

ANGELA KWIATKOWSKI

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, QUALIDADE E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DOS GRÃOS DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO DOCE**

MARINGÁ
PARANÁ - BRASIL
NOVEMBRO – 2007

ANGELA KWIATKOWSKI

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS, QUALIDADE E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DOS GRÃOS DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO DOCE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ
PARANÁ - BRASIL
NOVEMBRO – 2007

ANGELA KWIATKOWSKI

CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS, QUALIDADE E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DOS GRÃOS DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO DOCE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Carlos Alberto de Bastos Andrade

Prof. Dra. Ornella Maria Porcu

Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini

Prof. Dr. Edmar Clemente
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado o meu caminho e permitido completar mais esta etapa da minha vida.

À Universidade Estadual de Maringá - UEM.

Ao Prof. Dr. Edmar Clemente pela orientação e apoio.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim pelo importante auxílio, para que este trabalho se realizasse.

Aos Professores e Funcionários do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UEM.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

Em especial à Maria Tereza Alflen Kwiatkowski, minha mãe, e José Edmundo Kwiatkowski, meu pai, pelo carinho, apoio e compreensão durante todos os dias de realização desse estudo.

À Ana Paula Kwiatkowski dos Santos e Edson Bevenuto dos Santos pelo imenso carinho.

À Max Alves da Silva pelo carinho e compreensão em todos os momentos.

À Marcos de Araújo Rodovalho, Rafael Reccanello Barreto e os funcionários da Fazenda Experimental da UEM em Iguatemi – FEI, pela colaboração e apoio na condução do experimento.

Aos técnicos do Laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente (UEM) e ao Laboratório de Análise de Alimentos e Água (UEM).

Aos verdadeiros amigos que estiveram ao meu lado em todas as ocasiões.

A todos que contribuíram de alguma maneira para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Angela Kwiatkowski, filha de José Edmundo Kwiatkowski e Maria Teresa Alflen Kwiatkowski, nasceu em 10 de junho de 1981, na cidade de Campo Mourão, Paraná.

Diplomou-se em 22 de outubro de 2004, em Tecnologia em Alimentos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET, Unidade de Campo Mourão, atual Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), com a defesa do trabalho de diplomação intitulado “Utilização de farinha de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) para produção de empanado de frango” orientada pela professora Ailey Aparecida Coelho Tanamati.

Durante a graduação foi estagiária do Centro Integrado de Ensino Superior, atual Faculdade Integrado de Campo Mourão, onde posteriormente foi efetivada como técnica de laboratório.

Em março de 2006 ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Características do Milho Doce	3
2.2 A Planta do Milho Doce.....	4
2.3 Manejo da Cultura.....	5
2.4 Manuseio Pós-Colheita.....	6
2.5 Qualidade e Composição Química do Milho Doce.....	7
2.5.1 Carboidratos	9
2.5.1.1 Genes mutantes do endosperma que afetam a síntese de carboidratos.....	10
2.5.2 Extrato etéreo.....	12
2.5.3 Proteínas.....	12
2.5.4 Fibras	13
2.5.5 Material mineral (cinzas)	14
2.6 Utilização e Industrialização do Milho Doce.....	14
2.7 Melhoramento Genético e Avaliação de Cultivares no Brasil.....	16
2.8 Análise Dialélica	17
2.9 Tipos de Híbridos	20
2.9.1 Híbrido simples	23
2.10 Heterose.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Material	25
3.2 Condução do Experimento	25
3.3 Avaliações de Campo.....	26
3.3.1 Altura média de planta e espiga (m)	27

3.3.2 Massas das espigas sem palha.....	27
3.4 Análises de Composição Química.....	27
3.4.1 Determinação de açúcares redutores, açúcares totais e amido.....	28
3.4.2 Determinação de proteínas	29
3.4.3 Determinação de extrato etéreo.....	29
3.4.4 Determinação de fibras	29
3.4.5 Determinação das cinzas (material mineral).....	30
3.5 Correção e Transformação dos Dados	30
3.6 Análises Estatísticas	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Análise de Variância	32
4.2 Análise da Capacidade Combinatória	40
4.3 Estimção dos Efeitos das Capacidades de Combinação.....	42
4.3.1 Estimção dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC)	42
4.3.2 Estimção dos efeitos da capacidade de específica de combinação (CEC).....	45
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição química de cultivares comerciais de milho doce e super doce.....	09
Tabela 2	Tipos de híbridos de milho	21
Tabela 3	Dados de temperaturas e precipitação pluvial em Iguatemi, Distrito do Município de Maringá, no período de Outubro/2006 à Abril/2007.....	26
Tabela 4	Quadrados médios da Análise de Variância de cinco caracteres de 21 híbridos simples de milho doce, no delineamento de blocos completos com os tratamentos ao acaso, com quatro repetições, instalado em Iguatemi-PR, em 2006/2007, média geral dos tratamentos e coeficiente de variação para cinco caracteres, avaliados na cultura e em sementes de milho doce.....	32
Tabela 5	Quadrados médios da Análise de Variância de cinco caracteres de 21 híbridos simples de milho doce, no delineamento blocos completos com os tratamentos ao acaso, com quatro repetições, instalado em Iguatemi-PR, em 2006/2007, média geral dos tratamentos e coeficiente de variação, avaliados em sementes de milho doce.....	33
Tabela 6	Médias observadas de cinco caracteres de híbridos simples de milho doce, em Iguatemi-PR, 2006/2007.....	36
Tabela 7	Médias observadas de cinco caracteres de composição química de híbridos simples de milho doce, em Iguatemi-PR, 2006/2007.....	38
Tabela 8	Quadrados médios das capacidades combinatórias geral e específica Método 4 de Griffing Modelo Fixo (1956), quadrado médio do erro e médias dos quadrados dos efeitos das capacidades geral e específica para cinco caracteres de milho doce obtidos em nível de média na parcela.....	40

Tabela 9	Quadrados médios das capacidades combinatórias geral e específica Método 4 de Griffing Modelo Fixo (1956), quadrado médio do erro e médias dos quadrados dos efeitos das capacidades geral e específica para cinco caracteres de milho doce obtidos em nível de média na parcela.....	41
Tabela 10	Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) de sete linhagens de milho doce, para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)	43
Tabela 11	Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) de sete linhagens de milho doce, para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)	44
Tabela 12	Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)	47
Tabela 13	Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação de (\hat{S}_{ij}) para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Técnica para obtenção de linhagens puras de milho por autofecundação (LERAYER, 2006).....	21
Figura 2	Esquema de cruzamento para obtenção de híbrido simples de milho (LERAYER, 2006).....	23

RESUMO

KWIATKOWSKI, Angela, M.S. Universidade Estadual de Maringá, novembro de 2007. **Características agronômicas, qualidade e composição química dos grãos de híbridos simples de milho doce.** Professor Orientador: Dr. Edmar Clemente. Professor Conselheiro: Dr. Carlos Alberto Scapim.

O milho doce (*Zea mays* L.) possui ampla versatilidade, além de agregar valor ao produto. Este tipo de milho vem sendo consumido em diversos países na forma de espiga cozida “in natura”, congelada ou como grãos enlatados. No Brasil, várias agroindústrias fomentam a produção e comercialização do milho doce enlatado em conserva. Dessa forma, seu cultivo vem crescendo gradativamente, atraindo a atenção dos produtores de milho verde. O presente trabalho possui como objetivos: avaliar caracteres agronômicos, a qualidade e a composição química dos grãos de híbridos simples de milho doce apropriados para consumo "in natura" e, também, pela indústria de milho verde em conserva. As sete linhagens foram selecionadas e fornecidas para o cruzamento dialélico pelo Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá, sendo obtidos os 21 híbridos simples. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com quatro repetições. As características avaliadas no campo foram: altura de plantas, altura de inserção das espigas e massa das espigas sem palha (kg ha^{-1}). As avaliações químicas realizadas foram: determinação de açúcares redutores e totais, amido, proteínas, extrato etéreo, fibras e cinzas. Para as análises estatísticas, foi utilizada a análise de variância e na comparação das médias foi utilizado o teste de agrupamento Scott-Knott (1974) com probabilidade mínima de 5%. Para a análise de combinação entre as linhagens genitoras e os híbridos simples obtidos (capacidade geral de combinação – CGC - e capacidade específica de combinação - CEC) foi utilizado o método 4 de Griffing e o modelo fixo (1956). Os resultados médios obtidos indicam que, para a avaliação da altura de plantas e espigas, não houve diferença significativa

($P > 0,05$), e para a composição química, houve diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (1974) entre os híbridos avaliados. Na análise combinatória, as linhagens de milho doce que se destacaram para os cruzamentos realizados foram as linhagens L4 e L5. Os híbridos L4xL5 e L3xL7 são os mais indicados para produção, quando se objetiva a maior concentração de açúcares e menor teor de amido na composição.

Palavras-chave: *Zea mays* L., milho doce, híbridos simples, composição química.

ABSTRACT

KWIATKOWSKI, Angela, M.S. State University of Maringá, November, 2007. **Agronomic characteristics, quality and chemical compound of simple hybrids grains of sweet corn.** Major Professor: Dr. Edmar Clemente. Advisor: Dr. Carlos Alberto Scapim.

Sweet corn (*Zea mays* L.) possesses wide versatility, besides adding value to the product. This corn type has been consumed 'in natura' in several countries, in form of cooked ears, or in frozen or canned grains. In Brazil, several agribusinesses foment the production and commercialization of canned sweet corn. Thus, its cultivation has been growing gradually, attracting the attention of green corn producers. The present paper has as objective to evaluate the agronomic characters, the quality and the chemical composition of the grains of sweet corn, simple hybrids, appropriate for consumption 'in natura', and the corn to be used in the green corn industry. Seven lineages were selected and supplied for the dialectic crossing by the Program of Genetics Improvement of the State University of Maringá, thus obtaining 21 simple hybrids. The experimental outlining occurred by using complete randomized blocks with four replications. The characteristics appraised in the cultivars were: height of plants, height of ear insertion and mass of corn ears, without straw (kg ha^{-1}). The chemical evaluations carried out were the ones regarding: determination of reducer and total sugars, starch, proteins, ethereal extract, fibers and ashes. Variance analysis was used for the statistical analyses, whereas Scott-Knott cluster test (1974) was used in the comparison of averages, with a minimum probability of 5%. For the combining analysis, between the genitor lineages and the simple hybrids obtained (usual combination capacity - UCC - and specific combination capacity - SCC), both, method 4 and the fixed model by Griffing (1956) were used. The average results obtained showed that there was no significant difference when the evaluating the height of plants and corns ears ($P>0.05$), but on

the other hand, of chemical composition showed significant difference ($P < 0.05$) in the test regarding average clustering, by Scott-Knott (1974) for the hybrids appraised. But L4 and L5 sweet corn lineages were the ones highlighted for the crossings accomplished in the combining analysis. Both, L4xL5 and L3xL7 hybrids were the most suitable for production, when aiming at obtaining the largest concentration of sugars, together with the smallest content of starch, in its compound.

Key words: *Zea mays* L., sweet corn, simple hybrids, chemical compound.

1. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L.) é muito popular nos Estados Unidos, Canadá e Europa, sendo, habitualmente, consumido “in natura” na alimentação. O Brasil, como um dos maiores produtores de milho do mundo, possui, também, potencial para a produção de milho doce (PARENTONI et al., 1990; MAGGIO, 2006).

No Brasil, estimou-se em 2002, uma área cultivada de milho doce em torno de 12.000 ha, com uma produção de, aproximadamente, 84.000 t de espigas verdes (ARAGÃO, 2002). Em 2005, a área de cultivo aumentou para 36.000 ha, sendo praticamente 100% da produção destinada ao processamento industrial. Este seguimento tem crescido nos últimos anos e a tendência é a manutenção deste crescimento, visando, principalmente, o mercado para a exportação (BARBIERI et al., 2005).

O milho verde enlatado em grãos vem sendo vendido no país há muito tempo, sendo utilizado, em sua maioria, o produzido a partir do milho comum. Poucas indústrias utilizam o milho doce, em virtude da falta de cultivares adequados. São conhecidos apenas alguns híbridos plantados comercialmente (GAMA; PARENTONI; LEMOS, 1992).

