tabela 2). Este caráter é, freqüentemente, associado a fatores como estatura de planta, diâmetro de colmo, comprimento de entrenós e senescência precoce

(Treat & Tracy, 1994). Os resultados deste trabalho não mostraram relação entre estatura de planta reduzida e menor percentual de plantas quebradas, uma vez que a população BR 402 apresentou a maior estatura e os menores percentuais de plantas quebradas. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Abedon et al. (1999), onde os autores ressaltaram que a estatura de planta elevada poderia aumentar a predisposição, porém, não seria determinante para aumento do percentual de plantas quebradas.

De maneira geral, nenhum dos genótipos e híbridos avaliados apresentou todos os caracteres desejados. No entanto, a variação observada permite inferir que por meio de cruzamentos direcionados e seleção artificial, seja possível desenvolver genótipos com os caracteres presentes em níveis adequados. As populações BR 400 e BR 401 poderão ser utilizadas para o melhoramento dos caracteres florescimento masculino, feminino, estatura de planta e altura de inserção de espiga. Por outro lado, BR 402 poderia ser empregada para melhorar a espessura de pericarpo, reduzir a percentagem de espigas descobertas e a percentagem de plantas quebradas.

A soma dos quadrados de tratamentos foi dividida em soma de quadrados para capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e efeitos recíprocos segundo o método proposto por Griffing (1956). Os valores dos quadrados médios referentes à CGC foram significativos para a maioria dos caracteres, à exceção de teor de sólidos solúveis totais e percentagem de plantas acamadas (Tabela 1). Esta significância indica a existência de diferenças genéticas entre as populações avaliadas, além de sugerir que efeitos gênicos aditivos estão envolvidos no controle da maioria dos caracteres medidos (Falconer, 1987). Os valores dos quadrados médios da CEC e efeitos recíprocos foram significativos para os caracteres espessura de pericarpo,

teor de sólidos solúveis totais, altura de inserção de espiga, percentagem de plantas quebradas e estatura de planta, sendo que neste último apenas a CEC foi significativa (Tabela 1). A significância dos quadrados médios relativos à CEC e efeitos recíprocos sugere que efeitos gênicos não aditivos, especialmente dominância, também estão envolvidos no controle destes caracteres (Hallauer & Miranda Filho, 1988).

O caráter espessura de pericarpo apresentou amplitude de variação na estimativa dos efeitos da CGC de 5,22 desvios padrão, sendo que o genitor BR 402 apresentou a melhor estimativa dos efeitos, contribuindo para a redução da espessura de pericarpo (Tabela 3). A maior estimativa dos efeitos da CEC foi obtida no híbrido BR 400 x BR 402 e a menor no híbrido BR 401 x BR 400 (Tabela 4). Na avaliação dos híbridos foram detectadas alterações no desempenho quando ocorreram mudanças na posição dos genitores maternos e paternos, evidenciando assim a importância do efeito recíproco para o caráter (Tabela 1). Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de Helm & Zuber (1969) e Tracy & Galinat (1987), nos quais é relatada a importância da herança materna na determinação do caráter espessura do pericarpo. A relação entre quadrados médios de CGC e CEC foi de 6,5:1 e ações gênicas do tipo aditivo e não aditivo no controle do caráter encontrada neste trabalho estão de acordo com os resultados de Ho et al. (1975) para milho comum, sendo que estes registraram relações de 9:1 afirmando que ambos os tipos de ações gênicas eram importantes para a expressão do caráter.

O caráter teor de sólidos solúveis totais apresentou amplitude de efeitos estimados para CGC bastante baixas, na ordem de 0,5 desvios padrão (Tabela 3). Neste caráter, o genótipo BR 400 contribuiu com os efeitos positivos e BR 402 com os negativos



Tabela 3 – Estimativa dos efeitos de capacidade geral de combinação nos caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%), avaliados em três populações de milho doce, seus híbridos e recíprocos. Porto Alegre - RS, 2001.

Caracteres	Populações		
	BR 400	BR 401	BR 402
Espessura de pericarpo	7,25	2,36	-9,60
Sólidos solúveis totais	0,17	-0,04	-0,13
Espigas descobertas	0,10	0,01	-0,11
Florescimento masculino	-23,33	-25,33	48,67
Florescimento feminino	-27,44	-31,11	58,56
Estatura de planta	-7,87	-8,09	15,95
Inserção de espiga	-10,33	-7,91	18,24
Plantas quebradas	0,02	0,03	-0,05
Plantas acamadas	-0,02	-0,02	0,04

Tabela 4 – Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação e efeitos recíprocos, acima e abaixo da diagonal respectivamente, para os caracteres espessura de pericarpo e teor de sólidos solúveis totais em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Populações	Espessura de pericarpo			Sólidos solúveis totais		
	BR 400	BR 401	BR 402	BR 400	BR 401	BR 402
BR 400		4,5400	14,0850		1,0000	-0,1500
BR 401	0,3922		12,8350	-0,5056		0,3000
BR 402	3,4755	5,3656		-0,6722	-0,5056	

(Tabela 3). A significância dos efeitos de capacidade específica e recíprocos, normalmente associados com ações gênicas não aditivas, eram esperados, porque os genes de milho doce somente manifestam o caráter numa condição de homozigose recessiva e qualquer cruzamento que não atenda esta condição leva à perda do caráter. A variação dos efeitos da CEC e recíprocos apresentou amplitude de 2,8 desvios padrão, sendo que os híbridos BR 400 x BR 401 e BR 401 x BR 402 apresentaram efeitos positivos e os demais negativos (Tabela 4). Os efeitos positivos no híbrido BR 401 x BR 402 eram esperados por serem genótipos com o gene *sugary 1*. Por outro lado, no cruzamento BR 400 x BR 401 são empregados genes diferentes e, provavelmente, os resultados obtidos são devidos a ações epistáticas e de dominância, as quais ocorreram na rota de síntese e causaram maior acúmulo de sólidos solúveis em detrimento do amido.

Os efeitos da CGC para os demais caracteres foram variáveis quanto ao genitor e a magnitude. A população BR 400 apresentou os maiores efeitos desejáveis no caráter altura de inserção de espiga; BR 401 para florescimentos masculino, feminino, estatura de planta e acamamento e BR 402 nos caracteres quebraamento de colmo e percentagem de espigas descobertas (Tabela 3).

Os resultados deste trabalho permitiram a identificação de variabilidade genética para a maioria dos caracteres avaliados, sendo que esta é fundamental para obtenção de ganhos genéticos por meio da seleção. No entanto, para a maximização desses ganhos é necessária a escolha correta de genitores e de métodos de melhoramento a serem empregados. A população BR 402 apresentou a CGC mais adequada para o melhoramento dos caracteres espessura do pericarpo e percentagem de espigas descobertas. Por outro lado, as populações BR 400 e BR 401 demonstraram

capacidade geral de combinação para os principais caracteres agronômicos, podendo contribuir na adaptação do milho doce no sul do Brasil.

#### **2.4. Conclusões**

A capacidade geral de combinação, relacionada com efeitos gênicos aditivos, foi predominantes para os caracteres espessura de pericarpo, percentagem de espigas descobertas, florescimento masculino e feminino, estatura de planta, altura de inserção de espiga e percentagem de plantas quebradas.

Os efeitos recíprocos foram significativos para os caracteres espessura de pericarpo, sólidos solúveis totais, altura de inserção de espiga e percentagem de plantas quebradas, evidenciando a importância de escolher corretamente os genitores masculino e feminino nos cruzamentos.

As populações BR 400 e BR 401 apresentaram os melhores efeitos, de capacidade geral de combinação, para os caracteres agronômicos, enquanto que BR 402 para os caracteres espessura de pericarpo e percentagem de espigas descobertas.

### **3. PROGRESSO GENÉTICO EM CARACTERES ADAPTATIVOS UTILIZANDO SELEÇÃO RECORRENTE EM POPULAÇÕES DE MILHO DOCE**

#### **3.1. Introdução**

A existência de cultivares superiores de milho doce com ampla adaptação no sul do Brasil poderia proporcionar aos agricultores o gerenciamento da produção e o aproveitamento pleno da estação de crescimento. Assim sendo, o desenvolvimento de novas cultivares é uma exigência, uma vez que não há disponibilidade de variedades adaptadas e com qualidade comercial.

No processo de adaptação de populações de clima tropical para condições subtropicais ou temperadas do sul do Brasil aparecem inúmeros problemas, afetando, principalmente, caracteres adaptativos como florescimentos masculino e feminino, estatura de planta e altura de inserção de espiga. De maneira geral, genótipos tropicais tendem a ser altos e tardios quando em condições temperadas ou subtropicais, sendo necessária a realização de seleção para corrigir essas deficiências (Hallauer, 1978). Nesta linha de trabalho, os resultados encontrados por vários autores têm sido consistentes em relatar a ocorrência de associações positivas entre precocidade e estatura reduzida em cruzamentos entre populações temperadas x tropicais (Compton et

al., 1979; Troyer & Larkins, 1985; Hallauer & Miranda Filho, 1988; Rubino & Davis, 1990). Os ganhos genéticos encontrados têm variado de 0,6 a 2,0 dias por ciclo em diversas populações de milho selecionadas para precocidade por dois a 11 ciclos (Troyer & Brown, 1976; Troyer, 1986). Para redução de estatura e altura de inserção de espiga, Rubino & Davis (1990), avaliando os ganhos obtidos por dez ciclos de seleção, encontraram valores de 2,1 e 2,2 cm por ciclo, respectivamente.

Por outro lado, a seleção para caracteres adaptativos poderá alterar as frequências gênicas de outros caracteres agronômicos ou de qualidade de grão, os quais são fundamentais em milho doce. Este fato foi relatado por Troyer & Larkins (1985), Rubino & Davis (1990), onde os autores constataram que a seleção para precocidade incrementava o percentual de quebraamento de colmo.

Assim sendo, este trabalho teve por objetivo avaliar o progresso genético obtido em caracteres adaptativos selecionados diretamente, bem como os efeitos indiretos da seleção sobre os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, percentagem de espigas descobertas, quebraamento de colmo e acamamento de planta.

### 3.2. Material e métodos

Os cruzamentos e as avaliações das populações a campo foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul - RS. As populações de polinização aberta utilizadas foram BR 400, baseada no gene *brittle 1* (*bt<sub>1</sub>*), BR 401 e BR 402, contendo o gene *sugary 1* (*su<sub>1</sub>*), todas desenvolvidas pela EMBRAPA. As populações BR 400 e BR 401 foram desenvolvidas à partir de material genético

introduzido do Havai, séries *supersweet* e *sweet* respectivamente, e BR 402 do germoplasma Doce de Cuba (Reifschneider et al., 1984). Os cruzamentos para a formação das famílias foram realizados manualmente no ano agrícola de 1998/1999, sendo desenvolvidas famílias de irmãos inteiros nas populações BR 400 e BR 401 e meio irmãos na população BR 402.