Tem-se observado no mercado de milho verde, comercializado com e sem palha, muita desuniformidade. Isso mostra que o produtor ainda necessita de muitas informações a respeito de cultivares apropriadas para esse segmento de mercado cada vez mais promissor e exigente (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

No Brasil, algumas empresas vêm desenvolvendo programas de melhoramento para produção de cultivares de milho doce adaptados às nossas condições e que apresentam endosperma com conversão reduzida de açúcar em amido (GAMA et al., 1983; PARENTONI et al., 1991; FORNASIERI FILHO, 1992; SCAPIM; CRUZ; ARAÚJO, 1995).

Em face da crescente demanda de cultivares de milho doce, que reúnam as características requeridas pelos produtores e pelas indústrias enlatadoras e consumidores, faz-se necessária a obtenção de informações quanto aos controles genéticos de caracteres de qualidade e rendimento (TEIXEIRA et al., 2001).

A qualidade do milho doce é avaliada pela sua composição química, principalmente pela concentração dos carboidratos. Portanto, para analisar os resultados obtidos pelo melhoramento genético, a composição química do material, em avaliação, deve ser determinada (SCAPIM, 1994).

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar caracteres agronômicos, a qualidade e a composição química dos grãos de híbridos simples de milho doce, contendo o gene sugary-1 (su_1), para consumo “in natura” e para uso pela indústria de enlatamento, fornecendo, assim, informações sobre os melhores híbridos simples de milho doce a serem cultivados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características do Milho Doce

O milho doce (*Zea mays* L.) é classificado como especial. Destina-se, exclusivamente, ao consumo humano, possui alto valor nutricional e é utilizado, principalmente, como milho verde tanto “in natura” como para processamento (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002; OLIVEIRA JR.; PEREIRA; BRESSAN-SMITH, 2006).

Difere-se do milho comum, não por características taxonômicas, mas pelo alto teor de açúcares e baixo teor de amido. Na fase de grãos leitosos, isto é, milho verde, os grãos são tenros e apresentam maior teor de açúcares em relação ao milho verde comum (STORCK; LOVATO, 1991; SILVA, 1994). Devido a esse baixo teor de amido, não é indicado para elaboração de pratos como pamonha e curau (VALENTINI; SHIMOYA; COSTA, 2002).

Do ponto de vista botânico, grãos são frutos de cereais, como o milho. A semente é o óvulo maduro, do qual pode haver um ou mais desenvolvidos dentro do ovário de uma leguminosa, porém não mais de uma em uma gramínea (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977).

Parentoni et al. (1990) apresentam uma classificação para o milho doce em dois grupos básicos: o milho doce contendo o gene sugary (su) e o milho super doce contendo o gene brittle (bt), shrunken (sh) ou sugary enhancer (se). Os grãos de milho doce sugary possuem um alto teor de polissacarídeo solúvel em água (WSP = water soluble polysaccharide) - um carboidrato de cadeia ramificada, responsável pela melhor estrutura do grão (ARAGÃO, 2002).

O milho doce padrão é homozigoto para o gene recessivo (su₁), o que resulta em um aumento nos níveis de polissacarídeos solúveis em água em seu endosperma (primariamente fitoglicogênio) (WANN; BROWN; HILLS, 1971). O fitoglicogênio é altamente ramificado, sendo acumulado em quantidades

significativas no endosperma do milho doce (su_1). É mais ramificado do que a amilopectina - componente do milho com endosperma amiláceo (PEAT; WHELAN; TURVEY, 1956).

Os grãos de milho doce, em geral, possuem menor porcentagem de germinação quando comparadas ao milho comum (WATERS; BLANCHETTE, 1983). Esse desempenho inferior é atribuído, principalmente, a algumas características que as diferenciam. Entre essas estão: as menores quantidades de amido, a cristalização de açúcares no endosperma e a formação de espaços internos entre a camada de aleurona e o pericarpo das sementes, que ocorrem durante a desidratação, fazendo com que estas apresentem aspecto enrugado, o que torna o pericarpo mais frágil e mais suscetível a danos mecânicos e a entrada de patógenos (DOUGLAS; JUVIK; SPLITTSTOESSER, 1993).

2.2 A Planta do Milho Doce

A botânica e a reprodução do milho doce são idênticas as do milho comum (ARAGÃO, 2002). É originário da América, mais especificamente, nos países do México e Guatemala. A mais antiga espiga de milho foi encontrada no vale do Tehucan, datada de 7.000 a.C. Neste local, hoje se localiza o México (LERAYER, 2006). A planta apresenta porte médio de 1,30 a 2,50 m de altura, caule ereto, cilíndrico, fibroso, separado em porções por gomos e, geralmente, recoberto por uma parte da folha, denominada bainha (KUROZAWA, 2007).

As folhas dessa planta são de tamanho médio a grande, cor verde-escura a verde-clara, flexíveis e tem uma nervura central branca, lisa e bem visível. A planta produz flor masculina (flecha ou pendão), na sua parte mais alta, que produz os grãos de pólen e a flor feminina (espiga) à meia altura. Cada fio que sai da espiga é responsável pela produção de um grão, depois de fecundada. O milho doce produz bem em épocas do ano com média à alta temperatura e boa

disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo da planta (PAIVA et al., 1992; KUROSZAWA, 2007).

2.3 Manejo da Cultura

A cultura do milho doce deve atender alguns atributos que favoreçam uma boa produção, tais como: ter possibilidade de plantio durante o ano todo e produtividade em campo acima de 12 t ha⁻¹. O ciclo da cultura pode variar entre 90 e 110 dias com uniformidade de maturação das espigas. O manejo do milho doce, em relação à densidade, espaçamento, controle de pragas e plantas daninhas, adubação de plantio e cobertura e escalonamento de plantio e colheita, seguem o mesmo procedimento do milho comum. A colheita pode ser mecanizada ou manual, sendo que a colhedora rende ao redor de 100 t em 12 horas de serviço e a manual necessita de 8 a 10 homens por dia ha⁻¹ (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

Essa cultura exige maior precaução contra pragas, que são atraídas pela maior quantidade de açúcares nos grãos, e quanto ao maior número de sementes por metro linear, pois possuem poder germinativo inferior comparado ao milho comum (TOLEDO, 2001). Deve ser tolerante a algumas pragas, como lagarta-da-espiga e lagarta-do-cartucho, e ser resistente às principais doenças, como a mancha de *Phaeosphaeria*, ferrugem, helmitosporiose e enfezamento (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002).

A colheita das espigas é realizada quando os grãos estão em estado leitoso. Os grãos maduros quando secos ficam vítreos, devido à cristalização dos açúcares e ficam totalmente enrugados pelo baixo teor de amido na sua composição (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002). A denominação vítreo refere-se ao aspecto dos endospermas nos grãos quando sujeitos à luz. No endosperma farináceo, os espaços vagos permitem a passagem da luz, conferindo opacidade ao material. De forma oposta, a ausência de espaços entre os grânulos de amido e a matriz protéica

promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo ao endosperma observado nessas condições (PAES, 2006).

2.4 Manuseio Pós-Colheita

O milho doce é altamente perecível, em virtude de sua elevada taxa metabólica no período pós-colheita (BRAZ et al., 2006). A perda da doçura é rápida devido à hidrólise de sacarose que, no endosperma imaturo, é metabolizada para amido pela enzima sacarose-glucosil-transferase (TOSELLO, 1987). A ação dessa enzima e outras enzimas pode ser inativada com o processo de branqueamento e posterior armazenamento refrigerado. O branqueamento é um processo térmico de curto tempo de aplicação e é usado em hortaliças antes de serem submetidas a outros processos de conservação. Pode ser realizado com água quente ou vapor de água, seguido de um rápido resfriamento (ROMERO; BARRETT, 1997; EVANGELISTA, 2001).

Após a colheita, o milho doce passa por um processo de seleção, no qual são descartadas as espigas que apresentam danos externos aparentes (brocas, podridões, entre outros), e, as demais são classificadas tomando por referência o tamanho da espiga. Após a seleção, é feito o resfriamento do produto. Quanto mais rápido ocorrer o resfriamento, após a colheita, maior será a vida útil do produto. As técnicas mais empregadas para o resfriamento são o vácuo e o hidro-resfriamento (MORETTI; HENZ, 2003).

O armazenamento deve ser realizado em baixas temperaturas. Podem ser usadas temperaturas próximas de 0°C, mas nunca menores que -0,6°C, sob o risco de congelamento do produto. A temperatura de armazenamento afeta a velocidade de degradação dos açúcares. Altas temperaturas de armazenamento aceleram o metabolismo do produto, reduzindo significativamente o teor de açúcares. O milho doce pode perder até 14% do seu teor de açúcares, quando armazenado a 20°C por três horas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A utilização de híbridos melhorados para o consumo “in natura” e a adoção de técnicas de armazenamento apropriadas influenciam na vida de prateleira desse produto, permitindo a manutenção da qualidade do mesmo por períodos mais prolongados, beneficiando tanto o produtor quanto o consumidor final (BRAZ et al., 2006).

2.5 Qualidade e Composição Química do Milho Doce

Na área de produtos alimentícios, observa-se, além das exigências comuns aos demais produtos, preocupação crescente com a qualidade voltada para o valor nutricional do produto, com a aparência e com as características sensoriais ideais. A composição química é um aspecto importante para se conhecer as características do material em avaliação (MARCOS et al., 1999; FRANCO et al., 2002).

A composição dos grãos é definida em função das espécies e cultivares. Os atributos de qualidade têm sido melhorados pelo uso da genética e da biotecnologia (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Visando a finalidade a que se destina a espécie, para consumo “in natura” ou para processamento industrial, pesquisadores vêm realizando trabalhos para modificar os teores de determinadas substâncias no milho (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

O grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: o endosperma, o gérmen, o pericarpo (casca) e a ponta, que diferem em composição química e, também, na organização dentro do grão.

O endosperma representa aproximadamente 83% de massa seca do grão, consistindo em carboidratos (açúcares e amido), proteínas de reserva (8%) e carotenóides (zeaxantina, luteína, beta-criptoxantina, alfa e beta carotenos). O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) e dos minerais do grão, além de conter determinadas quantidades de proteínas (albuminas, globulinas e glutelinas) e açúcares.

O pericarpo, parede do ovário, representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. No milho, o pericarpo está presente juntamente com o tegumento (originário do óvulo).

A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977; PAES, 2006).

A composição química do grão de milho doce pode ser alterada por meio da manipulação genética. Somente nos últimos anos é que melhoristas tem dado maior atenção a este aspecto (ARAGÃO, 2002). Na Tabela 1, pode ser observada a composição química de híbridos (BR 420 e BR 421) e cultivares comerciais (BR 401 e BR 402) de milho doce e super doce (BR 400). Os híbridos BR 420 (Docemel) e BR 421 (Lili) são os dois primeiros híbridos desenvolvidos pelo programa de melhoramento da EMBRAPA (REIFSCHNEIDER; GAMA; PARENTONI NETO, 2007).

Tabela 1 – Composição química de híbridos e cultivares comerciais de milho doce e super doce.

Componentes	BR 420 (Docemel)	BR 421 (Lili)	BR 400 (Super doce)	BR 401 (Cristal-de- ouro)	BR 402 (Doce- cristal)
Sólidos Solúveis					
(°Brix)	22,0	17,0	20,8	22,3	17,7
Cinzas (%)	-	-	0,8	0,9	1,1
Proteínas (%)	10,0	9,0	11,6	11,0	10,8
Lipídeos (%)	4,0	4,0	3,7	4,4	4,5
Amido (%)	-	-	20,2	22,9	24,2
Açúcares					
redutores (%)	-	-	2,1	1,9	1,6
Açúcares totais					
(%)	-	-	5,2	4,6	4,3

Fonte: Pereira (1987) citado por Aragão (2002); Reifschneider, Gama e Parentoni Neto (2007).

2.5.1 Carboidratos

Os carboidratos são os constituintes bioquímicos mais importantes e abundantes nos cereais. Eles são importantes fontes de energia e compõem a parte estrutural das células (KAYS, 1991; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; CECCHI, 2001).