As sementes das famílias desenvolvidas no ano anterior foram semeadas em parcelas de uma linha de 5 m, com espaçamento entre linhas de 0,7 m. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Foram semeadas 20 sementes por linha e 25 dias após a emergência foi realizado desbaste para 14 plantas, correspondendo a uma densidade de, aproximadamente, 42.000 plantas/ha. Foram avaliadas 47 famílias dentro da população BR 400, 23 dentro da população BR 401 e 36 dentro da população BR 402. Após as avaliações, o critério de seleção foi escolher 50% das famílias com maior precocidade na liberação do pólen e dentro destas o mesmo critério foi utilizado para selecionar as famílias de menor estatura. De acordo com o encontrado por Troyer & Larkins (1985) e Rubino & Davis (1990), as correlações entre os caracteres florescimento masculino e feminino e também os caracteres estatura e altura de inserção de espiga são elevadas, deste modo estes caracteres foram selecionados indiretamente, apenas com menor intensidade de seleção. As famílias selecionadas foram recombinadas no inverno de 2000, no município de Cristalina - GO e avaliadas na estação de crescimento 2000/2001 na EEA/UFRGS. Na avaliação do progresso genético foi considerado como ciclo 0 (C0) uma amostra de todas as famílias avaliadas na estação de 1999/2000, C0S representou uma amostra das famílias selecionadas na estação de crescimento 1999/2000. Finalmente, o ciclo 1 (C1) foi constituído por uma amostra de todas as famílias desenvolvidas no ano de 2000.

No ano agrícola de 2000/2001, as famílias de meio irmãos desenvolvidas no inverno e os ciclos de seleção foram avaliados em um experimento em blocos casualizados, com três repetições. Os híbridos ELISA (milho doce) e P 32R21 (milho comum) foram utilizados no experimento como testemunhas. As parcelas experimentais utilizadas nos ciclos e nas testemunhas eram de duas fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,7 m, enquanto na avaliação das famílias foram utilizadas parcelas de uma fileira de 5 m. A semeadura e o desbaste foram realizados como no ano anterior. A adubação de base utilizada foi de 40 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ . A cobertura com nitrogênio foi realizada com duas aplicações de uréia nos estádios V 3-4 e V 6-7 (Ritchie et al., 1992), totalizando 90 kg/ha de N em cobertura. O controle de plantas daninhas e pragas, bem como a irrigação, foram realizados objetivando suprir as necessidades da cultura.

Os caracteres avaliados no experimento foram estatura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), florescimento masculino (Graus Dias = acúmulo térmico, considerando à temperatura média diária -  $10^\circ C$ , para que 50% das plantas da parcela estivessem liberando pólen), florescimento feminino (Graus Dias = acúmulo térmico, considerando à temperatura média diária -  $10^\circ C$ , para que 50% das plantas da parcela estivessem com o estigma receptivo), percentagem de plantas acamadas (%), percentagem de plantas quebradas (%), percentagem de espigas descobertas (%), espessura do pericarpo (mícrons) e teor de sólidos solúveis totais (brix). Para controlar variações quanto a diferenças nos dias de polinização, todas as espigas foram protegidas com sacos plásticos à medida que emergiam das bainhas foliares. Quando aproximadamente 85% das espigas, de cada parcela, estavam com os estigmas visíveis estas foram desprotegidas. Grãos do terço médio e de fileiras adjacentes de quatro espigas por parcela foram colhidos 25 dias após a desproteção das espigas e

congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$ . A técnica utilizada para determinar a espessura do pericarpo consistiu em obter imagens de dois grãos por parcela, remover o pericarpo do lado oposto ao do embrião com o auxílio de um bisturi e realizar novas imagens de cada um dos grãos. A diferença média de espessura entre as imagens dos grãos com e sem pericarpo, foi considerada como a espessura do pericarpo, adaptando o procedimento descrito por Cabral (2000). O teor de sólidos solúveis totais, os quais são compostos principalmente por açúcares simples e sacarose, foi avaliado em cinco grãos por parcela previamente congelados, pela medida de graus brix, utilizando refratômetro manual. A percentagem de espigas descobertas foi avaliada relacionando o número de espigas com a ponta descoberta em relação ao total de espigas da parcela.

Os dados dos caracteres percentagem de espigas descobertas, percentagem de plantas acamadas e percentagem de plantas quebradas foram transformados com a relação arco seno da raiz quadrada para obter uma distribuição normal. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o modelo de efeitos aleatórios, o qual permitiu a estimativa de variâncias e ganhos genéticos para as populações, de acordo com o apresentado por Paterniani & Miranda Filho (1980). A herdabilidade foi

estimada como  $h^2 = \frac{\sigma_{Gf}^2}{\sigma_{Ff}^2}$ , onde  $h^2$ = herdabilidade;  $\sigma_{Gf}^2$ = variância genotípica entre

famílias;  $\sigma_{Ff}^2$ = variância fenotípica entre famílias. Os ganhos genéticos foram estimados

como  $GS = \frac{k\sigma_{Gf}^2}{\sqrt{\sigma_{Ff}^2}}$ , onde GS= ganho genético estimado; k= intensidade de seleção;

$\sigma_{Gf}^2$ = variância genotípica entre famílias;  $\sigma_{Ff}^2$ = variância fenotípica entre famílias. A herdabilidade realizada, que avalia de quanto foi o ganho genético em comparação com o diferencial de seleção, foi estimada seguindo o apresentado por Fehr (1987), pelo



emprego da relação  $h_R^2 = \frac{\overline{C1} - \overline{C0}}{\overline{C0S} - \overline{C0}}$  e o ganho genético realizado como  $GR = \overline{C1} - \overline{C0}$ ,

onde  $h_R^2$  = herdabilidade realizada, GR = ganho genético realizado,  $\overline{C0}$  = média da amostra do ciclo 0,  $\overline{C0S}$  = média da amostra das famílias selecionadas no ciclo 0 e  $\overline{C1}$  = média da amostra do ciclo 1.

### 3.3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância permitiram detectar diferenças entre as famílias, no ano de agrícola de 1999/2000 para os caracteres florescimento masculino, feminino, estatura de planta e altura de inserção da espiga, o que sugere a existência de variabilidade dentro das populações (Tabela 5). Os coeficientes de variação foram baixos, indicando um controle adequado da influência do ambiente (Tabela 5).

Os valores estimados de variância aditiva foram maiores nas populações BR 400 e BR 401 na comparação com BR 402 (Tabela 6). Este fato é altamente desejável em populações de melhoramento, uma vez que apenas esse tipo de variância é transmitida à próxima geração, sendo então a base da obtenção de ganhos genéticos pela seleção (Paterniani & Miranda Filho, 1980). Para os caracteres florescimento masculino e feminino as maiores estimativas de variância aditiva foram obtidas na população BR 400, enquanto as menores na população BR 402. O fato da população BR 402 ser mais tardia pode ter um reflexo na menor variância observada. Para os caracteres estatura de planta e altura de inserção de espiga o comportamento das três populações foi semelhante, com uma pequena vantagem para a BR 401 (Tabela 6). A variância genotípica utilizada para estimar a variância aditiva contém  $\frac{1}{2}$  de aditividade +  $\frac{1}{4}$  de

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), avaliados em famílias de três populações de milho doce. Porto Alegre – RS, 2001.

Causas de Variação	GL	Quadrado Médio			
		Florescimento masculino	Florescimento feminino	Estatura de planta	Inserção de espiga
BR 400					
Bloco	4	19,70 <sup>ns</sup>	220,54 <sup>ns</sup>	1098,00 <sup>**</sup>	315,88 <sup>**</sup>
Famílias	45	2209,57 <sup>**</sup>	3432,33 <sup>**</sup>	458,00 <sup>**</sup>	153,18 <sup>**</sup>
Erro	117	118,46	162,11	132,00	55,13
CV (%)		1,45	1,59	9,65	7,71
BR 401					
Bloco	4	121,95 <sup>ns</sup>	2377,22 <sup>**</sup>	682,17 <sup>**</sup>	269,08 <sup>**</sup>
Famílias	22	1663,66 <sup>**</sup>	1349,18 <sup>**</sup>	581,07 <sup>**</sup>	213,16 <sup>**</sup>
Erro	53	239,58	337,34	126,14	48,90
CV (%)		2,05	2,26	7,28	8,59
BR 402					
Bloco	4	261,87 <sup>**</sup>	2138,76 <sup>**</sup>	1099,64 <sup>**</sup>	490,59 <sup>**</sup>
Famílias	35	273,14 <sup>**</sup>	423,33 <sup>**</sup>	635,07 <sup>**</sup>	288,50 <sup>**</sup>
Erro	70	127,71	186,00	310,71	158,32
CV (%)		1,11	1,27	8,32	11,38

<sup>\*\*</sup> Diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas a 5% de probabilidade pelo teste de F

Tabela 6 - Média, variância fenotípica ( $\sigma^2_F$ ), variância aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e herdabilidade ( $h^2$ ) para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), avaliados em famílias do ciclo 0 de três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Caracteres	População <sup>1</sup>	Média	$\sigma^2_F$	$\sigma^2_A$	$h^2$
Florescimento masculino	BR 400	748	441,91	418,22	0,95
	BR 401	755	332,73	284,82	0,86
	BR 402	1015	54,63	29,09	0,53
Florescimento feminino	BR 400	798	686,47	654,05	0,95
	BR 401	809	269,84	202,37	0,75
	BR 402	1072	84,67	47,47	0,56
Estatura de planta	BR 400	149,06	91,60	65,20	0,71
	BR 401	154,27	116,21	90,99	0,78
	BR 402	211,86	127,01	64,87	0,51
Inserção de espiga	BR 400	96,30	30,64	19,61	0,64
	BR 401	81,41	42,63	32,85	0,77
	BR 402	110,57	57,70	26,04	0,45

<sup>1</sup> Foram utilizadas famílias de irmãos inteiros para as populações BR 400 e BR 401 e de meios irmãos para BR 402.

dominância em famílias de irmãos inteiros, as quais foram utilizadas nas populações BR 400 e BR 401, enquanto em famílias de meios irmãos, utilizadas na população BR 402, apenas  $\frac{1}{4}$  de aditividade. Isto pode ter causado uma superestimativa da variância aditiva em famílias de irmãos inteiros, pois a variância de dominância foi desconsiderada.

A herdabilidade estimada variou em função da população e do caráter, sendo que as maiores estimativas foram para os caracteres florescimento masculino e feminino na população BR 400 e a menor no caráter altura de inserção de espiga na população BR 402 (Tabela 6). Para os florescimentos masculino e feminino, a herdabilidade estimada para as três populações foi superior aos resultados encontrados por Lopes et al. (1995) em milho comum. Por outro lado, para estatura de planta e altura de inserção de espiga os valores foram de baixos a médios, discordando parcialmente de Crisóstomo (1981), que relatou valores de médios a altos em compostos de milho comum. Os valores estimados neste estudo para as populações BR 400 e BR 401 foram superiores aos da BR 402, provavelmente, devido ao tipo de família avaliada.

Os ganhos genéticos obtidos foram significativos para os caracteres selecionados, pois as diferenças entre C0 e C1 foram significativas, com variação na magnitude em função do caráter e da população. Os valores observados para os caracteres florescimento masculino e feminino foram semelhantes aos estimados nas populações BR 400 e BR 401 e superiores na população BR 402 (Tabela 7). Para estatura de planta e altura de inserção de espiga os ganhos observados foram superiores aos esperados nas três populações (Tabela 7). A utilização de uma pressão de seleção mais intensa do que a suposta inicialmente poderia ser responsável pela obtenção de ganhos genéticos maiores do que os estimados. Da mesma forma, existe a possibilidade

Tabela 7 - Média em função do ciclo, ganho genético estimado (GS), ganho genético realizado (GR) e herdabilidade realizada ( $h^2r$ ) para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm) de três populações de milho doce. Porto Alegre- RS, 2001.

Ciclo <sup>1</sup>	Florescimento masculino	Florescimento feminino	Estatura de planta	Inserção de espiga
BR 400				
C0	a <sup>2</sup> 728 Bb <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 764 Bb <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 201 Bb <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 102 Aa <sup>3</sup>
C0S	b 710 Ba	b 746 Bb	b 191 Bb	b 92 Bb
C1	b 712 Ba	b 748 Bb	b 195 Bb	b 95 Aa
GS	15,9	20,0	5,4	2,8
GR	16,0	16,0	6,0	7,0
$h^2r$	0,90	0,89	0,60	0,70
BR 401				
C0	a 730 Bb	a 760 Bb	a 204 Ab	a 105 Aa
C0S	b 709 Ba	b 744 Bb	b 190 Bb	b 90 Bb
C1	b 712 Ba	b 748 Bb	b 195 Bb	b 93 Bb
GS	14,1	11,1	7,6	4,5
GR	18,0	12,0	9,0	12,0
$h^2r$	0,85	0,75	0,65	0,80
BR 402				
C0	a 880 Bb	a 941 Bb	a 264 Bb	a 164 Bb
C0S	b 868 Bb	b 925 Bb	b 252 Bb	b 154 Bb
C1	b 872 Bb	b 929 Bb	b 254 Bb	b 156 Bb
GS	3,9	5,1	5,7	3,4
GR	8,0	12,0	10,0	8,0
$h^2r$	0,67	0,75	0,83	0,73
Testemunhas				
ELISA	796 A	820 A	212 A	103 A
P 32R21	700 a	724 a	220 a	103 a

<sup>1</sup> C0= Amostra das populações originais, C0S= Amostra das famílias selecionadas nas populações, C1= Amostra das populações após a recombinação das famílias selecionadas

<sup>2</sup> Médias de ciclo precedidas de mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>3</sup> Médias de ciclo seguidas por letras maiúsculas e minúsculas foram comparadas com as testemunhas ELISA e P 32R21, respectivamente, pelo teste t a 1% de probabilidade.

da variância aditiva ter sido subestimada pela influência do ambiente no ano agrícola de 1999/2000. Assim sendo, as estimativas de ganho genético tiveram seus valores reduzidos, devido a menor variância genotípica verificada.

A herdabilidade realizada apresentou valores elevados na população BR 400 para os caracteres florescimento masculino e estatura de planta (Tabela 7). Os valores de herdabilidade realizada foram inferiores às estimadas na população BR 400, similares na população BR 401 e superiores na população BR 402. De maneira geral, valores inferiores de herdabilidade realizada têm sido encontrados na literatura, onde os autores atribuem como causa a superestimativa da variância aditiva pela interação genótipo x ambiente e a não consideração de ações gênicas do tipo epistáticas e de dominância (Lamkey & Hallauer, 1987; Comstock, 1996). Por outro lado, valores superiores de herdabilidade realizada podem ser observados quando a variância aditiva é subestimada devido à ação do ambiente ou a imprecisão experimental. Deste modo, o erro experimental é elevado e a pressão de seleção efetivamente utilizada é maior do que a suposta. Outro fator importante que pode ter contribuído para o incremento da herdabilidade realizada foi a seleção inconsciente praticada na geração de recombinação feita no inverno.

O melhoramento de populações é realizado de forma cíclica e durante o processo é fundamental a comparação com genótipos de reconhecida qualidade agronômica. Neste sentido, os genótipos ELISA e P 32R21 foram utilizados como referência, sendo híbridos comerciais de milho doce e comum, respectivamente. Os caracteres avaliados no ciclo 1 da população BR 402 foram superiores às testemunhas (Tabela 7), indicando que é necessário a realização de outros ciclos de seleção para atingir melhor adaptação nessa população. Por outro lado, nas populações BR 400 e BR 401 o comportamento de todos os caracteres no ciclo 1 foi inferior aos do híbrido

ELISA, à exceção de altura de inserção da espiga na população BR 400. Na comparação com o híbrido P 32R21, o florescimento masculino e inserção de espiga tiveram comportamento similar nas duas populações, o caráter florescimento feminino foi superior e a estatura inferior.

Após a seleção, a duração do ciclo vegetativo das populações BR 400 e BR 401 ficou em níveis satisfatórios na comparação com as testemunhas; entretanto, é necessária a realização de mais ciclos de seleção para precocidade na população BR 402. O intervalo entre a liberação do pólen e a emissão dos estigmas foi de 1,5 a 2,5 vezes maior nas populações do que nas testemunhas. A redução deste intervalo tem sido relacionada com maior tolerância à deficiência hídrica e à densidade elevada de plantas porque diminui a esterilidade de espiga, e aumenta o índice de colheita por área (Tollenaar & Wu, 1999). A relação entre altura de inserção da espiga e estatura de planta foi semelhante entre as testemunhas e o ciclo 1 das populações BR 400 e BR 401, aproximadamente 0,45; no entanto, a relação de 0,61 obtida na população BR 402 poderia estar associada com a maior predisposição ao acamamento de planta apresentado por esta população (Tabela 8).

A realização de seleção dentro de populações para um determinado caráter altera as frequências gênicas que controlam outros caracteres, devido à existência de genes ligados, pleiotropia ou deriva genética, levando a modificações das frequências genotípicas (Abedon & Tracy, 1998). Assim sendo, caracteres considerados importantes dentro do programa de melhoramento foram avaliados para verificar o efeito da seleção indireta. Os resultados mostraram que, à exceção do teor de açúcar na população BR 402, não foram detectadas diferenças para os caracteres selecionados indiretamente (Tabela 8). A hipótese elaborada, de acordo com o trabalho de Treat & Tracy (1994), para este desempenho diferenciado da população BR 402 foi de que o aumento do teor de sólidos solúveis totais tenha ocorrido em resposta ao menor crescimento da parte

Tabela 8 - Média em função do ciclo, ganho genético realizado (GR) e herdabilidade realizada ( $h^2r$ ), para os caracteres, sob seleção indireta, espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix), percentagem de espigas descobertas (%), plantas quebradas (%) e plantas acamadas (%) avaliados em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Ciclo <sup>1</sup>	Espessura de pericarpo	Sólidos solúveis totais	Espigas descobertas	Plantas quebradas	Plantas acamadas
BR 400					
C0	a <sup>2</sup> 143 Bb <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 12,2 Ab <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 27,62 Ab <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 7,60 Bb <sup>3</sup>	a <sup>2</sup> 2,68 Aa <sup>3</sup>
C0S	a 145 Bb	a 14,6 Ab	a 28,60 Ab	a 7,60 Bb	a 3,12 Aa
C1	a 144 Bb	a 13,2 Ab	a 28,97 Ab	a 7,83 Bb	a 2,25 Aa
GR	1,00	1,00	1,35	0,23	-0,43
$h^2r$	0,50	0,42	1,38	0,23	-0,98
BR 401					
C0	a 135 Ab	a 11,7 Ab	a 20,11 Ab	a 10,85 Bb	a 6,65 Aa
C0S	a 134 Ab	a 13,1 Ab	a 16,31 Ab	a 15,11 Bb	a 5,85 Aa
C1	a 136 Ab	a 12,4 Ab	a 14,34 Ab	a 14,40 Bb	a 3,68 Aa
GR	1,00	0,70	-5,77	3,55	-2,97
$h^2r$	-1,00	0,29	1,52	0,83	3,71
BR 402					
C0	a 103 Bb	a 12,4 Ab	a 6,20 Bb	a 1,44 Aa	a 10,60 Bb
C0S	a 102 Bb	b 13,8 Bb	a 6,85 Bb	a 2,12 Aa	a 12,23 Bb
C1	a 103 Bb	b 13,6 Bb	a 7,64 Bb	a 0,24 Aa	a 14,68 Bb
GR	0,00	1,20	1,44	-0,20	4,08
$h^2r$	0,00	0,86	2,22	-1,76	2,50
Testemunhas					
ELISA	130 A	10,5 A	22,00 A	3,00 A	1,20 A
P 32R21	163 a	8,7 a	54,00 a	0,00 a	0,00 a

<sup>1</sup> C0= Amostra das populações originais, C0S= Amostra das famílias selecionadas nas populações, C1= Amostra das populações após a recombinação das famílias selecionadas

<sup>2</sup> Médias de ciclo precedidas de mesma letra não diferiram entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>3</sup> Médias de ciclo seguidas por letras maiúsculas e minúsculas foram comparadas com as testemunhas ELISA e P 32R21, respectivamente, pelo teste t a 1% de probabilidade.



aérea, o que possibilitou o direcionamento de carboidratos do crescimento para o grão e, conseqüentemente, aumento do teor de sólidos solúveis totais nos mesmos. Outra hipótese pode ser a possível redução no número ou tamanho de grão causados pela seleção indireta, o que poderia ter diminuído a demanda, aumentando então o percentual de sólidos solúveis no grão.

A ausência de resposta do caráter espessura de pericarpo, selecionado indiretamente, concordou com os resultados encontrados por Tracy & Juvik (1989) na seleção para aumento da percentagem de emergência em populações de milho doce e Rubino & Davis (1990) na adaptação de germoplasma tropical para o clima temperado. Da mesma forma, os resultados encontrados para o caráter percentagem de espigas descobertas estiveram de acordo com aqueles obtidos por Rubino & Davis (1990) na seleção para adaptação de germoplasma tropical para ampliar a variabilidade genética de milho doce em regiões de clima temperado.

As populações apresentaram menor espessura de pericarpo na comparação com a testemunha P 32R21; no entanto, as populações BR 400, BR 401 e BR 402 foram, respectivamente, superior, igual e inferior ao híbrido ELISA (Tabela 8). O teor de sólidos solúveis totais nas populações BR 400 e BR 401 foi superior ao do híbrido P 32R21 e igual ao ELISA; no entanto, BR 402 apresentou maiores teores do que as duas testemunhas nesse caráter (Tabela 8). Os valores de percentagem de espigas descobertas nas três populações foram inferiores ao do híbrido P 32R21. Na comparação com ELISA, apenas os percentuais de BR 402 foram inferiores (Tabela 8). Esse comportamento pode ser conseqüência do ciclo mais tardio desta população em comparação à testemunha. Neste sentido, Brewbaker & Kim (1979) relataram correlação positiva entre precocidade e aumento do percentual de espigas com a ponta descoberta. No caráter quebramento de colmo, as populações BR 400 e BR 401

apresentaram valores superiores aos das testemunhas, enquanto que BR 402 não diferiu significativamente. Por outro lado, para o caráter percentual de plantas acamadas apenas a população BR 402 apresentou valores superiores aos das testemunhas (Tabela 8).

Uma apreciação comparativa do desempenho das populações em relação às testemunhas indicou que os caracteres quebramento e acamamento requerem grande atenção dos melhoristas de milho doce. De maneira geral, esses caracteres têm sido apontados como as maiores deficiências agronômicas dessa cultura (Tracy, 1990; Malvar et al., 1997). Por outro lado, em caracteres relacionados com qualidade, de grão e espiga, as populações apresentaram comportamento superior aos das testemunhas. No entanto, cabe ressaltar que estes valores ainda se encontram distantes do ideal, especialmente no caráter espessura de pericarpo, necessitando então de realização de seleção nas três populações avaliadas.

Uma das preocupações quando é realizada seleção dentro de populações é não esgotar a variabilidade genética disponível para os caracteres selecionados, sendo que a avaliação da variância aditiva é um indicativo do comportamento da variabilidade. Os valores estimados de variância aditiva para as três populações foram elevados (Tabela 9). Para os caracteres florescimento masculino e feminino, essas estimativas de variância aditiva foram semelhantes entre as populações BR 400 e BR 402, enquanto na população BR 401 foram observados valores inferiores (Tabela 9). Como regra geral, as estimativas de variância aditiva, obtidas nos ciclo 1, foram superiores às do ciclo 0 nas populações BR 400 e BR 402 e inferiores na população BR 401 (Tabela 9). As informações obtidas nas populações após a seleção sugerem futuros ganhos de seleção, uma vez que persistiu elevada variabilidade genética. Este fato pode ser devido à reduzida pressão de seleção empregada. De maneira geral, a herdabilidade estimada

Tabela 9 - Média, variância fenotípica ( $\sigma^2_F$ ), variância aditiva ( $\sigma^2_A$ ) e herdabilidade restrita ( $h^2$ ), para os caracteres florescimento masculino (Graus Dias), florescimento feminino (Graus Dias), estatura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm) avaliados em famílias do ciclo 1 de três populações de milho doce. Porto Alegre – RS, 2001.