No milho verde, os carboidratos simples como sacarose e frutose e o teor de amido definem atributos de qualidade, devendo ser investigados nesse estágio para melhor recomendação ao produtor e aceitação do consumidor (CANIATO et al., 2004).

O milho doce, tanto “in natura” como para processamento, difere do milho comum pelo alto teor de açúcares e baixo teor de amido, ambos resultantes da ação

de genes recessivos individuais ou associados em combinações duplas ou triplas (ARAÚJO; CORREA; SILVA, 2001). Entre os açúcares encontrados no milho doce estão a glicose, frutose, galactose, sacarose, entre outros (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Entre os polissacarídeos, o amido, composto por cadeias lineares e ramificadas de glicose, representa o principal carboidrato de reserva na maioria dos produtos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O milho doce possui baixo teor de amido no endosperma em face dos alelos mutantes alterarem a rota metabólica da formação do amido, favorecendo o acúmulo de açúcares. Enquanto o milho comum tem em média 71,5% de amido no grão inteiro (TOSELLO, 1987), o milho doce tem 22,9% (para ‘Doce-de-Ouro’) (PEREIRA, 1987). O amido se apresenta como grânulos com forma e tamanhos dependentes de sua fonte botânica, e é composto por dois tipos de macromoléculas, a amilose e a amilopectina (FRANCO et al., 2002). Convém destacar que a deposição de amido aumenta com a evolução da maturação (CANIATO et al., 2004).

2.5.1.1 Genes mutantes do endosperma que afetam a síntese de carboidratos

O milho doce é caracterizado por possuir pelo menos um dos oito genes mutantes que afetam a biossíntese de carboidratos no endosperma, sendo os principais: *shrunken-2* (*sh₂*), localizado no cromossomo 3; *Brittle* (*bt*), no cromossomo 5; *sugary enhancer* (*se*), *sugary* (*su*) e *brittle-2* (*bt₂*), todos no cromossomo 4. Existe, ainda, o *dull* (*du*), no cromossomo 10 *waxy* (*wx*), no cromossomo 9, e *amilose extender* (*ae*), no cromossomo 5. Tais genes podem atuar de forma simples ou em combinações duplas ou triplas. Entretanto, associadas a este gene, estão algumas características indesejáveis, como a baixa produtividade e a pouca resistência ao ataque de pragas e doenças, em virtude do maior teor de açúcares, quando comparado ao milho comum (TRACY, 1994; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2006).

O gene *waxy* (*wx*) provoca aumento no conteúdo de açúcares totais e polissacarídeos solúveis em água (WSP) em combinação com o gene *sugary-1* (*su₁*) (ANDREW; BRINK; NEAL, 1944).

Um gene mutante com o fenótipo similar ao *shrunken-1* foi citado por Creech (1968), como um mutante diferente do *sh₁*. Este gene foi designado como *shrunken-2* (*sh₂*). Laughnan (1953) trabalhou com o gene mutante *shrunken-2* (*sh₂*), e constatou que continha alta porcentagem de sacarose e menor teor de amido do que o *su₁*, mas, a quantidade de WSP era pequena. O duplo recessivo *su₁sh₂* possuía mais açúcar e menos amido do o *su₁*. O conteúdo de WSP do duplo mutante foi similar ao mutante *sh₂* sozinho ($\pm 2\%$). O genótipo *sh₂* apresenta uma importante característica: após a colheita, a taxa de perda de açúcar é menor em relação ao genótipo padrão de milho doce (*su₁su₁SH₂SH₂*) (SOBERALSKE; ANDREW, 1978). O problema de germinação e vigor no campo tem limitado a sua aceitação e, por causa disso, muitos estudos são conduzidos em níveis fisiológicos, genéticos e de seleção massal (ANDREW, 1982; BELL; DARRAH; ZUBER, 1983; STYER; CANTLIFFE, 1984).

Os efeitos dos genes *brittle-1* (*bt₁*) e *brittle-2* (*bt₂*) foram relatados por Cameron e Teas (1954). Cada um destes genes aumentava o teor de açúcar e reduzia o conteúdo de amido, sendo que nenhuma mudança no conteúdo de WSP foi observada.

Vários mutantes como *shrunken* (*sh*) e *brittle* (*bt*) possuem duas vezes mais sacarose do que o gene *sugary* (*su₁*), mas o fitoglicogênio não é acumulado em grandes quantidades em seus endospermas (CREECH, 1965; HOLDER; GLOVER; SHANNON, 1974).

O mutante *sugary enhancer* (*se*), formado pelo genótipo recessivo *sesesu₁su₁*, tem, aproximadamente, duas vezes mais açúcar que o genótipo padrão de milho doce (*su₁*), portanto similar ao *shrunken-2* (*sh₂*) e, também tem alto conteúdo de fitoglicogênio como no mutante *su₁* (ALEXANDER, 1988). Híbridos com o genótipo *su₁su₁Sh₂sh₂Sese* segregam na proporção de 9/16, produzindo grãos com teor de açúcar convencional e 7/16 com teor elevado de açúcar (*sh₂*).

2.5.2 Extrato etéreo

O teor de extrato etéreo representa, em maior concentração, o teor de lipídeos e outros componentes como carotenóides, vitaminas, esteróis, fosfatídeos, óleos essenciais, entre outros que são extraídos na técnica de determinação direta de lipídios com solventes. O termo lipídios é utilizado para gorduras e substâncias gordurosas e são definidos como componentes dos alimentos que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Normalmente, os cereais possuem de 3,5 a 5% (CECCHI, 2001; PAES, 2006). O teor de lipídios do milho possui composição de ácidos graxos poliinsaturados, sendo o principal componente o ácido graxo linoléico, contendo um pequeno percentual do ácido graxo linolênico (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; PAES, 2006).

2.5.3 Proteínas

As proteínas dos alimentos possuem, além da função nutricional, propriedades sensoriais, principalmente de textura (CECCHI, 2001). O conteúdo de proteínas em diferentes tipos de milho varia entre 6 a 12% na base seca, sendo que 75% destes componentes estão contidos no endosperma (FAO, 2006). No milho doce, a redução no acúmulo de polissacarídeos, principalmente amido, leva a um aumento no teor de proteínas no endosperma (PAES, 2006).

As proteínas do grão de milho podem ser classificadas em seis frações, de acordo com Laundry e Moureaux (1970): albumina, globulina, zeína, glutelina 1, glutelina 2 e glutelina 3. As zeínas são proteínas do grupo das prolaminas e são as mais abundantes em grãos de milho normais, chegando a atingir de 45 a 60% da proteína total do endosperma (CAPOBIANGO et al., 2006). São deficientes em dois aminoácidos essenciais: a lisina e o triptofano, o que resulta na baixa qualidade nutritiva. Existem, no entanto, linhagens mutantes que contêm os genes “opaco-2” e “floury” que reduzem a síntese de zeínas e, conseqüentemente,

aumentam a porcentagem de proteínas ricas em lisina e triptofano, no endosperma (PAIVA et al., 1992; PAES, 2006).

O milho doce comparado com o milho comum apresenta, respectivamente, 34,7 e 68,7% de amido e 38,8 e 0,0% de proteínas solúveis em água na matéria seca e, em relação à composição do amido, tem-se 32,6 e 25% de amilose e 67,4 e 75% de amilopectina, respectivamente (HEREDIA ZÁRATE; VIEIRA, 2003).

2.5.4 Fibras

As fibras incluem, teoricamente, materiais não digeríveis pelo organismo humano e animal e são insolúveis em ácido e base diluídos em condições específicas. Entre estes estão a celulose, pentosanas e lignina, responsáveis pela estrutura celular das plantas (CECCHI, 2001). Esses compostos são polissacarídeos estruturais presentes, normalmente, nas paredes vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No milho, as fibras estão presentes em maior concentração nas camadas externas dos grãos de milho, ou seja, no pericarpo e na ponta. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenham lignina (0,1%) (PAES, 2006).

A presença de fibra alimentar nos alimentos é de interesse na área da saúde, já que têm sido relatados numerosos estudos que relacionam o papel da fibra alimentar com a prevenção de certas enfermidades, como o câncer de cólon, a obesidade, os problemas cardiovasculares e o diabetes (PARK; ARAYA, 2001).

2.5.5 Material mineral (cinzas)

Material mineral ou cinzas é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, que é transformada em CO₂, H₂O e NO₂. Os elementos minerais se apresentam nas cinzas sob a forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos e cloretos, dependendo das condições de incineração e da composição dos alimentos (CECCHI, 2001).

Os minerais estão presentes no milho em um teor de 3 a 6%, e estão concentrados no gérmen (78%), embora também estejam presentes na camada de aleurona - a última camada do endosperma. O mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo (0,3 mg kg⁻¹), na forma de fitatos de potássio e magnésio. O enxofre ocorre no grão em quantidades significativas, embora na forma orgânica, como parte dos aminoácidos sulfurados. Outros minerais estão também presentes no milho, em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, cromo, cobalto e cádmio (PAES, 2006).

2.6 Utilização e Industrialização do Milho Doce

Nos Estados Unidos e Canadá o milho doce é tradicionalmente consumido “in natura”. O Brasil, como um dos maiores produtores de milho do mundo, possui, também, um grande potencial para a produção de milho doce. A produção concentra-se nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Pernambuco (GARCIA et al., 1978; PARENTONI et al., 1990).

São conhecidas apenas algumas variedades de milho doce plantadas comercialmente. Esse tipo de material, geralmente, é de baixo rendimento. Também apresentam problemas de entressafra e a falta de melhores cultivares para o consumo "in natura" (PARENTONI et al., 1990; MACHADO; REYES; SILVA, 1990; GAMA; PARENTONI; LEMOS, 1992).

Para os produtores de hortigranjeiros, o milho doce pode ser uma fonte de renda compensadora, em virtude do alto preço unitário das espigas, além de seu aproveitamento da parte vegetativa, uma vez que pode ser usada como feno ou silagem de alta qualidade (STORCK; LOVATO; COMASSETTO, 1984; SOUZA; MAIA; ANDRADE, 1990).

As espigas colhidas no estágio verde podem ser comercializadas com ou sem palha. Geralmente CEASA's e feirantes comercializam espigas com palha, enquanto supermercados e estabelecimentos que comercializam hortaliças embalam as espigas em bandejas protegidas com filme plástico (SANTOS et al., 2005).

O milho verde enlatado em grãos vem sendo vendido no país há muito tempo, sendo utilizado, em sua maioria, o produzido a partir do milho comum. Poucas indústrias utilizam o milho doce, em virtude da falta de cultivares adequados (GAMA; PARENTONI; LEMOS, 1992).

Segundo Pereira Filho e Cruz (2002), para que se possa atender tanto aos interesses da indústria de envasamento quanto a produção para o uso “in natura” e ao próprio produtor, o milho doce deve contemplar alguns atributos para ter boa aceitação:

- possibilidade de plantio durante o ano todo;
- produtividade em campo acima de 12 t ha⁻¹;
- tolerância às principais pragas, como a lagarta-do-cartucho e lagarta-da-espiga;
- tolerância às principais doenças: mancha de *Phaeosphaeria* e ferrugem;
- ciclo variando entre 90 e 110 dias;
- uniformidade no tamanho das plantas, facilitando o manuseio da cultura;
- uniformidade de maturação das espigas;
- longevidade no período de colheita;
- plantas de porte médio;
- espigas grandes;

- espigas com bom empalhamento;
- espigas bem granadas;
- grãos com equilíbrio entre teores de açúcar e amido;
- grãos profundos com coloração alaranjada ou amarelo-intenso;
- rendimento industrial igual ou maior que 39%.

Além desses requisitos, outros podem ser exigidos pela indústria, a fim de facilitarem o processamento, tais como: grãos do tipo dentado e longo, sabugo de coloração branca, “cabelo” da espiga claro e solto e grãos com endurecimento relativamente lento (FORNASIERI FILHO, 1992). Esses e outros requisitos avaliados para a comercialização do milho doce podem ser alcançados por meio do uso de altas tecnologias que podem ser empregadas durante o cultivo e ainda, pelas técnicas de melhoramento de plantas (TOSELLO, 1987).