Caracteres	População	Média	$\sigma^2_F$	$\sigma^2_A$	$h^2$
Florescimento masculino	BR 400	731	240,61	220,98	0,92
	BR 401	730	88,83	82,86	0,93
	BR 402	872	222,79	211,07	0,95
Florescimento feminino	BR 400	758	289,10	284,03	0,98
	BR 401	751	79,15	69,12	0,87
	BR 402	929	299,71	273,77	0,91
Estatura de planta	BR 400	203	76,52	56,87	0,74
	BR 401	204	59,81	36,90	0,62
	BR 402	265	90,40	53,54	0,59
Inserção de espiga	BR 400	104	85,73	64,22	0,75
	BR 401	103	38,34	18,95	0,49
	BR 402	162	86,78	53,46	0,62

para os caracteres nas populações do ciclo 1 foi semelhante à do ciclo 0 (Tabela 9). Os valores similares de herdabilidade observados após a seleção realizada sugerem que a variabilidade genética presente entre as famílias foi mantida de um ciclo para outro.

### **3.4. Conclusões**

Existe variabilidade genética dentro das populações BR 400, BR 401 e BR 402, a qual possibilitou ganhos genéticos para os caracteres florescimento masculino, florescimento feminino, estatura de planta e altura de inserção de espiga.

A seleção realizada não esgotou a variabilidade genética dentro das populações e não modificou as frequências genotípicas dos caracteres selecionados indiretamente nas três populações, a exceção do teor de sólidos solúveis totais na população BR 402.

## **4. ESTIMATIVA DE HERDABILIDADE PARA CARACTERES DE QUALIDADE DE GRÃO E ESPIGA EM MILHO DOCE**

### **4.1.Introdução**

As características agronômicas importantes em uma planta de milho doce são similares às de uma planta de milho comum; entretanto, alguns caracteres são exigências específicas, como espessura de pericarpo reduzida, elevados teores de sólidos solúveis, principalmente açúcares simples e sacarose, e bom empalhamento de espigas (Tracy, 1997). Os dois primeiros caracteres são limitantes da comercialização no mercado internacional, principalmente quando ocorre a tributação sobre o açúcar adicionado ao milho doce durante o processamento (Tracy, 1997). O empalhamento eficiente da espiga é a principal forma de resistência ao ataque da lagarta da espiga (Joyce & Davis, 1995; Lynch et al., 1999; Gardner et al., 2000 ), favorecendo a produção sem problemas fitossanitários.

O desenvolvimento de variedades com reduzida espessura de pericarpo, elevados teores de sólidos solúveis e com baixo percentual de espigas descobertas poderá favorecer a comercialização do milho doce pela abertura de novos mercados para exportação, os quais são exigentes em termos de qualidade de grão. No entanto, a

existência de variabilidade genética é condição indispensável para o melhorista selecionar eficientemente em populações segregantes. Portanto, é necessário o conhecimento do grau de relacionamento entre os genitores e a progênie, o qual é obtido por meio da estimativa de herdabilidade. Uma correta estimativa deste parâmetro permite ao melhorista escolher o tipo de método a ser utilizado na condução de populações e a intensidade de seleção a ser empregada em cada caráter, bem como estimar os ganhos genéticos a serem obtidos (Carvalho et al., 1981).

Em populações de milho doce a herdabilidade, tem sido estimada em famílias de meio-irmãos, irmãos inteiros e famílias oriundas de autofecundações  $S_1$  ou  $S_2$  (Abedon & Tracy, 1999). Os valores de herdabilidade para espessura de pericarpo encontrados na literatura têm sido de médios a altos, variando de 0,55 (Ito & Brewbaker, 1991) a 0,80 (Helm & Zuber, 1972). O ganho genético obtido por Ito & Brewbaker (1981) para redução da espessura na população *Hawaiian Super-sweet #9* foi de 9,2% por ciclo. Para o caráter teor de sólidos solúveis totais não foram encontradas estimativas de herdabilidade na literatura; entretanto, Wong et al. (1994) apontaram que a interação genótipo x ambiente era mais importante na determinação do caráter do que o efeito de genótipo. A herdabilidade estimada para percentagem de espigas descobertas variou em função dos genótipos, com os maiores valores em torno de 0,60; no entanto, alguns autores ressaltaram que o ambiente influenciava decisivamente na expressão do caráter (Hansen et al., 1977; Brewbaker & Kim, 1979; Rubino & Davis, 1990).

Os objetivos deste trabalho foram estimar a herdabilidade para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis e percentagem de espigas descobertas,

bem como estimar o progresso genético para estes caracteres em três populações de milho doce.

#### 4.2. Material e Métodos

As avaliações dos genótipos a campo foram realizadas na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul – RS. As populações de polinização aberta utilizadas foram BR 400, baseada no gene *brittle 1* (*bt<sub>1</sub>*), BR 401 e BR 402, contendo o gene *sugary 1* (*su<sub>1</sub>*), todas desenvolvidas pela EMBRAPA. As populações BR 400 e BR 401 foram desenvolvidas à partir de material genético introduzido do Haváí, séries *supersweet* e *sweet* respectivamente, e BR 402 do germoplasma Doce de Cuba (Reifschneider et al., 1984). Os cruzamentos para a formação das famílias foram realizados manualmente no ano agrícola de 1998/1999, sendo desenvolvidas famílias de irmãos inteiros nas populações BR 400 e BR 401 e meio-irmãos na população BR 402. No ano agrícola de 1999/2000 foram avaliadas 47 famílias dentro da população BR 400, 23 dentro da população BR 401 e 36 dentro da população BR 402. No ano agrícola 2000/2001 foram avaliadas 30 famílias de meio-irmãos em cada população. Estas famílias foram obtidas no inverno de 2000, sendo que nenhuma seleção foi realizada para os caracteres avaliados. Deste modo, foram realizadas duas estimativas independentes de herdabilidade, pois as famílias avaliadas eram amostras aleatórias das populações.

As sementes das famílias foram semeadas em parcelas de uma linha de cinco metros, com espaçamento entre linha de 0,7 m. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco e três repetições no primeiro e segundo anos,

respectivamente. A densidade final de plantas nos dois anos foi de, aproximadamente 42.000 plantas/ha.

A adubação de base utilizada nos dois anos foi de 40 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ . A cobertura com nitrogênio foi realizada em única aplicação em 1999/2000, no estágio V 6-7 (Ritchie et al., 1992) e duas aplicações em 2000/2001, nos estádios V 3-4 e V 6-7, na forma de uréia, totalizando 90 kg de N em cobertura por hectare. O controle de plantas daninhas e pragas, bem como a irrigação foram realizados objetivando suprir as necessidades da cultura.

Os caracteres avaliados no experimento foram espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%). Para controlar variações quanto a diferenças nos dias de polinização, todas as espigas foram protegidas com sacos plásticos à medida que emergiam das bainhas foliares. Quando aproximadamente 85% das espigas, de cada parcela, estavam com os estigmas visíveis estas foram desprotegidas. Grãos do terço médio e de fileiras adjacentes de quatro espigas por parcela foram colhidos 25 dias após a desproteção das espigas e congelados a  $-18^{\circ}C$ . A técnica utilizada para determinar a espessura de pericarpo consistiu em obter imagens de dois grãos por parcela, remover o pericarpo do lado oposto ao do embrião com o auxílio de um bisturi e realizar novas imagens de cada um dos grãos. A diferença média de espessura entre as imagens dos grãos com e sem pericarpo, foi considerada como a espessura do pericarpo, adaptando o procedimento descrito por Cabral (2000). O teor de sólidos solúveis totais, os quais são compostos principalmente por açúcares simples e sacarose, foi avaliado em cinco grãos por parcela previamente congelados, pela medida de graus brix, utilizando refratômetro manual. A



percentagem de espigas descobertas foi avaliada relacionado o número de espigas com a ponta descoberta em relação ao total de espigas da parcela.

Os dados do carácter percentagem de espigas descobertas foram transformados utilizando a relação arcoseno da raiz quadrada para obter uma distribuição normal. Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando o modelo de efeitos aleatórios, o qual permitiu a estimativa de variâncias e herdabilidades para as populações, de acordo com o proposto por Paterniani & Miranda Filho (1980). A

herdabilidade foi estimada como  $h^2 = \frac{\sigma_{Gf}^2}{\sigma_{Ff}^2}$ , onde  $h^2$ = herdabilidade,  $\sigma_{Gf}^2$ = variância

genotípica entre famílias e  $\sigma_{Ff}^2$ = variância fenotípica entre famílias. O ganho genético

foi estimado pela fórmula  $GS = \frac{k\sigma_{Gf}^2}{\sqrt{\sigma_{Ff}^2}}$ , onde GS= ganho genético estimado; k=

intensidade de seleção,  $\sigma_{Gf}^2$ = variância genotípica entre famílias e  $\sigma_{Ff}^2$ = variância fenotípica entre famílias.

### 4.3. Resultados e Discussão

A análise de variância detectou diferenças significativas entre as famílias nos dois anos para o carácter espessura de pericarpo, por outro lado, para teor de sólidos solúveis totais e percentagem de espigas descobertas as diferenças foram significativas apenas no ano de 2000/2001 (Tabela 10).

A população BR 400 apresentou, na média das famílias, a maior espessura de pericarpo e a BR 402 a menor nas avaliações em cada um dos anos, sendo que não foram detectadas diferenças entre as populações BR 400 e BR 401 (Tabela 11). Os valores encontrados foram superiores à média obtida em populações de polinização

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%), para os anos de 1999/2000 e 2000/2001 em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Causa de Variação	GL		Quadrado Médio					
			Espessura de pericarpo		Sólidos solúveis totais		Espigas descobertas	
			99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01
BR 400								
Bloco	4	2	1225,46 ns	26,29 ns	3,68 ns	5,03 ns	0,0204 ns	0,0319 ns
Família	45	29	1844,61 *	986,80 **	3,44 ns	7,47 **	0,0176 ns	0,0675 **
Erro	117	58	1091,33	72,75	2,58	2,38	0,0182	0,0320
CV (%)			24,00	9,68	16,23	12,12	23,04	24,13
BR 401								
Bloco	4	2	9624,63 **	88,45 ns	1,58 ns	3,77 ns	0,0414 *	0,2128 ns
Família	22	29	2580,76 **	866,97 **	2,74 ns	11,92 **	0,0137 ns	0,0523 **
Erro	53	58	1055,37	36,00	2,11	3,48	0,0131	0,0213
CV (%)			24,87	4,54	34,93	13,97	22,28	22,87
BR 402								
Bloco	4	2	37,50 *	165,05 **	9,42 *	3,09 ns	0,0175 *	0,0047 ns
Família	35	29	1160,80 **	611,47 **	4,05 ns	17,86 **	0,0062 ns	0,0340 **
Erro	70	58	12,71	29,79	2,74	4,39	0,0074	0,0093
CV (%)			4,08	4,84	23,11	14,69	33,75	29,91