2.7 Melhoramento Genético e Avaliação de Cultivares no Brasil

A partir do início do século XX, vários programas de melhoramento genético usando bases científicas foram iniciados. O desenvolvimento de linhas puras, ou linhagens, oriundas do processo de autofecundação (pólen da planta fecundando a si própria) das plantas de milho por várias gerações, e do vigor híbrido, ou heterose (resultante do cruzamento dessas linhagens) foram os responsáveis pelo impulso que o melhoramento genético convencional tomou no início do século passado (LERAYER, 2006).

Esse conhecimento permitiu que os programas de melhoramento conseguissem introduzir novas características ao milho, tais como resistência a doenças e pragas, maior proteção dos grãos por meio do melhor empalhamento, maior resposta às práticas de manejo, melhor qualidade nutricional e menor tombamento e quebramento de plantas. Esse conjunto de melhorias (cuja participação de pesquisadores brasileiros foi de extrema importância) fez com que

o milho se adaptasse a diferentes regiões, condições de clima, solo e finalidade de uso (LERAYER, 2006).

O melhoramento genético de plantas é normalmente atingido pela seleção de genótipos com combinações de caracteres desejáveis, existentes na natureza ou por hibridação. A seleção envolve tanto as variações genéticas das populações naturais, quanto as variações conseguidas após a hibridação, para produção de outros caracteres (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Depois de décadas com ênfase no desenvolvimento de novos cultivares para aumentar o rendimento e melhorar características de qualidade, a prioridade atual é a recuperação de genótipos com caracteres resistentes, ligados à adaptabilidade ambiental, resistência às principais pragas e doenças das diferentes culturas e qualidade química e sensorial (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Até 1978, dispunha-se de uma única variedade plantada comercialmente, a Doce de Cuba, adaptada às nossas condições. Produtiva, mas de qualidade não desejável por apresentar o pericarpo com textura grosseira (GARCIA et al., 1978). Silva et al. (1978) relataram um tipo de milho doce, NUTRIMAIZ, que contém o gene mutante sugary associado ao gene opaco-2, procurando, com essa combinação, melhorar a qualidade protéica do milho doce para consumo.

Machado, Reyes e Silva (1990) estudaram um novo cultivar de milho, o triplo mutante "Sugary-Opaque-2-Waxy" em relação aos cultivares "Sugary-Opaque-2", "Waxy-Sugary" e "Opaque-2" e um cultivar de endosperma normal. As características avaliadas foram: composição de carboidratos e acúmulo de matéria seca. O triplo mutante apresentou acúmulo de matéria seca mais lento, proporcionando um período mais prolongado de colheita como milho verde, favorecendo o consumo "in natura".

2.8 Análise Dialélica

Os cruzamentos dialélicos são amplamente utilizados em quase todas as espécies cultivadas, em razão do grande número de informações genética que

podem ser obtidas. Essas podem oferecer inferências sobre a capacidade combinatória de genitores e híbridos (CRUZ; REGAZZI, 2004).

Ramalho et al. (1993), citados por Aragão (2002), relatam que uma parcela importante do melhoramento genético é representada pela hibridação dos cultivares e linhagens que possibilitam a recombinação da variabilidade existente para produzir novos cultivares adaptados às diversas finalidades. Diante do grande número de materiais disponíveis, a maior dificuldade reside na escolha dos mais promissores para serem os genitores em um programa de hibridação. Dessa forma, com o cruzamento entre indivíduos portadores de fenótipos diferentes, espera-se gerar progênes superiores e, conseqüentemente, conduzir a uma maior eficiência do programa (ALLARD, 1971).

Em programas de melhoramento em que se opta pela hibridação, o maior problema ou dificuldade é a escolha dos genitores a serem cruzados para formação da população híbrida, dado o grande número de matérias disponíveis. Além disso, o melhorista terá que definir como será realizada a hibridação e como as populações segregantes serão conduzidas (ARAGÃO, 2002).

Uma técnica que auxilia na escolha de genitores, com base em seus valores genéticos e a capacidade de se combinarem formando híbridos promissores, é a de cruzamentos dialélicos. Este método tem como finalidade expressar um conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos resultantes do acasalamento entre p genitores (ARAGÃO, 2002).

Segundo Aragão (2002), o conceito de análise dialélica foi introduzido por Sprague e Tatum (1942), e desde então, foram propostos outros métodos para a análise dialélica e, entre eles, os mais empregados são os métodos de Jinks e Hayman (1953), Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966). A literatura sobre cruzamentos dialélicos no milho permite afirmar que não existe outra espécie em que esse tipo de esquema seja tão utilizado (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981).

As metodologias de análise dialélica tem por finalidade analisar o delineamento genético definido e prover estimativas de parâmetros úteis na seleção

de genitores para hibridação e no entendimento da natureza e magnitude dos efeitos genéticos na determinação dos caracteres (CRUZ; REGAZZI, 2004). Os cruzamentos dialélicos são utilizados no melhoramento de plantas para estudos sobre estrutura genética das populações, para a avaliação do potencial heterozigótico e da capacidade de combinação (SCAPIM, 1994).

Sprague e Tatum (1942) criaram dois termos em relação ao comportamento relativo das linhagens cruzadas. Os autores definiram a capacidade geral de combinação (CGC), que expressa o comportamento médio de uma linhagem em combinações híbridas e, a capacidade específica de combinação (CEC), que expressa o comportamento de combinações híbridas específicas, dependendo do que se poderia esperar com base na CGC das linhagens.

A análise dialélica proposta por Griffing (1956), permite estimar a CGC e a CEC dos genitores envolvidos nos cruzamentos dialélicos. O método pode apresentar variações de esquemas de cruzamentos, valendo-se de quatro métodos experimentais: método 1, onde são avaliadas as n^2 combinações e inclui os parentais, os cruzamentos entre esses parentais e seus recíprocos; método 2, são avaliadas as $n(n+1)/2$ combinações correspondentes aos parentais e seus cruzamentos entre esses parentais, excluindo-se os recíprocos; método 3, onde são avaliadas as $n(n-1)$ combinações que correspondem aos cruzamentos e aos recíprocos, excluindo-se os parentais; e, método 4, no qual são avaliadas apenas as $n(n-1)/2$ combinações correspondente aos cruzamentos dos n parentais. Cada um desses métodos pode ser analisado, considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores (SCAPIM, 1994).

Uma baixa estimativa de CGC, positiva ou negativa, indica que o valor de CGC do genitor, obtida com base em suas populações híbridas, não difere muito da média geral da população dialélica. Se os valores de CGC são altos, positivos ou negativos, há indícios de que o genitor em questão é muito superior ou inferior aos demais genitores do dialelo, em relação ao desempenho médio das progênes. Os efeitos da CEC estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na CGC, são medidas dos efeitos gênicos não aditivos.

São desejáveis aquelas combinações híbridas com estimativa de CEC mais favoráveis, que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado o mais favorável efeito de CGC (CRUZ; REGAZZI, 2004).

2.9 Tipos de Híbridos

Em 1908, o botânico e geneticista norte-americano George Harrison Shull criou o primeiro esquema para a produção de sementes híbridas de milho. Ele indicou que, ao fecundar a planta com o próprio pólen (autofecundação), ilustrado na Figura 1, eram produzidos descendentes menos vigorosos. Repetindo o processo nas seis ou oito gerações seguintes, os descendentes fixavam características agrônomicas e econômicas importantes. Por meio da seleção, esses descendentes tornavam-se semelhantes. As plantas que geravam filhos geneticamente semelhantes, e também iguais às mães, passaram a ser chamadas de linhas puras. Shull notou que duas linhas puras diferentes ao serem cruzadas entre si produziam descendentes com grande vigor, chamado de vigor híbrido ou heterose, dando origem ao milho híbrido (LERAYER, 2006).

A palavra híbrido requer sempre uma definição, principalmente quanto ao tipo de parentais envolvido. Os híbridos são os indivíduos ou a população de indivíduos resultantes do cruzamento entre indivíduos com diferentes constituições genéticas, chamados de genitores (participam da fecundação e da fertilização, ou seja, os pais) (RONZELLI JUNIOR, 1996). Esses genitores podem ser variedades, linhagens, clones, entre outros. Pode-se incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e, ou outras gerações relacionadas, tais como F_1 's e retrocruzamentos (ARAGÃO, 2002). No caso do milho, os híbridos produzidos enquadram-se no modelo apresentado na Tabela 2.

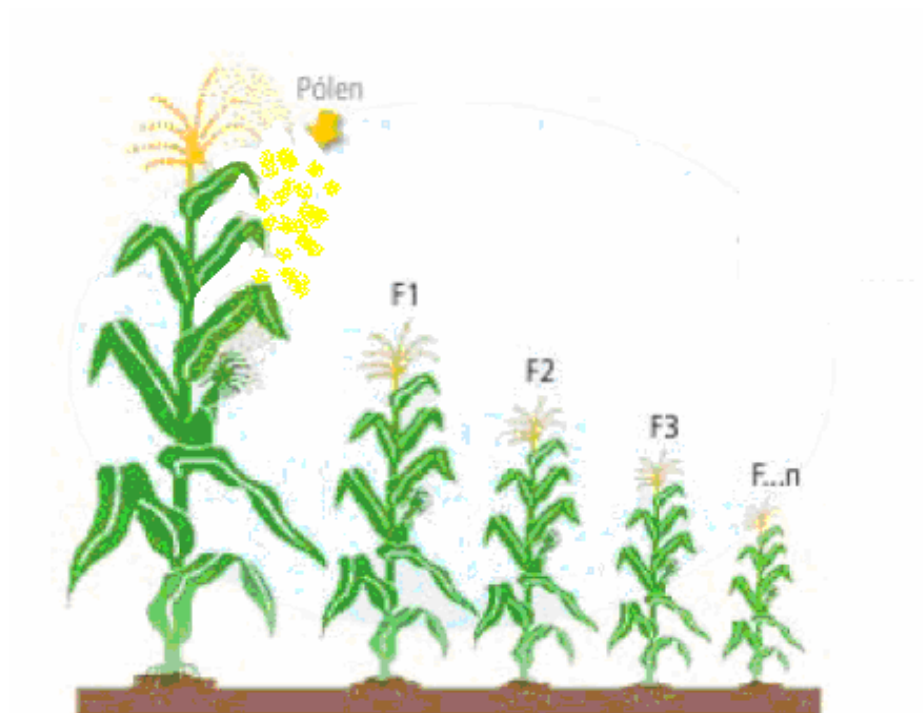


Figura 1 – Técnica para obtenção de linhagens puras de milho por autofecundação (LERAYER, 2006).

Tabela 2 – Tipos de híbridos de milho.

Híbridos	Parentais
Intervarietal	Variedade A x Variedade B
<i>Top cross</i>	Linhagem x Variedade
Híbrido simples (HS)	Lin. A x Lin. B
Híbrido simples modificado (HSm)	(Lin. A x Lin. A') x Lin. B
Híbrido duplo (HD)	(Lin. A x Lin. B) x (Lin. C x Lin. D)
Híbrido triplo (HT)	(Lin. A x Lin. B) x Lin. C
Híbrido triplo modificado (HTm)	(Lin. A x Lin. B) x (Lin. C x Lin. C')

Fonte: Paterniani e Campos (2005). Lin. (linhagem).

Os híbridos intervarietais são o cruzamento entre duas variedades. Os híbridos intervarietais foram úteis nas primeiras constatações de heterose no milho e na verificação de que nas próximas gerações dos produtos não se repetia o comportamento da primeira geração. O híbrido *top cross* é resultado de um cruzamento de uma variedade de polinização livre com uma linhagem autofecundada. Esse cruzamento é empregado para avaliar a capacidade geral de combinação das linhagens (RONZELLI JUNIOR, 1996; PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

O híbrido simples (HS) é o resultado entre duas linhagens autofecundadas, esquematizado por Lin. A x Lin. B. O híbrido simples modificado (HSm) pode ser obtido de duas formas. A primeira prevê a preparação da linhagem autofecundada, que servirá como genitor masculino, por meio de uma hibridação afim, e, em seguida, o resultante é cruzado com outra linhagem autofecundada (RONZELLI JUNIOR, 1996).