\*,\*\* Diferenças significativas a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Tabela 11 - Médias e número de famílias selecionáveis (NFS) considerando uma intensidade de seleção de 20% para redução da espessura de pericarpo (microns), incremento do teor de sólidos solúveis totais (brix) e redução da percentagem de espigas descobertas (%) para cada um dos anos de estudo em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Populações	Espessura de pericarpo		Sólidos solúveis totais		Espigas descobertas	
	Média	NFS	Média	NFS	Média	NFS
1999/2000						
BR 400	138 a <sup>1</sup>	14	9,7 a <sup>1</sup>	10	33,0 a <sup>1</sup>	16
BR 401	131 a	9	4,8 c	7	25,0 b	7
BR 402	87 b	19	7,0 b	9	10,0 c	10
2000/2001						
BR 400	136 a	10	12,7 a	8	37,0 a	14
BR 401	132 a	14	13,3 a	10	18,0 b	15
BR 402	105 b	6	14,3 a	8	6,0 c	12

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

aberta de milho doce por Ito & Brewbaker (1991), indicando ser necessário a realização de seleção para reduzir o caráter. O número de famílias passíveis de seleção, utilizando uma intensidade de 20%, variou, de ano para ano, em cada população, sendo que no ano de 1999/2000 o número de famílias selecionáveis foi de 14, nove e 19 para as populações BR 400, BR 401 e BR 402, respectivamente (Tabela 11). No ano de 2000/2001 esse número foi menor para as populações BR 400 e BR 402 e maior na população BR 401 (Tabela 11). Este comportamento sugere que a influência do ambiente no desempenho das populações foi distinto em cada um dos anos em estudo, pois ocorreram alterações no comportamento das famílias dentro das populações. As famílias de melhor desempenho na população BR 402, população com menor espessura de pericarpo, apresentaram espessura de 72-78 microns, o que foi aproximadamente 50% acima dos valores de genótipos considerados de espessura fina por Zan & Brewbaker (1999).

No ano de 1999/2000, o maior teor de sólidos solúveis totais na média das famílias foi observado na população BR 400 e o menor na população BR 401 (Tabela 11). Por outro lado, as populações apresentaram comportamento similar para esse caráter no ano de 2000/2001. O maior teor de sólidos solúveis totais da população BR 400 no ano de 1999/2000, provavelmente, foi consequência desse milho ser do tipo super-doce, baseado no gene *brittle 1*, o que propiciou o acúmulo de teores mais elevados em comparação às demais, que são baseadas no gene *sugary 1* (Paiva et al. 1992). As diferenças entre as populações BR 401 e BR 402 provavelmente foram devidas à maior homeostasia da segunda, a qual apresentou menor sensibilidade à ocorrência de estresses ambientais no ano de 1999/2000 e possibilitou o acúmulo de maior teor de sólidos solúveis totais no grão. Os estresses ambientais foram causados

principalmente pela baixa precipitação pluviométrica na estação de crescimento de 1999/2000, na comparação com 2000/2001, e que associada a problemas na irrigação artificial não permitiu o atendimento das necessidades hídricas da cultura (Anexo 1).

O número de famílias localizadas no extremo superior foi semelhante entre as populações nos dois anos avaliados (Tabela 11). A média da família de melhor desempenho para o caráter no ano de 2000/2001, foi de 15,8, 15,0 e 14,8 graus brix para as populações BR 402, BR 401 e BR 400, respectivamente. Os teores de sólidos solúveis encontrados neste trabalho foram inferiores aos valores relatados por Wong et al. (1994), no entanto, estes autores realizaram a determinação em híbridos com o gene *shrunk2*, onde ocorre um grande acúmulo de açúcares, especialmente sacarose.

A média do caráter percentagem de espigas descobertas nas populações foi de 21,5%, sendo que os valores extremos foram observados no ano 2000/2001, com 6,0% e 37,0% em BR 402 e BR 400, respectivamente. As diferenças entre as populações na média das famílias foram significativas, sendo que o melhor desempenho, nos dois anos avaliados, foi apresentado pela população BR 402 (Tabela 11). O número de famílias selecionáveis foi semelhante nas populações BR 400 e BR 402, nos dois anos; entretanto, na população BR 401 seriam selecionadas sete famílias em 1999/2000 e 15 em 2000/2001. As famílias de melhor desempenho foram observadas na população BR 402 e os valores oscilaram entre 0,3 e 1,7% de espigas descobertas, os quais podem ser considerados reduzidos. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os obtidos por Brewbaker & Kim (1979), no qual os autores encontraram variação significativa para o caráter entre híbridos de milho comum quando avaliados em diferentes anos.

A variância fenotípica estimada para o caráter espessura de pericarpo foi semelhante nos dois anos nas populações BR 400 e BR 402; contudo, na população BR

401 ocorreu decréscimo dos valores estimados do primeiro para o segundo ano (Tabela 12). No caráter teor de sólidos solúveis totais as estimativas de variância fenotípica de 1999/2000 foram inferiores às obtidas no ano de 2000/2001 e para percentagem de espigas descobertas as estimativas de variância fenotípica obtidas no ano de 2000/2001 foram ligeiramente inferiores ao ano anterior (Tabela 12). A comparação dos valores estimados de variância aditiva mostrou que as estimativas do ano de 2000/2001 foram superiores para todos os caracteres, com exceção da espessura de pericarpo nas populações BR 401 e BR 402 (Tabela 12). As estimativas obtidas para espessura de pericarpo foram superiores às obtidas por Ito & Brewbaker (1991) em avaliações da espessura de pericarpo em linhagens de milho doce e comum.

Os valores de herdabilidade estimados no ano de 2000/2001 e na população BR 402 no ano de 1999/2001 foram no sentido restrito, porque as famílias avaliadas eram de meio-irmãos, onde apenas a variância aditiva estava presente. Para as demais populações, no primeiro ano, foram avaliadas famílias de irmãos inteiros, onde uma fração ( $\frac{1}{4}$ ) de dominância estava presente, sendo então no sentido amplo. Para o caráter espessura de pericarpo, as estimativas apresentaram variações de 0,41 a 0,99 nas populações BR 401 e BR 402, respectivamente, no ano de 1999/2000 (Tabela 13). No ano de 2000/2001 as variações foram menores, de 0,82 na população BR 400 a 0,95 na população BR 401. Neste trabalho, os resultados obtidos para o caráter foram superiores aos valores encontrados para milho comum e para milho doce (Helm & Zuber, 1972; Ho et al., 1975; Ito & Brewbaker, 1991).

Tabela 12 - Variância fenotípica e variância aditiva estimadas para os caracteres espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%) para cada um dos anos de estudo em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Populações	Espessura de pericarpo		Sólidos solúveis totais		Espigas descobertas <sup>1</sup>	
	Fenotípica	Aditiva	Fenotípica	Aditiva	Fenotípica	Aditiva
1999/2000						
BR 400	368,92	150,66	0,69	0,17	0,0352	0,0082
BR 401	516,15	305,08	0,55	0,26	0,0274	0,0046
BR 402	232,16	229,62	0,81	0,26	0,0184	0,0012
2000/2001						
BR 400	328,93	271,35	2,49	1,70	0,0225	0,0118
BR 401	288,99	276,99	3,97	2,81	0,0174	0,0103
BR 402	203,82	193,89	5,95	4,49	0,0113	0,0082

<sup>1</sup> Os valores foram estimados para a variável transformada.

Tabela 13 - Herdabilidade estimada para os caracteres espessura de pericarpo (mícrons), teor de sólidos solúveis totais (brix) e percentagem de espigas descobertas (%), para cada um dos anos de estudo, em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

População	Espessura de pericarpo		Sólidos solúveis totais		Espigas descobertas	
	1999/2000	2000/2001	1999/2000	2000/2001	1999/2000	2000/2001
BR 400	0,41 <sup>1</sup>	0,82 <sup>2</sup>	0,25 <sup>1</sup>	0,68 <sup>2</sup>	0,23 <sup>1</sup>	0,53 <sup>2</sup>
BR 401	0,59 <sup>1</sup>	0,96 <sup>2</sup>	0,31 <sup>1</sup>	0,71 <sup>2</sup>	0,17 <sup>1</sup>	0,59 <sup>2</sup>
BR 402	0,99 <sup>2</sup>	0,95 <sup>2</sup>	0,32 <sup>2</sup>	0,75 <sup>2</sup>	0,15 <sup>2</sup>	0,73 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Herdabilidade estimada no sentido amplo.

<sup>2</sup> Herdabilidade estimada no sentido restrito.

As estimativas de herdabilidade no caráter teor de sólidos solúveis totais para o ano de 2000/2001 foram superiores aos valores de 1999/2000, sugerindo menor influência do ambiente sobre as famílias neste ano (Tabela 13). As variações em função do ano, obtidas neste estudo, estão de acordo com os dados de Wong et al. (1994) em híbridos de milho doce com o gene *shrunk 2*, os quais encontraram que no máximo 24% da variação no teor de sólidos solúveis totais era de origem genética.

A herdabilidade estimada para o caráter percentagem de espigas descobertas variou desde valores baixos no ano de 1999/2000 até médios a altos no ano de 2000/2001 (Tabela 13). Os valores de herdabilidade estimados para o ano de 1999/2000 foram inferiores às estimativas de Brewbaker & Kim (1979); no entanto, as estimativas de 2000/2001 foram semelhantes aos resultados obtidos por Hansen et al. (1977), os quais podem ser considerados de médios a altos.

Os maiores ganhos estimados para espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais foram observados nas populações BR 401, BR 402, enquanto para o caráter percentagem de espigas descobertas as populações BR 400 e BR 401 apresentaram valores idênticos (Tabela 14). Como existiam diferenças entre as médias das populações, foi estimado o ganho genético percentual, onde os maiores valores foram estimados na população BR 402 e os menores na população BR 400 para todos os caracteres (Tabela 14). Os ganhos estimados nas três populações para redução da espessura de pericarpo foram superiores aos obtidos por Ito & Brewbaker (1981). No entanto, devido às deficiências iniciais das populações para o caráter, serão necessários vários ciclos de seleção para atingir valores de espessura semelhantes aos apresentados por genótipos considerados de qualidade superior por Zan & Brewbaker (1999). No



Tabela 14 - Ganho genético estimado<sup>1</sup>, por ciclo, para os caracteres espessura de pericarpo ( microns), teor de sólidos solúveis totais ( brix ) e percentagem de espigas descobertas (%), com base nas avaliações realizadas na estação de crescimento 2000/2001. Porto Alegre - RS, 2001.

População	Espessura de pericarpo		Sólidos solúveis totais		Espigas descobertas	
BR 400	20,0 <sup>2</sup>	14,7 <sup>3</sup>	1,5 <sup>2</sup>	11,7 <sup>3</sup>	1,2 <sup>2</sup>	3,2 <sup>3</sup>
BR 401	22,0	16,7	1,9	14,6	1,2	6,4
BR 402	18,0	16,8	2,5	17,8	1,1	19,0

<sup>1</sup> Os ganhos foram estimados considerando uma intensidade de seleção de 20%,  $k=1,38$ .

<sup>2</sup> Ganhos estimados na unidade de medida do caráter

<sup>3</sup> Ganhos estimados em percentagem sobre a média

caráter teor de sólidos solúveis totais, quando se considera o progresso genético estimado, é necessário de quatro a cinco ciclos de seleção para atingir valores de 20 graus brix, os quais foram considerados por Wann et al. (1971) como teores adequados para processamento.

No caráter percentagem de espigas descobertas, as maiores deficiências foram observadas nas populações BR 400 e BR 401, o que exigirá um número maior de ciclos de seleção nestes genótipos do que na população BR 402. No entanto, a existência de variabilidade genética torna possível a obtenção de ganhos significativos pela seleção.