O híbrido duplo (HD) é o resultado do cruzamento entre dois híbridos simples. Este tipo de híbrido é o mais usado para produção de semente, com preço economicamente viável, e, ainda, o mais difundido comercialmente no Brasil (RONZELLI JUNIOR, 1996).

O híbrido triplo (HT) é obtido pelo cruzamento de um híbrido simples, em geral na função de genitor feminino, com uma terceira linhagem autofecundada, que deve ser vigorosa para atender às necessidades de produção de pólen. Da mesma forma que comentado para o híbrido simples, o híbrido triplo também pode ser obtido por via alternativa denominada híbrido triplo modificado (HTm). O HTm é o resultado do cruzamento de um híbrido simples, também como genitor feminino, com uma terceira linhagem autofecundada previamente, cruzada com outra linhagem cruzada afim (RONZELLI JUNIOR, 1996).

2.9.1 Híbrido simples

O híbrido simples (HS) é o topo da pirâmide dos híbridos quanto à uniformidade e produtividade. Este tipo de híbrido é o mais simples de ser obtido como também o mais produtivo entre todos os híbridos de milho. Conforme ilustrado na Figura 2, é o resultado entre o cruzamento de duas linhagens autofecundadas (RONZELLI JUNIOR, 1996; PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

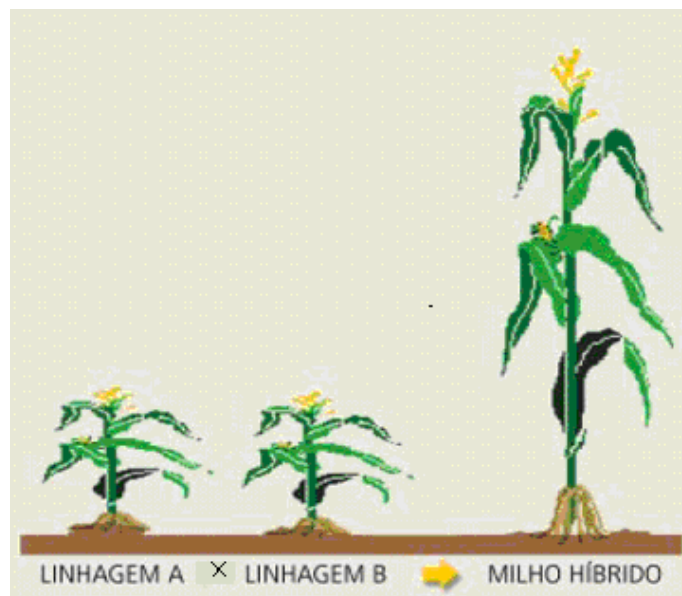


Figura 2 - Esquema de cruzamento para obtenção de híbrido simples de milho (LERAYER, 2006).

2.10 Heterose

Ronzelli Júnior (1996) relata que o termo heterose foi proposto por George Harrison Shull (1908), para descrever o vigor de híbrido manifestado em gerações, derivadas do cruzamento entre indivíduos genotipicamente divergentes, ou seja, a expressão gênica dos efeitos benéficos da hibridação. Segundo o autor, o efeito principal esperado, em geral, está relacionado a um aumento substancial de produtividade.

Shull (1908) citado por Aragão (2002), descreve a existência de duas hipóteses que procuram explicar esse fenômeno: a hipótese da dominância, que considera os alelos dominantes favoráveis ao vigor, enquanto os alelos recessivos, desfavoráveis; e a hipótese da sobredominância, que considera a existência de alelos, com efeitos divergentes, porém favoráveis nos locos.

Conforme Aragão (2002), na primeira hipótese, a condição heterozigótica não seria uma condição essencial para que a heterose se manifeste e admite a possibilidade da ocorrência de indivíduos homozigotos tão vigorosos quanto os heterozigotos. Na segunda hipótese, a condição heterozigótica seria essencial para que a expressão do vigor se manifeste. Esta hipótese foi proposta, independentemente, por Shull e East (1908) e, posteriormente, exposta por East (1936), ambos citados por Aragão (2002), de forma ampliada, admitindo a hipótese de que a heterose, por si só, é essencial à manifestação da heterose, pressupondo a existência de alelos divergentes, no mesmo loco, que produzem efeitos favoráveis embora diferentes. Nesses locos, os heterozigotos são superiores a ambos homozigotos. Representando os dois alelos por a_1 e a_2 , a combinação a_1a_2 é superior a a_1a_1 e a_2a_2 . A superioridade ocorre porque cada alelo tem uma função e nele se somam as ações de a_1 e de a_2 . Verifica-se maior vigor nos indivíduos que têm maior número de locos heterozigóticos (ARAGÃO, 2002).

A heterose é função da diferença de frequências alélicas dos materiais envolvidos nos cruzamentos e, teoricamente, espera-se que quanto mais divergentes forem os materiais, maior será a heterose. Na prática, nem sempre o cruzamento de materiais mais divergentes resulta em maior heterose, pois esses materiais podem diferir muito em adaptação e não apresentarem heterose em nível esperado (FERREIRA, 1992).

A heterose está, normalmente, ligada a diferenças raciais e distância genética entre as populações. As populações em combinação permitem que a divergência genética entre elas seja explorada em prol de uma maior heterose, sem que haja perdas significativas quanto à adaptação dos materiais delas gerados, constituindo os “grupos heteróticos” (ARAGÃO, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

As sete linhagens de milho doce foram fornecidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá. Para a seleção das sete linhagens de milho doce (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7), contendo o gene sugary-1 (su_1), foram observadas as seguintes características: aparência fenotípica (cor, tamanho e fileira dos grãos), maciez do pericarpo, avaliado por meio do teste de mastigação (análise sensorial) e sólidos solúveis, com o uso de um refratômetro de campo. O cruzamento dialelo foi realizado ($p(p-1)/2$), obtendo-se os 21 híbridos simples de milho doce possíveis, sem os recíprocos, denominados: L1xL2, L1xL3, L1xL4, L1xL5, L1xL6, L1xL7, L2xL3, L2xL4, L2xL5, L2xL6, L2xL7, L3xL4, L3xL5, L3xL6, L3xL7, L4xL5, L4xL6, L4xL7, L5xL6, L5xL7 e L6xL7.

3.2 Condução do Experimento

Os experimentos de campo foram conduzidos na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, no Distrito de Iguatemi, Município de Maringá – PR. O delineamento foi o de blocos completos com os tratamentos ao acaso com quatro repetições. O plantio foi realizado em outubro de 2006. A parcela experimental foi composta de uma fileira de 5 m, sendo semeadas 5 sementes m^{-1} . O espaçamento entre as parcelas foi de 0,9 m. A adubação consistiu em 60 kg de N ha^{-1} , 60 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 40 kg de K_2O ha^{-1} .

Todos os outros tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura do milho verde. A colheita das espigas foi realizada manualmente em abril de 2007.

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas médias, máxima e mínima, referentes aos períodos de duração do experimento no campo, em Iguatemi, Distrito de Maringá-PR, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, foram coletados diariamente e são apresentados na Tabela 3, sendo dispostos pelas médias mensais.

Tabela 3 - Dados de temperaturas e precipitação pluvial em Iguatemi, Distrito do Município de Maringá, no período de Outubro/2006 a Abril/2007.

Meses	Temperatura (°C)			Precipitação pluvial (mm)
	Média	Máxima	Mínima	
Outubro/2006	25,5	30,2	19,4	95,7
Novembro/2006	25,8	30,6	19,9	86,4
Dezembro/2006	26,3	30,6	21,1	238,3
Janeiro/2007	25,3	29,4	21,4	271,5
Fevereiro/2007	26,0	30,5	21,0	207,4
Março/2007	26,3	31,6	21,0	150,0
Abril/2007	25,0	29,6	19,8	63,9

Fonte: Estação Climatológica Principal da Universidade Estadual de Maringá.

As análises de composição química dos híbridos simples de milho doce foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá.

3.3 Avaliações de Campo

Foi considerado como período para floração masculina e feminina, o número de dias decorridos da semeadura ao dia em que 50% das plantas da área útil de cada parcela apresentaram, respectivamente, pendões e estilo-estigma emergidos, datada de 10 a 14 de abril de 2007. Marcados os dias da floração

feminina nas parcelas, os dados descritos, a seguir, foram coletados no momento da colheita.

3.3.1 Altura média de planta e espiga (m)

A altura das plantas foi tomada ao acaso, com régua de madeira, em seis plantas na parcela. Foram obtidas as medidas do nível do solo até o nó de inserção do pendão, sendo a média aritmética da medida das seis plantas atribuídas à parcela.

Para avaliar a altura média das espigas foram utilizadas as mesmas plantas da medida anterior. As medidas foram tomadas do nível do solo até o nó de inserção da espiga mais alta, sendo a média aritmética da medida das seis plantas atribuída à parcela.

3.3.2 Massas das espigas sem palha

As massas das espigas (kg parcela^{-1}) foram obtidas por meio da pesagem de todas as espigas das parcelas sem palha. Após a pesagem os resultados foram transformados para kg ha^{-1} .

3.4 Análises de Composição Química

Após a obtenção das massas das espigas, foi realizado o branqueamento, em água a temperatura de 100°C , durante 5 minutos, e resfriado em água, a aproximadamente 20°C , de 5 a 10 minutos, acondicionados em sacos plásticos e congelados a -18°C . Foram transportados em caixas de isopor para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos, onde foram realizadas as análises físico-químicas.

As espigas foram descongeladas e analisadas quimicamente. Foram utilizadas quatro espigas por parcela, resultando na utilização de dezesseis por tratamento. As análises químicas foram realizadas em triplicata. Os grãos foram

retirados das espigas com o auxílio de facas de aço inox. Posteriormente, o material foi seco em estufa a 60°C até peso constante (CECCHI, 2001).

Os grãos secos foram triturados em moinho de facas, obtendo-se uma farinha integral de granulação 30 mesh. Essa farinha foi utilizada para a quantificação dos teores de açúcares redutores e totais, amido, proteínas, extrato etéreo, fibras e material mineral ou cinzas e os resultados expressos em porcentagem (%) com base na matéria seca.

3.4.1 Determinação de açúcares redutores, açúcares totais e amido

Os teores de açúcares redutores, totais e amido foram determinados utilizando-se o método de Lane-Eynon, segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Para a análise de açúcares redutores, foram pesados 2 g da amostra, transferindo e completando o volume com água destilada em um balão volumétrico de 100 mL. A solução obtida foi agitada e filtrada. O filtrado foi utilizado na bureta para titulação. Em um frasco Erlenmeyer, foi adicionado 10 mL de cada solução de Fehling A e B com adição de 40 mL de água. O frasco Erlenmeyer foi aquecido até ebulição e, posteriormente, a solução foi adicionada ao conteúdo da bureta até que a solução aquecida passasse de azul para incolor, com resíduo de Cu_2O no fundo do frasco. Para a análise de açúcares totais, procedeu-se como descrito acima, com prévia digestão ácida com 5 mL de ácido clorídrico por amostra.

A análise de amido deu-se usando 5 g da amostra desengordurada em frasco Erlenmeyer com adição de 100 mL de álcool 70%. A solução foi agitada e aquecida em banho-maria a 85°C, durante uma hora. Após o resfriamento da solução, foram adicionados 50 mL de álcool e filtrado. O resíduo foi lavado com álcool 70% e transferido para um frasco Erlenmeyer com auxílio de 150 mL de água destilada. Foram adicionadas 5 gotas de NaOH 10% e aquecido por uma hora. Em seguida, foram acrescentados 5 mL de ácido clorídrico e aquecido por mais 30 minutos, sendo titulada como descrito para açúcares redutores.

3.4.2 Determinação de proteínas

Para a avaliação dos teores de proteínas das amostras, foi utilizado o método de Kjeldahl, avaliando-se a porcentagem de nitrogênio total na amostra, segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), com modificações. Foi utilizado 0,1 g de cada amostra com 1 g da mistura catalítica (2 g de selênio em pó, 4 g de sulfato de cobre e 21,4 g sulfato de sódio), condicionada em tubos de ensaio com adição de 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, e colocados em bloco digestor para a fase de digestão da matéria orgânica. O aquecimento foi gradual até 250°C e o material permaneceu em digestão por 30 minutos após o clareamento das amostras. Na seqüência, os materiais foram destilados em aparelho Semi-Micro-Kjeldahl, com a utilização de solução de hidróxido de sódio a 40%. A amônia destilada foi recolhida em solução de ácido bórico a 4% com os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol, ambos em concentração de 0,1% em solução alcoólica. O volume destilado foi titulado com solução de ácido clorídrico a 0,1 M. Para o cálculo da conversão de nitrogênio em proteínas foi utilizado o fator 6,25.

3.4.3 Determinação de extrato etéreo

A determinação de extrato etéreo foi realizada em extração direta com aparelho de Soxhlet, usando éter de petróleo como solvente (BRASIL, 2005), com refluxo de duas horas. Os resultados foram expressos em porcentagem de extrato etéreo extraído, determinado por diferença de pesagem.

3.4.4 Determinação de fibras

Para determinação das fibras foi utilizado material previamente desengordurado na determinação de extrato etéreo. A determinação foi realizada com 2 g da amostra, fazendo uma hidrólise ácida com 200 mL de H₂SO₄ a 0,255

M por 30 minutos e, na seqüência, uma hidrólise alcalina com 200 mL de NaOH a 0,313 M, também por 30 minutos. Após, o material foi levado para secagem em estufa a 105°C. Em seguida, o material foi incinerado em forno mufla, por duas horas a 500°C. A quantificação foi realizada por diferença de peso inicial e final (SILVA; QUEIROZ, 2002).

3.4.5 Determinação das cinzas (material mineral)

A determinação das cinzas ou material mineral foi realizada em forno Mufla segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.5 Correção e Transformação dos Dados

Antes das análises estatísticas, os dados envolvendo massa de grãos tiveram seus valores iniciais corrigidos para uma umidade de 70%, valor estipulado de umidade para colheita de milho doce, que pode variar, segundo Parentoni et al. (1990), de 70 - 80% de umidade, pela seguinte fórmula:

$$MG = \frac{M(1-U)}{(1-0,70)}$$

em que

MG = massa de grãos corrigidos para 70% de umidade;

M = massa de grãos não-corrigidas, ou massa de campo; e,

U = umidade observada (em decimais).

3.6 Análises Estatísticas

Os resultados obtidos foram analisados por meio da análise de variância com probabilidade em nível de 1% e 5% de significância pelo teste F no Programa Estatístico SAS da Universidade Estadual de Maringá – UEM (SAS, 1999). Para a comparação das médias foi utilizado o teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade. Com base nos dados obtidos de capacidade de combinação, foi utilizado o método 4 de Griffing e o modelo fixo (1956), com a utilização do programa computacional Genes da Universidade Federal de Viçosa – UFV (CRUZ, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Variância

Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se os quadrados médios para os tratamentos na análise de variância para o delineamento de blocos completos casualizados para os caracteres avaliados nos 21 híbridos simples de milho doce, cultivados em Iguatemi, Distrito de Maringá - PR, em 2006/2007.

Tabela 4 – Quadrados médios da análise de variância de cinco caracteres de 21 híbridos simples de milho doce, no delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições, instalado em Iguatemi-PR, em 2006/2007.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Massa (kg ha ⁻¹)	Cinzas (%)	Fibras (%)
Tratamentos	20	0,015 _{ns}	0,016 ^{**}	3080091,4 [*]	0,333 [*]	1,580 [*]
Blocos	3	0,116	0,032	3611388,3	0,133	0,005
Resíduo	60	0,015	0,009	641297,1	0,042	0,018
Média	-	1,49	0,78	4461,50	2,62	5,08
C.V. (%)	-	8,14	12,13	17,95	7,83	2,67

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

ns Não significativo

O teste F indicou a existência de diferenças significativas a 5% de probabilidade, exceto para altura de planta.

Tabela 5 – Quadrados médios da análise de variância de cinco caracteres de 21 híbridos simples de milho doce, no delineamento blocos completos casualizados, com quatro repetições, instalado em Iguatemi-PR, em 2006/2007.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios				
		Açúcares Redutores	Açúcares Totais	Amido (%)	Proteínas (%)	Extrato Etéreo (%)
		(%)	(%)			
Tratamentos	20	2,068*	6,679*	25,546*	2,628*	1,347*
Blocos	3	0,018	0,014	0,062	0,050	0,061
Resíduo	60	0,010	0,010	0,086	0,045	0,026
Média	-	3,67	8,40	26,28	11,67	4,62
C.V. (%)	-	2,77	1,22	1,12	1,82	3,49

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Para o caráter altura de planta (Tabela 4), o coeficiente de variação (CV%) foi de 8,14% e, para altura de inserção da espiga foi de 12,13%. Scapim (1994), em seu experimento com genótipos e híbridos de milho doce, obteve valores de CV% para altura de planta e inserção da espiga de 7,86 e 11,94%, respectivamente. Valores esses menores que os determinados no presente trabalho. Oliveira Júnior, Pereira e Bressan-Smith (2006), em híbridos e linhagens de milho doce (su₁), encontraram CV% para altura de planta e inserção da espiga de 5,8%, valor também menor que o determinado no presente trabalho. Em relação ao caráter altura de inserção da espiga, esses autores encontraram CV% de 12,8%, uma variação maior que a encontrada (12,13%).

Aragão (2002) analisando híbridos simples de milho super doce obteve CV% para altura de planta de 10,5%, valor também superior ao determinado. Para o caráter altura de inserção da espiga o valor encontrado pelo mesmo autor foi de 8,26%, valor inferior ao encontrado neste trabalho.

Para avaliação da massa das espigas despalhadas, foi realizada a correção do valor de umidade para 70%, pois o ponto ideal de colheita do milho doce está entre 70 e 80% de umidade, na fase considerada de grãos leitosos. Assim, a correção dos valores se fez necessária para permitir a validade de comparação entre produtividades de milho verde (SAWASAKI et al., 1979; PARENTONI et al., 1990).

A massa das espigas despalhadas apresentou um CV% de 17,95%. Scapim (1994) obteve valor de CV% de 23,32%, maior que o obtido nesse experimento. Esse valor de CV% encontrado é ligeiramente maior que o determinado por Santos et al. (2005) de 17,20% e, é menor que o valor obtido no trabalho de Bordallo et al. (2005) em genótipos e híbridos de milho doce (20,37%) e, também, na pesquisa de Teixeira et al. (2001) em combinações de linhagens de milho doce (bt) (19,01%).

Os CV's % apresentaram os menores valores para teor de amido (1,12 %), açúcares totais (1,22%) e proteínas (1,82%). Trabalho realizado por Bordallo et al. (2005), o CV% para o caráter proteína resultou em 8,07%, valor maior que o obtido nesse experimento (1,82%).

O CV% obtido para açúcares redutores (2,77%) e açúcares totais (1,22%) estão abaixo dos determinados por Scapim (1994) em híbridos de milho doce, ou seja, 27,41 e 16,58%, de açúcares redutores e totais, respectivamente. Os valores de CV's% encontrados neste trabalho são considerados baixos, indicando maior confiabilidade nos resultados obtidos (SCAPIM, 1994).

As médias dos tratamentos estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7. Pode-se observar que para os caracteres de altura de planta e de inserção de espiga não foi obtida diferença mínima significativa em nível de 5% pelo teste Scott-Knott (1974). As alturas de plantas variaram de 1,39 a 1,60 m e as alturas da inserção das espigas variaram de 0,66 a 0,89 m.

O híbrido simples de milho doce Tropical, comercializado pela Syngenta Seeds (2007), possui porte de 2,35 m, valor maior que o obtido nesse experimento. Para a cultura do milho doce não é interessante a produção de plantas altas. Os híbridos e variedades já existentes no mercado, apesar de terem boa produtividade,

apresentam plantas de porte elevado, característica que as tornam mais susceptíveis ao acamamento, dificultando a colheita, que acaba sendo manual. O acamamento, também, pode causar perdas por podridões na espiga, uma vez que ficam em contato direto com o solo (ARAGÃO, 2002).

As massas das espigas despalhadas variaram de 2.693 a 6.350 kg ha⁻¹. Observa-se que os híbridos L2xL4 e L4xL7 foram os que apresentaram maior rendimento em kg ha⁻¹ e os híbridos L2xL3, L3xL6 e L5xL6 foram os que apresentaram menor produção em kg ha⁻¹.

Aragão (2002), avaliando o desempenho de 121 híbridos simples de milho superdoce, com correção do estande, obteve produtividades de espigas com palha variando de 10,3 a 32,8 t ha⁻¹. Altas produtividades, não necessariamente, resultam em espigas adequadas para a indústria (MAGGIO, 2006). O híbrido simples de milho doce Tropical, comercializado pela Syngenta Seeds (2007), apresentou produtividade em massa de espigas com palha de 17.500 kg ha⁻¹ e 5.950 kg ha⁻¹ de espigas despalhadas. Esses valores de massa de espigas despalhadas são menores que os obtidos nesse trabalho pelos híbridos simples L2xL4 e L4xL7. As características de qualidade química e sensorial devem ser avaliadas em conjunto com a produtividade. Para alcançar esse objetivo, Gama e Parentoni (1992) recomendam a utilização de sementes de híbridos simples de milho doce. Pereira Filho, Cruz e Gama (2003) recomendam a produtividade em massa de espigas com palha maior que 12 t ha⁻¹, para que um milho verde seja considerado produtivo.

Tabela 6 – Médias observadas de cinco caracteres nos híbridos simples de milho doce, em Iguatemi-PR, 2006/2007.

Híbridos	Médias**				
	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Massa (kg ha ⁻¹)	Cinzas (%)	Fibras (%)
L1xL2*	1,54 a	0,80 a	4.306 c	2,81 c	5,48 c
L1xL3	1,54 a	0,81 a	4.533 b	2,44 d	5,08 d
L1xL4	1,47 a	0,79 a	4.103 c	2,39 d	4,84 e
L1xL5	1,40 a	0,66 a	4.167 c	2,61 d	5,16 d
L1xL6	1,50 a	0,80 a	4.769 b	2,57 d	4,81 e
L1xL7	1,51 a	0,86 a	5084 b	2,73 c	6,29 a
L2xL3	1,53 a	0,85 a	3.414 d	2,45 d	4,64 f
L2xL4	1,52 a	0,78 a	6.350 a	2,54 d	5,93 b
L2xL5	1,39 a	0,70 a	4.519 b	2,78 c	4,53 f
L2xL6	1,38 a	0,71 a	3.983 c	2,64 d	4,97 d
L2xL7	1,46 a	0,71 a	4.537 b	2,95 b	5,26 d
L3xL4	1,60 a	0,89 a	5.275 b	3,30 a	3,79 g
L3xL5	1,58 a	0,84 a	3.831 c	2,61 d	4,86 e
L3xL6	1,44 a	0,80 a	3.022 d	2,73 c	5,22 d
L3xL7	1,53 a	0,82 a	4.583 b	2,35 d	5,60 c
L4xL5	1,50 a	0,77 a	5.111 b	2,71 c	3,72 g
L4xL6	1,50 a	0,77 a	4.819 b	1,91 e	4,82 e
L4xL7	1,49 a	0,75 a	6.056 a	2,41 d	5,62 c
L5xL6	1,44 a	0,68 a	2.693 d	3,01 b	5,05 d
L5xL7	1,54 a	0,75 a	3.861 c	2,77 c	5,89 b
L6xL7	1,54 a	0,76 a	4.675 b	2,34 d	5,11 d
Média	1,49	0,78	4461,50	2,62	5,08

* L - Linhagens

** Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados para os caracteres de composição química expressam a qualidade das combinações de linhagens de milho doce testadas. Os resultados médios dos teores de material mineral ou cinzas apresentaram diferença significativa pelo teste de Scott-Knott (1974) aplicado a 5% de significância. A média do teor de fibras variou de 1,91 a 3,30%. A Tabela 6 indica que o híbrido simples L3xL4 obteve maior quantidade de minerais totais observado pela massa de cinzas obtida.