O comportamento dos caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais e percentagem de espigas descobertas, sugere que os mesmos são governados por vários genes. Isto implica que métodos que utilizem seleção fenotípica poderão ser eficientes apenas no início do processo de seleção, quando há grande variabilidade genética disponível. Após alguns ciclos de seleção, devido à redução da variância aditiva disponível, será necessário a utilização de métodos de melhoramento que envolvam testes de progênie e a recombinação dos indivíduos superiores para os caracteres em estudo.

#### **4.4. Conclusões**

Os maiores valores de herdabilidade estimados, nas três populações, foram para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais e percentagem de espigas descobertas, respectivamente.

Os valores de variância aditiva encontrados permitem a inferir a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos consideráveis, por meio de seleção, nas populações BR 400, BR 401 e BR 402 para os caracteres avaliados.

## **5. GANHOS GENÉTICOS ESTIMADOS EM TRÊS POPULAÇÕES DE MILHO DOCE UTILIZANDO ÍNDICES DE SELEÇÃO**

### **5.1. Introdução**

O desenvolvimento de novas variedades de milho doce deve contemplar a seleção de caracteres relacionados com a qualidade de grão e de espiga. No entanto, o melhorista não pode descuidar dos caracteres agronômicos, principalmente aqueles envolvidos na adaptação ao ambiente, o que torna necessária realização de seleção simultânea para vários caracteres (Tracy, 1990). Tradicionalmente, essa tarefa é realizada de forma intuitiva, porém à medida que ocorre o aumento no número de caracteres considerados, diminui a eficiência de seleção (Hallauer & Miranda Filho, 1988).

As alternativas disponíveis aos melhoristas, segundo Hallauer & Miranda Filho (1988), para seleção de vários caracteres simultaneamente são a seleção em tandem, ou seja, seleção em um caráter de cada vez por vários ciclos, até atingir o nível adequado; seleção por níveis independentes de eliminação, a qual consiste em selecionar os diversos caracteres em seqüência dentro da população em uma mesma geração, e o emprego de índices de seleção.

Os índices de seleção são combinações lineares que permitem a seleção para vários caracteres simultaneamente, possibilitando a melhoria como um todo das populações, sendo, portanto, uma ferramenta adequada para utilização em programas de seleção recorrente (Williams, 1962). O primeiro índice de seleção foi proposto por Smith (1936). Posteriormente, Hazel (1943) complementou esta metodologia com a definição e a aplicação do conceito de agregado genotípico, como sendo uma função linear dos valores genéticos ponderados pelos relativos pesos econômicos, passando então a ser conhecido como índice de Smith-Hazel. Esta metodologia é considerada ótima quando estão disponíveis estimativas adequadas de variâncias e covariâncias, contudo, esses parâmetros nem sempre são corretamente estimados. Assim sendo, Williams (1962) propôs um índice baseado em valores fenotípicos médios dos caracteres, multiplicados pelas respectivas ponderações econômicas.

O estabelecimento correto de ponderações econômicas para os vários caracteres sob seleção é uma necessidade do modelo; no entanto, a sua definição pode ser uma tarefa complexa (Cruz & Regazzi, 1997). Em função da dificuldade na estimativa das ponderações a serem utilizadas, Pesek & Baker (1969) desenvolveram um índice que estima as ponderações econômicas para serem empregadas no índice de seleção a partir dos ganhos desejados pelo melhorista.

Os objetivos deste trabalho foram estimar as correlações genotípicas e comparar os ganhos genéticos preditos, utilizando diferentes índices e critérios de ponderação, em seleção para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura de planta e florescimento masculino em três populações de milho doce.

## 5.2. Material e Métodos

As avaliações dos genótipos a campo foram realizadas na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul - RS. As populações de polinização aberta utilizadas foram BR 400, baseada no gene *brittle 1* (*bt<sub>1</sub>*), BR 401 e BR 402, contendo o gene *sugary 1* (*su<sub>1</sub>*), todas desenvolvidas pela EMBRAPA. As populações BR 400 e BR 401 foram desenvolvidas à partir de material genético introduzido do Havaí, séries *supersweet* e *sweet* respectivamente, e BR 402 do germoplasma Doce de Cuba (Reifschneider et al., 1984).

No ano agrícola de 2000/2001 foram avaliadas 30 famílias de meio irmãos, dentro de cada população, em um experimento em blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais utilizadas foram de uma fileira de 5 m. Foram semeadas 20 sementes por linha e 25 dias após a emergência foi realizado um desbaste para 14 plantas, correspondendo a uma densidade de, aproximadamente, 42.000 plantas/ha. A adubação de base utilizada foi de 40 kg/ha de nitrogênio (N), 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O. A cobertura com nitrogênio foi realizada em duas aplicações nos estádios V 3-4 e V 6-7 (Ritchie et al., 1992) na forma de uréia, totalizando 90 kg de N em cobertura por hectare. O controle de plantas daninhas e pragas, bem como a irrigação, foram realizados objetivando suprir as necessidades da cultura.

Para controlar variações quanto a diferenças nos dias de polinização todas as espigas foram protegidas com sacos plásticos à medida que emergiam das bainhas foliares. Quando aproximadamente 85% das espigas estavam com os estigmas visíveis,

estas foram desprotegidas. Grãos do terço médio e de fileiras adjacentes de quatro espigas por parcela foram colhidos 25 dias após a desproteção das espigas e foram congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Os caracteres avaliados no experimento foram espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), estatura de planta (cm) e florescimento masculino (Graus Dias = acúmulo térmico, considerando à temperatura média diária -  $10^{\circ}\text{C}$ , para que 50% das plantas da parcela estivessem liberando pólen). Para controlar variações quanto a diferenças nos dias de polinização, todas as espigas foram protegidas com sacos plásticos à medida que emergiam das bainhas foliares. Quando aproximadamente 85% das espigas, de cada parcela, estavam com os estigmas visíveis estas foram desprotegidas. Grãos do terço médio e de fileiras adjacentes de quatro espigas por parcela foram colhidos 25 dias após a desproteção das espigas e congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$ . A técnica utilizada para determinar a espessura do pericarpo consistiu em obter imagens de dois grãos por parcela, remover o pericarpo do lado oposto ao do embrião com o auxílio de um bisturi e realizar novas imagens de cada um dos grãos. A diferença média de espessura entre as imagens dos grãos com e sem pericarpo, foi considerada como a espessura do pericarpo, adaptando o procedimento descrito por Cabral (2000). O teor de sólidos solúveis totais, os quais são compostos principalmente por açúcares simples e sacarose, foi avaliado em cinco grãos por parcela previamente congelados, pela medida de graus brix, utilizando refratômetro manual.

Os resultados foram submetidos à análise de variância para estimativa de covariâncias e correlações, de acordo com o descrito por Cruz & Regazzi (1997). Posteriormente, foram estimados os ganhos genéticos utilizando os índices de seleção de Smith-Hazel e Williams (1962), empregando como ponderações valores obtidos por

tentativas, os quais buscavam maximizar os ganhos estimados para cada caráter, a herdabilidade dos caracteres e o coeficiente de variação genética. No índice de Pesek & Baker (1969), os ganhos foram estimados considerando valores desejados iguais a 10% da média de cada caráter. As estimativas foram realizadas por meio da utilização do aplicativo GENES (Cruz, 1997).

### 5.3. Resultados e Discussão

Os coeficientes de correlação genotípica observados entre os caracteres estatura de planta e florescimento masculino nas três populações e estatura de planta e teor de sólidos solúveis totais na população BR 402 foram significativos (Tabela 15). Os resultados encontrados nas correlações sugerem que a obtenção de ganhos genéticos significativos através de seleção indireta é difícil, porque os valores foram de baixos a médios, exigindo então a utilização de seleção direta sobre os caracteres. De outro modo, a realização prioritária de seleção para diminuir a espessura de pericarpo e aumentar o teor de sólidos solúveis totais, caracteres relacionados à qualidade em milho doce, poderia aumentar o ciclo e a estatura nas populações BR 400 e BR 401, devido à ocorrência de correlações positivas entre estes caracteres. Na população BR 402, as correlações entre estatura e ciclo e o caráter teor de sólidos solúveis totais foram negativas, e o aumento deste último não causaria, a princípio, modificações indesejáveis nos caracteres adaptativos.

Os ganhos estimados por meio dos índices para o aumento do teor de sólidos solúveis totais e redução da espessura de pericarpo, estatura de planta e do acúmulo

Tabela 15 - Coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), estatura de planta (cm) e florescimento masculino (Graus Dias), avaliados em três populações de milho doce. Porto Alegre - RS, 2001.

Caracteres	Espessura de pericarpo	Teor de sólidos solúveis	Estatura de planta	Florescimento masculino
BR 400				
Espessura de pericarpo	1,00	-0,38 ns	0,42 ns	-0,08 ns
Sólidos solúveis totais		1,00	0,40 ns	0,42 ns
Estatura de planta			1,00	0,56 **
Florescimento masculino				1,00
BR 401				
Espessura de pericarpo	1,00	0,34 ns	0,43 ns	0,12 ns
Sólidos solúveis totais		1,00	0,41 ns	0,42 ns
Estatura de planta			1,00	0,58 **
Florescimento masculino				1,00
BR 402				
Espessura de pericarpo	1,00	-0,14 ns	0,17 ns	0,25 ns
Sólidos solúveis totais		1,00	-0,61 **	-0,41 ns
Estatura de planta			1,00	0,51 *
Florescimento masculino				1,00

\*, \*\* Coeficientes de correlação significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste r.

<sup>ns</sup> Coeficientes de correlação não significativos a 5% de probabilidade pelo teste r.



térmico para o florescimento masculino foram variáveis conforme a população (Tabela 16). Os ganhos preditos pelo índice Smith-Hazel, quando a ponderação utilizada foi por tentativas ou por coeficiente de variação genética, foram no sentido desejado em todos os caracteres para as três populações. A utilização da herdabilidade propiciou a obtenção de ganhos desejáveis apenas na população BR 400, sendo que nas demais populações diminuiu o teor de sólidos solúveis totais, o que é indesejável (Tabela 16). O índice de seleção de Williams (1962) possibilitou a estimativa de ganhos desejados em todos os caracteres nas três populações, com exceção da diminuição do teor de sólidos solúveis na população BR 401 quando foi utilizada a ponderação do coeficiente de variação genética (Tabela 16). Os ganhos estimados por meio do índice de Pesek & Baker (1969) foram no sentido desejado para os quatro caracteres apenas na população BR 402. Nas demais populações, foram obtidas estimativas indesejáveis, sendo aumento da espessura de pericarpo na população BR 400 e diminuição do teor de sólidos solúveis totais na população BR 401 (Tabela 16).

Os ganhos estimados pelos índices Smith-Hazel e de Williams (1962) apresentaram valores semelhantes para os quatro caracteres, especialmente quando a ponderação utilizada nos dois índices foi a mesma. Por outro lado, os valores observados no índice de Pesek & Baker (1969) foram distintos para os caracteres teor de açúcar e espessura de pericarpo. A estimativa de valores semelhantes entre os índices de Smith-Hazel e de Williams (1962) é freqüente, especialmente quando as variâncias e covariâncias são predominantemente de origem genética (Crosbie et al., 1980). Da mesma forma, divergências entre os valores obtidos por estes índices em relação aos resultados obtidos com o índice de Pesek & Baker (1969) são comuns, porque a

Tabela 16 - Médias dos caracteres espessura de pericarpo (microns), teor de sólidos solúveis totais (brix), teor de sólidos solúveis totais (brix), estatura de planta (cm) e florescimento masculino (Graus Dias) e estimativas de ganhos genéticos nas populações BR 400, BR 401 e BR 402 utilizando diferentes índices de seleção. Porto Alegre - RS, 2001.