As médias, determinadas para o teor de fibras dos híbridos simples de milho doce, variaram de 3,72 a 6,29%, para os híbridos L4xL5 e L1xL7, respectivamente. O teor de fibras no milho comum pode chegar até a concentração de 9,0%. Isso indica que o milho doce, em geral, possui pericarpo menos fibroso que o milho comum, aspecto muito importante que influencia na textura macia do pericarpo do milho doce. Os híbridos com menor conteúdo de fibras em sua composição foram das combinações L4xL5 (3,72%) e L3xL4 (3,79%).

Os resultados médios dos teores de açúcares redutores variaram de 2,14 a 4,96%. Pode ser observado, na Tabela 7, que os híbridos simples L3xL7 e L4xL5 apresentaram os maiores teores de açúcares redutores (frutose e glicose), e o híbrido L6xL7 apresentou menores teores desses componentes. Os açúcares totais variaram de 6,64 a 11,22%, sendo esses valores obtidos nos híbridos simples L2xL6 e L4xL5, respectivamente. Segundo Silva (1994), o milho doce deve possuir 9 a 14% de açúcares totais.

Tabela 7 – Médias observadas de cinco caracteres de composição química nos híbridos simples de milho doce, em Iguatemi-PR, 2006/2007.

Híbridos	Médias**				
	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Totais (%)	Amido (%)	Proteínas (%)	Extrato Etéreo (%)
L1xL2*	4,15 c	8,91 e	25,71 c	12,68 a	5,11 b
L1xL3	4,51 b	8,59 f	25,28 d	11,60 d	5,10 b
L1xL4	4,06 c	8,72 f	25,85 c	11,21 e	5,12 b
L1xL5	4,07 c	9,16 d	24,27 e	10,64 f	4,41 d
L1xL6	4,14 c	9,71 c	24,29 e	11,16 e	4,62 c
L1xL7	3,02 h	7,81 g	28,18 b	12,29 b	5,38 a
L2xL3	3,57 e	8,85 e	25,49 d	10,42 g	4,85 c
L2xL4	3,09 g	7,09 i	28,54 b	10,44 g	4,00 e
L2xL5	3,30 f	9,10 d	24,17 e	12,41 b	5,44 a
L2xL6	2,83 i	6,64 k	29,12 a	10,75 f	4,99 b
L2xL7	3,00 h	7,60 h	28,86 a	12,46 b	4,74 c
L3xL4	3,13 g	7,47 h	28,33 b	12,88 a	4,72 c
L3xL5	3,67 e	7,45 h	28,45 b	12,07 c	4,37 d
L3xL6	3,60 e	7,21 i	28,17 b	11,93 c	3,83 f
L3xL7	4,85 a	10,78 b	22,22 f	10,36 g	3,61 f
L4xL5	4,96 a	11,22 a	20,42 g	11,96 c	4,67 c
L4xL6	2,87 i	6,90 j	28,23 b	12,42 b	3,99 e
L4xL7	4,23 c	9,62 c	24,05 e	11,22 e	5,32 a
L5xL6	3,82 d	7,42 h	28,81 a	12,52 b	3,80 f
L5xL7	4,07 c	9,16 d	24,39 e	12,00 c	5,09 b
L6xL7	2,14 j	6,93 j	29,06 a	11,76 d	3,80 f
Média	3,67	8,40	26,28	11,67	4,62

* L - Linhagens

** Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

A diferença entre os açúcares totais e os redutores, resulta na quantidade presente de açúcares não-redutores, sendo o principal a sacarose. Em um estágio imaturo, os açúcares redutores estão presentes em concentração duas vezes maior que a sacarose (2:1); no estágio considerado semimaduro, a concentração dos açúcares redutores é ligeiramente superior; contudo, no estágio de maturação ótimo, a concentração de sacarose é, normalmente, duas vezes maior que as de açúcares redutores (1:2); e, após o ponto ótimo de maturação, começa um declínio na quantidade presente de açúcares redutores, chegando em um milho supermaduro, a concentrações três vezes maiores de sacarose (1:3). Assim, a sacarose é principal componente responsável pela doçura do milho (GARCIA et al., 1978; SCAPIM, 1994).

Os teores médios encontrados para o amido presente na composição dos grãos variaram de 20,42 a 29,12%, sendo esses valores correspondentes, respectivamente, aos híbridos simples L4xL5 e L2xL6 (Tabela 7). Pode-se observar que os híbridos que obtiveram maior valor de amido, apresentaram menor valor de açúcares em sua composição. A média obtida do caráter massa das espigas despilhada (kg ha^{-1}) do híbrido simples L4xL5 não deve ser considerada baixa, percebe-se (Tabela 6) que esse pertence ao grupo de médias b pelo teste de Scott-Knott (1974), com significância de 5%.

A indústria de enlatamento tem preferência por milho doce que possua em sua composição maiores teores de açúcares e menor teor de amido. Oliveira Júnior et al. (2006) avaliaram a preferência do consumidor com genótipos de milho doce “in natura”. Os resultados da análise sensorial indicaram a preferência do consumidor por genótipos com maior sensação de doçura. O autor relata que essa sensação se deve a presença de maior teor de sacarose nas amostras de milho avaliadas.

As médias obtidas para o teor de proteínas variaram de 10,36 a 12,88%, para os híbridos L3xL7 e L3xL4, respectivamente. Segundo Paes (2006), milhos com concentração superior que 12% podem ser considerados ricos em proteínas.

Misra, Mertz e Glover (1975) e Paes (2006) relataram que baixos teores de amido em milho levam a um aumento no conteúdo de proteínas no endosperma.

Os teores encontrados de extrato etéreo variaram de 3,61 a 5,44%. Verifica-se, na Tabela 7, que os híbridos simples L1xL7, L2xL5 e L4xL7 apresentaram maiores valores de extrato etéreo nos grãos. Os híbridos simples obtidos e analisados nesse trabalho não possuem alto teor de lipídios, quando comparados com híbridos de milho comum, que podem chegar a 7,5% de lipídios em sua composição (PAES, 2006).

4.2 Análise da Capacidade Combinatória

Nas Tabelas 8 e 9 encontram-se os quadrados médios da capacidade geral (CGC) e da capacidade específica (CEC) de combinação.

Tabela 8 – Quadrados médios das capacidades combinatórias geral e específica pelo método 4 de Griffing e modelo fixo (1956), quadrado médio do erro e médias dos quadrados dos efeitos das capacidades geral e específica para cinco caracteres de milho doce obtidos em nível de média na parcela.

Fontes de Variação	G.L.	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Massa (kg ha ⁻¹)	Cinzas (%)	Fibras (%)
CGC	6	0,020 _{ns}	0,041 ^{**}	6365289,622 [*]	0,181 [*]	2,530 [*]
CEC	14	0,012 _{ns}	0,006 _{ns}	1672196,994 [*]	0,397 [*]	1,166 [*]
Resíduo	60	0,015	0,009	641297,1	0,042	0,018
CGC	-	0,0003	0,0016	286199,626	0,007	0,126
CEC	-	-	-	257724,974	0,089	0,287

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

ns Não significativo

Os quadrados médios para CGC e CEC para os caracteres avaliados foram significativos pelo F a 1% de probabilidade para quase todas as características avaliadas, exceto para altura de planta que foi não significativo para CGC e CEC e para altura da inserção da espiga para CGC, e para CEC que foi significativo a 5% de probabilidade. Os quadrados médios significativos revelam a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos aditivos e não-aditivos no controle da expressão gênica.

Tabela 9 – Quadrados médios das capacidades combinatórias geral e específica pelo método 4 de Griffing e modelo fixo (1956), quadrado médio do erro e médias dos quadrados dos efeitos das capacidades geral e específica para cinco caracteres de milho doce obtidos em nível de média na parcela.

Fontes de Variação	G.L.	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Totais (%)	Amido (%)	Proteínas (%)	Extrato Etéreo (%)
CGC	6	2,765*	7,292*	25,573*	0,572*	1,981*
CEC	14	1,775*	6,425*	25,523*	3,507*	1,084*
Resíduo	60	0,010	0,010	0,086	0,045	0,026
CGC	-	0,1377	0,3641	1,2743	0,0263	0,0978
CEC	-	0,4412	1,6036	6,3592	0,8655	0,2644

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

4.3 Estimação dos Efeitos das Capacidades de Combinação

4.3.1 Estimação dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC)

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) dependem do conjunto particular das linhagens incluídas nos híbridos sob teste. Portanto, inferências válidas podem ser feitas somente acerca do material experimental utilizado (GRIFFING, 1956).

Nas Tabelas 10 e 11 estão as estimativas dos efeitos de CGC, para cada linhagem, e os desvios-padrão dos efeitos de duas linhagens genitoras. Adotou-se como critério, considerar a existência de diferença entre dois genitores quaisquer, quando essa diferença ultrapassar o valor de um desvio-padrão, sendo essa diferença chamada de amplitude de variação.

Altas estimativas de \hat{G}_i , em valores absolutos, ocorrem, em geral, para os genótipos cujas frequências de alelos favoráveis são consistentemente maiores ou menores que a frequência média dos alelos favoráveis em todos os genótipos testados. Assim, esses valores constituem indicação de genes que são predominantemente aditivos em seus efeitos (SPRAGUE; TATUM, 1942).

Para o caráter altura de planta (Tabela 8), pode-se observar que não apresentou efeito da CGC. O efeito da CGC para o caráter altura de inserção de espiga apresentou maior efeito positivo para a linhagem L3 e maior efeito negativo para a linhagem L5. A amplitude de variação foi de 4,63 desvios-padrão entre essas linhagens, indicando que a linhagem L3 foi a que mais contribuiu, em média, para o efeito da altura de inserção da espiga. A linhagem L4 foi a que mais contribuiu para menor altura de inserção da espiga.

Tabela 10 – Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) de sete linhagens de milho doce, para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)

Linhagens Genitoras	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Massa (kg ha ⁻¹)	Cinzas (%)	Fibras (%)
L1*	-0,0023	0,0245	38,5628	-0,0357	0,2371
L2	-0,0302	-0,0254	68,0028	0,0882	0,0651
L3	0,0497	0,0805	-422,1171	0,0303	-0,2568
L4	0,0217	0,0146	989,0028	-0,0937	-0,3528
L5	-0,0243	-0,0574	-517,4371	0,1523	-0,2528
L6	-0,0343	-0,0314	-561,3571	-0,1057	-0,0989
L7	0,0197	-0,0054	405,3429	-0,0357	0,6591
D.P. (\hat{G}_i)	0,0251	0,0195	165,7834	0,0425	0,0281
D.P. ($\hat{G}_i - \hat{G}_j$)	0,0384	0,0298	253,2384	0,0649	0,0429

* L - Linhagens.

Para o caráter massa das espigas despalhadas, o efeito da CGC, apresentou maior efeito positivo para linhagem L4. A linhagem L6 foi a que menos contribuiu para o caráter massa de espigas despalhadas. A amplitude de variação foi de 6,12 desvios-padrão (Tabela 10).

Os efeitos de CGC para o teor de cinzas (minerais) tiveram uma amplitude de 3,98 vezes o desvio-padrão. Essa amplitude corresponde a L5 e a L6, linhagens com maior resultado positivo e negativo, respectivamente.

Para o caráter de açúcares redutores, a linhagem L1 apresentou o maior efeito positivo sobre a concentração desses componentes na composição. A linhagem L6 foi a que mais contribuiu negativamente para a concentração destes. A amplitude de variação foi de 28,35 desvios-padrão entre as linhagens L1 e L6. Para os açúcares totais, a amplitude de variação foi de 53,86 vezes o desvio-padrão entre L5 e L6, ou seja, as linhagens que apresentaram maior efeito positivo e

negativo, respectivamente. Pode ser observado que esse valor foi a maior amplitude obtida (Tabela 11).