Caracteres	Médias	Índices de Seleção <sup>1</sup>							
		SHPE	SHh <sup>2</sup>	SHCVg	WPE	Wh <sup>2</sup>	WCVg	PB10%	
		BR 400							
Espessura de pericarpo	136,0	-10,96	-7,82	-10,96	-9,03	-7,82	-11,35	2,84	
Sólidos solúveis totais	12,7	1,65	0,35	1,65	1,60	0,35	1,82	2,98	
Estatura de planta	202,6	-0,15	-3,67	-0,15	-1,77	-1,63	-1,17	-2,17	
Florescimento masculino	730,9	-0,67	-0,78	-0,67	-1,00	-1,76	-1,08	-1,00	
		BR 401							
Espessura de pericarpo	132,0	-6,40	-9,10	-10,87	-8,51	-9,98	-10,87	-2,72	
Sólidos solúveis totais	13,3	4,70	-2,89	-1,25	3,68	1,98	-1,25	-5,41	
Estatura de planta	204,2	-1,52	-0,28	-0,89	-1,83	-0,91	-0,89	-2,11	
Florescimento masculino	729,9	-0,78	-0,95	-0,44	-0,52	-0,69	-0,44	-0,01	
		BR 402							
Espessura de pericarpo	105,0	-10,12	-9,43	-9,57	-10,12	-8,93	-10,12	-2,39	
Sólidos solúveis totais	14,3	3,96	-0,81	6,09	3,96	0,93	3,96	7,83	
Estatura de planta	265,6	-0,59	-0,38	-0,21	-0,59	-0,84	-0,59	-1,74	
Florescimento masculino	871,9	-0,98	-1,42	-1,27	-0,98	-1,34	-0,98	-0,91	

<sup>1</sup> SH: Índice de seleção de Smith-Hazel; SHPE utilizando como ponderação econômica valores obtidos por tentativa para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura e florescimento masculino; SHh<sup>2</sup> empregando a herdabilidade do caráter como ponderação econômica; SHCVg utilizando o coeficiente de variação genética do caráter como peso econômico; W: Índice de seleção de Willians (1962); WPE empregando valores obtidos por tentativa como ponderação econômica para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura e florescimento masculino; Wh<sup>2</sup> usando a herdabilidade dos caracteres como ponderação econômica; WCVg utilizando o coeficiente de variação genética do caráter como peso econômico; PB10% índice de seleção de Pesek e Baker (1969) utilizando como ganhos desejados 10% da média de cada caráter.

filosofia utilizada na construção dos índices é distinta. Enquanto nos dois primeiros são utilizados diretamente as ponderações econômicas, no último estas são desenvolvidas através de uma fórmula a partir dos ganhos desejados pelo melhorista (Cruz & Regazzi, 1997). A seleção para os quatro caracteres nas três populações apresentou resultados que estão de acordo com os obtidos por Cruz et al. (1993), no qual os autores apontaram que o índice de Willians (1962) era mais eficiente do que o índice Smith-Hazel na seleção para aumento do teor de óleo e rendimento de espigas em milho comum. Por outro lado, para o caráter rendimento de grãos, as melhores respostas foram verificadas através do índice de Smith-Hazel. Neste trabalho os autores também observaram que o índice de Pesek & Baker (1969) foi inferior aos demais para as características relacionadas.

Os ganhos percentuais estimados por meio da utilização dos índices de seleção de melhor desempenho em cada população para o caráter espessura de pericarpo foram superiores aos valores de 9,2%, por ciclo encontrados por Ito & Brewbaker (1981) na seleção para redução da espessura na população *Hawaiian Super-sweet* #9. Para o caráter estatura de planta, os ganhos estimados foram semelhantes aos valores encontrados por Rubino & Davis (1990) na seleção para adaptação de germoplasma tropical para ampliar a variabilidade genética de milho doce em condições temperadas e de Byrne et al. (1995) em populações de milho comum. Os ganhos estimados para redução do ciclo, considerando uma temperatura diária média de 23° C até o florescimento, média dos últimos três anos no local de seleção, foram próximos aos encontrados por Troyer & Brown (1976) e Troyer (1986), nos quais os autores indicaram ganhos genéticos de 0,6 a 2,0 dias por ciclo em diversas populações de milho selecionadas especificamente para precocidade. No caso de seleção para aumento do

teor de sólidos solúveis totais não foram encontradas referências sobre ganhos genéticos e, deste modo, não foi possível comparar os ganhos estimados.

Os critérios recomendados para serem utilizados como ponderações nos índices variaram entre as populações devido a diferenças na magnitude das correlações entre os caracteres. Contudo, a utilização da herdabilidade dos caracteres ou do coeficiente de variação genética, informações disponíveis após a análise de variância, possibilitaram a obtenção de ganhos similares ou superiores aos obtidos com a utilização de ponderações obtidas por tentativa, as quais requerem maior tempo para sua obtenção através de estudos de simulação. Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Cruz et al. (1993), que recomendou a utilização do coeficiente de variação genética. Da mesma forma, Landi & Frascaroli (1995) e Weyhrich et al. (1998) utilizaram com sucesso a herdabilidade de vários caracteres como ponderadores nos índices de seleção, em estudos conduzidos em milho comum.

As famílias selecionadas dentro das três populações pela seleção para redução da espessura de pericarpo, estatura de planta e acúmulo térmico para o florescimento masculino e aumento do teor de sólidos solúveis totais são apresentadas na Tabela 17. A intensidade de seleção empregada em todos os casos foi de 20% do número de famílias avaliadas. Os resultados permitiram verificar que houve concordância, dentro das populações, entre os índices de Smith-Hazel e de Williams (1962) na maioria das famílias selecionadas; no entanto, o índice de Pesek & Baker (1969) apresentou pequena concordância em relação às famílias selecionadas pelos demais índices (Tabela 17). As famílias em que existiu a concordância entre os índices, apresentaram comportamento superior em relação às demais, sendo então prioridade a sua utilização na recombinação para o desenvolvimento da próxima geração das populações.

Tabela 17 - Famílias selecionadas nas populações BR 400, BR 401 e BR 402 para redução da espessura de pericarpo (mícrons), estatura de planta (cm) e acúmulo térmico para florescimento masculino (Graus Dias) e aumento do teor de sólidos solúveis totais (brix) por meio de vários índices de seleção, utilizando uma intensidade de seleção de 20% do total de famílias. Porto Alegre - RS, 2001.

Índices de seleção <sup>1</sup>	Famílias selecionadas		
	BR 400	BR 401	BR 402
SHPE	6, 8, 9, 10, 12, 17	2, 3, 5, 14, 15, 30	1, 5, 20, 25, 27, 29
SHh <sup>2</sup>	8, 9, 10, 11, 12, 17	2, 3, 10, 13, 28, 30	1, 5, 20, 25, 27, 29
SHCVg	6, 8, 9, 10, 12, 17	2, 10, 13, 14, 27, 30	1, 8, 20, 25, 27, 29
WPE	6, 8, 9, 10, 11, 16	2, 5, 14, 15, 17, 30	1, 20, 25, 26, 27, 29
Wh <sup>2</sup>	6, 8, 9, 10, 15, 16	2, 3, 10, 13, 14, 30	2, 5, 20, 25, 27, 29
WCVg	6, 8, 9, 10, 11, 12	2, 10, 13, 14, 27, 30	1, 20, 25, 26, 27, 29
PB10%	4, 10, 13, 16, 21, 28	1, 2, 5, 10, 18, 21	2, 7, 20, 22, 25, 26

<sup>1</sup> SH: Índice de seleção de Smith-Hazel; SHPE utilizando como ponderação econômica valores obtidos por tentativa para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura e florescimento masculino; SHh<sup>2</sup> empregando a herdabilidade do caráter como ponderação econômica; SHCVg utilizando o coeficiente de variação genética do caráter como peso econômico; W: Índice de seleção de Willians (1962); WPE empregando valores obtidos por tentativa como ponderação econômica para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura e florescimento masculino; Wh<sup>2</sup> usando a herdabilidade dos caracteres como ponderação econômica; WCVg utilizando o coeficiente de variação genética do caráter como peso econômico; PB10% índice de seleção de Pesek e Baker (1969) utilizando como ganhos desejados 10% da média de cada caráter.

Os resultados deste trabalho e de outros encontrados na literatura, como Crosbie et al., (1980), Cruz (1990), Cruz et al. (1993) indicaram que não existe um índice de seleção com aplicabilidade universal, o mesmo ocorrendo com as ponderações a serem utilizadas. Deste modo, os índices e as ponderações devem ser escolhidos pelo melhorista a partir de informações disponíveis nas populações de trabalho que estão sendo utilizadas. Da mesma forma, não existe nenhum impedimento para a substituição dos índices utilizados, quando é desejado aumentar os ganhos genéticos de determinados caracteres em relação aos demais.

#### **5.4. Conclusões**

Os coeficientes de correlação genotípica foram significativos ao avaliar as associações entre os caracteres estatura de planta e florescimento masculino nas três populações e teor de sólidos solúveis totais e estatura de planta na população BR 402.

As maiores estimativas de ganho genético nas populações BR 400 e BR 401 foram obtidas pela utilização do índice de Williams (1962), enquanto na população BR 402 os índices de Smith-Hazel e de Williams (1962) apresentaram os melhores resultados.

As ponderações que propiciaram aos índices de seleção as maiores estimativas de ganho genético nas populações BR 400 e BR 401 foram, respectivamente, o coeficiente de variação genética e obtidas por tentativas, enquanto na população BR 402 as maiores estimativas de ganho foram observadas empregando ponderações obtidas por tentativas, nos dois índices, e o coeficiente de variação genética no índice de Williams (1962).

## 6. CONCLUSÕES

As populações estudadas apresentaram variabilidade genética para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, percentagem de espigas descobertas, florescimento masculino e feminino, estatura de planta, altura de inserção de espiga e percentagem de plantas quebradas. Nestes caracteres os efeitos gênicos aditivos foram mais importantes, com exceção do teor de sólidos solúveis, o que sugere a possibilidade da obtenção de ganhos genéticos por meio de seleção.

A seleção realizada nos caracteres adaptativos estatura de planta, altura de inserção de espiga, florescimento masculino e feminino permitiu a obtenção de ganhos genéticos para estes caracteres. Por outro lado, a pressão de seleção empregada não esgotou a variabilidade genética dentro das populações e não modificou as frequências genotípicas, com exceção do teor de sólidos solúveis totais na população BR 402, dos caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, percentagem de espigas descobertas, percentagem de plantas quebradas e percentagem de plantas acamadas.

As estimativas de variância aditiva e herdabilidade, obtidas para os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais e percentagem de espigas descobertas, possibilitam a obtenção de ganhos genéticos utilizando seleção nas

populações BR 400, BR 401 e BR 402. Contudo, devido às deficiências iniciais das populações e a magnitude dos ganhos estimados, será necessário a realização de seleção a longo prazo para atingir níveis adequados nos caracteres relacionados com qualidade de grão e de espiga.

As correlações genotípicas entre os caracteres estatura de planta e florescimento masculino nas três populações e teor de sólidos solúveis totais e estatura de planta na população BR 402 foram significativos, porém com valores médios, o que requer seleção direta sobre os caracteres espessura de pericarpo, teor de sólidos solúveis totais, estatura de planta e florescimento masculino. Assim sendo, para estes caracteres as maiores estimativas de ganho genético nas populações BR 400 e BR 401 foram obtidas com o índice de Williams (1962), utilizando como ponderações o coeficiente de variação genética e obtidas por tentativas, respectivamente. Por outro lado, na população BR 402 os índices de Smith-Hazel, utilizando ponderações obtidas por tentativas e de Williams (1962), empregando ponderações obtidas por tentativas e o coeficiente de variação genética, apresentaram as maiores estimativas de ganho genético.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDON, B.G.; TRACY, W.F. Direct and indirect effect of full-sib recurrent selection for resistance to common rust (*Puccinia sorghi* Schw.) in three sweet corn population. **Crop Science**, Madison, v.38, n. 1, p. 56-61, 1998.

ABEDON, B.G.; DARRAH, L.L.; TRACY, W.F. Developmental changes associated with divergent selection for rind penetrometer resistance in the MoSCSSS maize synthetic. **Crop Science**, Madison, v.39, n.1, p.108-114, 1999.

BERGAMASCHI, H.; GUADANIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica da UFRGS**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. 60 f.

BOYER, C.D.; SHANNON, J.C. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 1, n.1, p.139-161, 1983.

BREWBAKER, J. L.; KIM, S.K. Inheritance of husk numbers and ear insect damage in maize. **Crop Science**, Madison, v.19, n.1, p. 32-36, 1979.

BYRNE, P.F. et al. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. **Crop Science**, Madison, v. 35, n.1, p.63-69, 1995.

CABRAL, C. B. **Herança de caracteres morfológicos para qualidade física do grão em aveia (*Avena sativa* L.)**. 2000. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

CARVALHO, F.I.F. et al. Herdabilidade do caráter estatura de planta de trigo. Estimativa através do coeficiente de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.16, n.1, p. 55-67, 1981.

COMPTON, W.A.; MUMM, R.F.; MATHEMA, B. Progress from adaptive mass selection in incompletely adapted maize populations. **Crop Science**, Madison, v.19, n.3, p. 531-533, 1979.

COMSTOCK, R.E. **Quantitative genetics with special reference to plant and animal breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1996. 421 p.

CRISÓSTOMO, J.R.; MÔRO, J.R.; ZINSLY, J.R. Estimação de parâmetros genéticos para seleção nos compostos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ-A e ESALQ-B. **O solo**, Piracicaba, v.73, n.1, p.44-50, 1981.

CROSBIE, T.M.; MOCK, J.J.; SMITH, O. S. Comparisons of gains by several methods for cold tolerance traits of two maize populations. **Crop Science**, Madison, v.20, n.5, p. 649-655, 1980.

CRUZ, C D. et al. A comparison of gains from selection among corn progenies, based on different criteria. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.16, n. 1, p.79-89, 1993.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, J. A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV - Imprensa Universitária, 1997. 390 p.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 1997. 442p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**, Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 1987. 279p.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. V. 1: Theory and technique. New York: McGraw-Hill, 1987. 528 p.

FERREIRA, D. F. et al. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 9, p. 1189-1194, 1995.

GARDNER, J.; HOFFMANN, M.; SMITH, M.E. Resistance to european corn borer in processing sweet corn. **Hortscience**, Alexandria, v.35, n.5, p. 871-874, 2000.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v.9, n.4, p.463-493, 1956.

HALLAUER, A. R. Potential of exotic germplasm for maize improvement. In W.L. WALDEN (ed). **International maize symposium**. New York: Mcgraw Hill, 1978. p.229-247.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HANSEN, L. A.; BAGGET, J.R.; ROWE, K. E. Quantitative genetic analysis of ten characteristics in sweet corn (*Zea mays* L.) **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.2, p.158-162, 1977.

HAZEL, H.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Menasha, v.28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HELM, J.L.; ZUBER, M.S. Pericarp thickness of dent corn inbred line. **Crop Science**, Madison, v.9, n.6, p. 803-804, 1969.

HELM, J.L.; ZUBER, M.S. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. **Crop Science**, Madison, v. 12, n.4, 428-430, 1972.

HO, L. C.; KRANNENBERG, L. W.; HUNTER, R. B. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v.17, n.4, p. 621-629, 1975.

HOTCHKISS, J.R.; REVILLA, P.; TRACY, W.F. Variation of cold tolerance among open-pollinated sweet corn cultivars. **Hortscience**, Alexandria, v.32, n.4, p.719-723, 1997.

ITO, G. M.; BREWBAKER, J. L. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.106, n. 4, p.496-499, 1981.

ITO, G. M.; BREWBAKER, J. L. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.6, p.885-889, 1991.

JOYCE, M.S.; DAVIS, D.W. Transmittability of ear resistance to European corn borer in sweet corn testcross and resistance stability. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.6, p.885-889, 1995.

LAMKEY, K.R.; HALLAUER, A.R. Heritability estimated from recurrent selection experiments in maize. **Maydica**, Bergamo, v.32, n.1, p.61-78, 1987.

LANDI, P.; FRASCAROLI, E. Responses to a modified reciprocal recurrent selection in two maize synthetics. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p. 791-797, 1995.

LYNCH, R.E. et al. Management of corn earworm and fall armyworm (Lepdoptera:Noctuidae) injury on a sweet corn hybrid expressing a cryIA(b) gene. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.92, n.5, p.1217-1222, 1999.

LOPES, U.V.; GALVÃO, J.D.; CRUZ, C.D. Inheritance of the flowering time in maize. I. Diallel Analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1267-1271, 1995.

MALVAR, R. A. et al. Identification of field corn inbreds adapted to Europe to improve agronomic performance of sweet corn hybrids. **Crop Science**, Madison, v.37, n. 4, p. 1134-1141, 1997.

PAIVA, E. et al. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.8, p.1213-1218, 1992.

- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. p. 217-274.
- PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, n. 6, p.803-804, 1969.
- PFARR, D. G.; LAMKEY, K. R. Evaluation of theory for identifying populations for genetic improvement of maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v.32, n.3, p.663-669, 1992.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; GAMA, E.E.G.; REIS, N.V.B. Milhos-doces: Superdoce (BR 400), Doce-de-ouro (BR 401) e Doce cristal (BR 402). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2, n.2, p.53-54, 1984.
- REVILLA, P.; TRACY, W. F. Isozyme variation and phylogenetic relationship among open-pollinated sweet corn cultivars. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.219-227, 1995.
- REVILLA, P. et al. Identifying open-pollinated populations of field corn as a source of cold tolerance for improving sweet corn. **Euphytica**, Dordrecht, v.101, n. 2, p. 239-247, 1998.
- RITCHIE, S.W. et al. How a corn plant develops. **Special Report nº48**, Iowa State University Cooperative Extension Service, Ames, 1992. Acessado eletronicamente em 13/06/2001 no endereço <http://www.maize.agron.iastate.edu/corngrows.html>.
- RUBINO, D.B.; DAVIS, D.W. Response of a sweet corn x tropical maize composite to mass selection for temperate-zone adaptation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 5, p.848-853, 1990.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v.7, n.1, p.240-250, 1936.
- STORK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.21, n.2 p.283-292, 1991.
- TEIXEIRA, F. F. et al. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência Agrotec.**, Lavras, v. 25, n.3, p. 483-488, 2001.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v.39, n. 6, p.1597-1604, 1999.
- TRACY, W. F.; GALINAT, W. C. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. **Hortscience**, Alexandria, v.22, n.4, p.645-647, 1987.
- TRACY, W. F.; JUVIK, J. A. Pericarp thickness of a shrunken-2 population of maize selected for improved field emergence. **Crop Science**, Madison, v.29, n.1, p.72-74, 1989.

TRACY, W. F. Potential of field corn germplasm for the improvement of sweet corn. **Crop Science**, Madison, v.30, n.5, p.1041-1045, 1990.

TRACY, W. F. History, genetics and breeding of supersweet (shrunken 2) sweet corn. **Plant Breeding Reviews**, New York, v.14, n.1, p.189-236, 1997.

TREAT, C. L.; TRACY, W. F. Endosperm type, biomass production, and stalk and root quality in sweet corn. **Crop Science**, Madison, v.34, n.2, p.396-399, 1994.

TROYER, A.F.; BROWN, W.L. Selection for early flowering in corn seven late synthetics. **Crop Science**, Madison, v.16, n. 3, p.767-772, 1976.

TROYER, A.F.; LARKINS, J.R. Selection for early flowering in corn: 10 late synthetics. **Crop Science**, Madison, v.25, n. 3, p.695-697, 1985.

TROYER, A.F. Selection for early flowering in corn: 18 adapted F<sub>2</sub> populations. **Crop Science**, Madison, v.26, n.2, p. 283-285, 1986.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**. Faculdade de Agronomia. Departamento de Plantas Forrageira e Agrometeorologia. Boletim Agrometeorológico da Estação Experimental Agrônômica, 2001. (dados não publicados).

VELASCO, P. et al. Ear feeding resistance of sweet corn inbreds to pink stem borer. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.3, p.268-272, 1999.

WANN, E.V.; BROWN, G.B.; HILLS, W.A. Genetic modifications of sweet corn quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.96, n.4, p.441-444, 1971

WEYHRICH, R.A.; LAMKEY, K. R.; HALLAUER, A. R. Response to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. **Crop Science**, Madison, v.38, n. 2, p. 308-321, 1998.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Alexandria, v.18, n.4, p. 375-393, 1962.

WONG, A. D. et al. Shrunken 2 sweet corn yield and chemical components of quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.4, p.747-755, 1994.

ZAN, G.H.; BREWBACKER, J.L. Seed quality of isogenic endosperm mutants in sweet corn. **Maydica**, Bergamo, v. 44, n.4, p.271-277, 1999.

## 8. APÊNDICES

Apêndice 1 - Médias históricas e das estações de crescimento de 1999/2000 e 2000/2001 de temperatura do ar (° C) e precipitação pluviométrica (mm), observadas nos meses de outubro a fevereiro, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS. Porto Alegre - RS, 2001.

Meses	Temperatura do ar			Precipitação Pluviométrica		
	Histórica	1999/2000	2000/2001	Histórica	1999/2000	2000/2001
Outubro	18,9	17,6	19,6	103,4	133,4	183,0
Novembro	21,0	19,5	20,2	107,9	27,0	107,7
Dezembro	23,4	22,5	22,5	95,7	106,3	75,5
Janeiro	24,8	24,2	24,2	115,8	49,6	171,3
Fevereiro	24,9	23,0	25,0	107,6	75,0	121,0

Fonte: Bergamaschi & Guadanin, 1990.  
UFRGS, 2001.

## 9. VITA

Elbio Treicha Cardoso, filho de Elio Prestes Cardoso e Maria Luci Treicha Cardoso, nasceu em 04 de novembro de 1972, em Canguçu, Rio Grande do Sul. É casado com Gilciane Cardoso e pai de uma filha, Estéfane.

Estudou o curso primário na Escola Mém de Sá e o ginásio no Colégio Municipal Marechal Castelo Branco (Canguçu - RS). Realizou o curso de Técnico Agrícola na Escola Estadual de 2º Canguçu de 1988 a 1990. Em 1991 ingressou na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, onde graduou-se em Engenheiro Agrônomo em janeiro de 1995. Foi bolsista de aperfeiçoamento no Departamento de Fitotecnia desta faculdade, de março de 1995 a fevereiro de 1996. No período de março de 1996 a fevereiro de 1998 realizou o curso de mestrado em Agronomia, tendo obtido o título Mestre em Ciências na área de concentração de Tecnologia de Sementes na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Em março de 1998 iniciou seus estudos de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.