Com relação à concentração de amido nos grãos, a amplitude foi de 37,02 desvios-padrão entre L6 e L5, apresentando, respectivamente, o maior valor positivo e negativo. Quanto ao teor de açúcares, pode ser concluído que a linhagem L6 contribui para a redução do teor de açúcares e aumento no teor de amido.

A amplitude de variação para o caráter fibras foi de 23,59 desvios-padrão entre L7 e L4, linhagens que tiveram o maior efeito positivo e negativo, respectivamente. Para esse caráter, a linhagem L4 é favorável ao menor teor de fibras na composição do grão de híbridos simples de milho doce.

Tabela 11 – Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{G}_i) de sete linhagens de milho doce, para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)

Linhagens Genitoras	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Totais (%)	Amido (%)	Proteína (%)	Extrato Etéreo (%)
L1*	0,3854	0,5034	-0,8205	-0,0942	0,406
L2	-0,4165	-0,4385	0,8414	-0,1783	0,286
L3	0,2614	-0,0065	0,0534	-0,1583	-0,244
L4	0,0634	0,1274	-0,4545	0,0157	0,022
L5	0,3734	0,6254	-1,4346	0,3097	0,016
L6	-0,5245	-1,1146	1,9974	0,0977	-0,534
L7	-0,1426	0,3034	-0,1826	0,0077	0,048
D.P. (\hat{G}_i)	0,0210	0,0211	0,0607	0,0439	0,0334
D.P. ($\hat{G}_i - \hat{G}_j$)	0,0321	0,0323	0,0927	0,0670	0,0509

* L – Linhagens.

Levando-se em consideração o caráter teor de proteínas, o maior valor de \hat{G}_i positivo foi da L5 e o maior negativo para L2, resultando em uma amplitude de variação de 7,28 vezes o desvio-padrão. A linhagem L5 é a que mais contribuiu para aumento no conteúdo de proteínas nos híbridos simples de milho doce.

Em relação ao teor de extrato etéreo, a amplitude de variação foi de 18,47 desvios-padrão entre a L1 e a L6, linhagens que tiveram o maior valor positivo e negativo de \hat{G}_i , respectivamente.

A linhagem L5 contribuiu positivamente para os caracteres de açúcares totais e minerais, ao mesmo tempo em que contribuiu negativamente no aumento de amido no endosperma dos híbridos de milho doce.

Para grande parte dos caracteres avaliados, pode-se observar que a L6 foi a linhagem que contribuiu negativamente para o aumento no teor de açúcares, minerais e extrato etéreo, fatores determinantes da qualidade dos híbridos de milho doce, ao passo que contribuiu positivamente para o aumento da quantidade de amido no endosperma de milho doce, caráter que deve ser reduzido nesse tipo de milho. Essa linhagem foi também, a que menos favoreceu para o caráter massa de espigas despalhadas (kg ha^{-1}). Esses resultados são importantes para experimentos posteriores que visem atender ao binômio rendimento-qualidade em populações melhoradas, derivadas de cruzamentos destas linhagens genitoras de milho doce, resultando em melhor estabilidade do conteúdo de açúcares com redução do teor de amido, sem afetar o rendimento (SCAPIM, 1994).

4.3.2 Estimação dos efeitos da capacidade de específica de combinação (CEC)

As estimativas dos efeitos da CEC (\hat{S}_{ij}) e os desvios-padrão referentes aos 21 híbridos simples de milho doce estão apresentados nas Tabelas 12 e 13. Baixos valores de \hat{S}_{ij} indicam que os híbridos avaliados comportam-se com base na sua capacidade de combinação (SCAPIM, 1994; CRUZ; REGAZZI, 2004).

Altos valores (positivos ou negativos) de \hat{S}_{ij} indicam que o comportamento de um cruzamento particular é relativamente melhor ou pior do que o esperado, com base na capacidade geral de combinação das linhagens envolvidas. Valores de \hat{S}_{ij} próximos de zero indicam que a linhagem genitora difere um pouco da frequência média dos alelos favoráveis, de todas as linhagens genitoras envolvidas, enquanto que valores de \hat{S}_{ij} afastados de zero indicam que maior é a divergência do genitor em relação à frequência média dos alelos favoráveis, de todas as linhagens genitoras envolvidas (SCAPIM, 1994; CRUZ; REGAZZI, 2004).

As discussões serão voltadas para as combinações híbridas com estimativas da capacidade específica de combinação mais altas, que envolverem pelo menos uma das linhagens genitoras que tenha apresentado o efeito mais favorável da capacidade geral de combinação (SCAPIM, 1994).

Na Tabela 12, são apresentadas as estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) para altura de planta e inserção da espiga. Todos os híbridos simples apresentaram baixos valores de \hat{S}_{ij} para altura de planta e inserção de espiga, próximos de zero. Isso já era esperado, pois a fonte de variação CEC não foi significativa ($P>0,01$) na análise de variância (Tabela 8) indicando pouca importância da CEC para esses caracteres.

Entre os sete híbridos com médias de maior valor, para os caracteres altura de planta e inserção da espiga, quatro tiveram como genitor comum a linhagem L3, que teve o valor mais alto da estimativa de \hat{G}_i e apresentaram efeitos positivos de \hat{S}_{ij} , mais próximos de zero.

Tabela 12 – Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)

Híbridos	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Massa (kg ha ⁻¹)	Cinzas (%)	Fibras (%)
L1xL2*	0,0773	0,0213	-262,4467	0,136	0,0987
L1xL3	-0,0027	0,0053	455,3733	-0,176	0,0207
L1xL4	-0,0447	-0,0287	-1386,2467	-0,102	-0,1233
L1xL5	-0,0687	-0,0867	184,0933	-0,128	0,0967
L1xL6	0,0413	0,0273	830,7133	0,090	-0,4073
L1xL7	-0,0027	0,0613	178,5133	0,180	0,3147
L2xL3	0,0153	0,0153	-693,4667	-0,290	-0,2473
L2xL4	0,0333	0,0113	831,5133	-0,076	1,1287
L2xL5	-0,0507	0,0033	507,3533	-0,082	-0,3613
L2xL6	-0,0507	-0,0127	15,1733	0,036	-0,0753
L2xL7	-0,0247	-0,0387	-398,1267	0,276	-0,5433
L3xL4	0,0333	0,0153	246,6333	0,742	-0,6793
L3xL5	0,0593	0,0273	308,6733	-0,194	0,2907
L3xL6	-0,0707	-0,0287	-455,8067	0,184	0,4967
L3xL7	-0,0347	-0,0347	138,5933	-0,266	0,1187
L4xL5	0,0073	0,0333	178,0533	0,030	-0,7533
L4xL6	0,0173	0,0073	-69,7267	-0,512	0,1927
L4xL7	-0,0467	-0,0387	199,7733	-0,082	0,2347
L5xL6	0,0033	-0,0107	-689,8867	0,342	0,3227
L5xL7	0,0493	0,0333	-488,2867	0,032	0,4047
L6xL7	0,0593	0,0173	369,5333	-0,140	-0,5293
D.P. (\hat{S}_{ij})	0,0496	0,0385	326,9294	0,0838	0,0554
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$)	0,0769	0,05969	506,4769	0,1298	0,0858
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$)	0,0666	0,0517	438,6219	0,1124	0,0743

* L – Linhagens.

Os híbridos de maiores efeitos positivos para o caráter massa das espigas despalhadas, em ordem decrescente, foram L2xL4, L1xL6, L2xL5, L1xL3 e L6xL7. A amplitude de variação foi de 2,74 vezes o valor do desvio-padrão entre L2xL4 e L1xL4, maior valor positivo e negativo, respectivamente. Todos os valores para esse caráter estão afastados de zero. Isso indica que maior é a divergência do genitor em relação à frequência média dos alelos favoráveis, de todas as linhagens genitoras envolvidas no cruzamento dialélico.

Os híbridos de maiores efeitos positivos para o caráter cinzas, em ordem decrescente foram L3xL4, L5xL6 e L1xL3. A amplitude de variação foi de 9,66 desvios-padrão entre L3xL4 e L4xL6, que apresentaram, respectivamente, maior valor positivo e negativo. A linhagem presente no processo de cruzamentos controlados em comum para dois dos três híbridos citados, que obtiveram maiores efeitos positivos, foi a L3.

Para o caráter teor de fibras, os híbridos de maiores efeitos positivos, em ordem decrescente, foram L2xL4, L3xL4 e L2xL7. A amplitude de variação foi de 21,93 desvios-padrão entre os híbridos L2xL4 e L4xL5. Dois desses três híbridos simples obtidos, tiveram como genitora em comum a linhagem L2.

Os híbridos com maiores efeitos positivos para o caráter de açúcares redutores e totais, em ordem decrescente, foram L3xL7, L4xL5, L4xL7, L1xL6 e L1xL2 (Tabela 13). A amplitude de variação foi de 30,39 vezes o valor do desvio-padrão para açúcares redutores e 53,87 vezes o desvio-padrão, entre o maior valor positivo e negativo, respectivamente, para os dois caracteres. Entre as genitoras desses híbridos, pode ser visualizado que dois deles possuem a L4, dois possuem a L1 e mais dois híbridos possuem a L7 como genitoras em comum.

Tabela 13 – Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação de (\hat{S}_{ij}) para cinco caracteres e desvio-padrão (D.P.)

Híbridos	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Totais (%)	Amido (%)	Proteínas (%)	Extrato Etéreo (%)
L1xL2*	0,5107	0,448	-0,5913	1,2773	-0,1987
L1xL3	0,1927	-0,304	-0,2333	0,1773	0,3213
L1xL4	-0,0593	-0,308	0,8447	-0,3867	0,0653
L1xL5	-0,3593	-0,366	0,2447	-1,2507	0,6287
L1xL6	0,6087	1,924	-3,1673	-0,5187	0,1313
L1xL7	-0,8933	-1,394	2,9027	0,7013	0,3093
L2xL3	0,0547	0,898	-1,6853	-0,9187	0,1913
L2xL4	-0,2273	-0,966	1,8727	-1,0727	-0,9247
L2xL5	-0,3273	0,516	-1,5173	0,6033	0,5213
L2xL6	0,1007	-0,204	0,0007	-0,8447	0,6213
L2xL7	-0,1113	-0,662	1,9207	0,9553	-0,2107
L3xL4	-0,8653	-1,048	2,4507	1,3473	0,3253
L3xL5	-0,6353	-1,566	3,5507	0,2433	-0,0187
L3xL6	0,1927	-0,066	-0,1613	0,3153	-0,0087
L3xL7	1,0607	2,086	-3,9213	-1,1647	-0,8107
L4xL5	0,8527	2,070	-3,9713	-0,0407	0,0153
L4xL6	-0,3393	-0,510	0,3967	0,6313	-0,1147
L4xL7	0,6387	0,792	-1,5933	-0,4787	0,6333
L5xL6	0,3007	-0,488	1,9667	0,4373	-0,2987
L5xL7	0,1687	-0,166	-0,2733	0,0073	0,4093
L6xL7	-0,8633	-0,656	0,9647	-0,0207	0,3307
D.P. (\hat{S}_{ij})	0,0415	0,0417	0,1196	0,0865	0,0658
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$)	0,0643	0,0646	0,1853	0,1340	0,1019
D.P. ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$)	0,0557	0,0559	0,1605	0,1161	0,0882

* L – Linhagens.

O teor de amido resulta em valores contrários no teor de açúcares, portanto, os híbridos que possuem maior efeito positivo para esse caráter terem efeito negativo para o caráter conteúdo de amido na composição. Os híbridos que mais contribuíram no aumento dos teores de amido no endosperma dos grãos foram

L3xL5, L1xL7, L3xL4 e L2xL7. A amplitude de variação foi de 40,59 vezes o desvio-padrão. Dentre esses híbridos, pode ser observado que dois deles possuem as linhagens L3 e L7 como genitoras.

Os três híbridos que apresentaram maiores efeitos de \hat{S}_{ij} para proteínas foram, em ordem decrescente, L3xL4, L1xL2 e L1xL5, ao passo que a amplitude de variação foi de 18,75 desvios-padrão. Em dois dos três híbridos que obtiveram maior efeito de \hat{S}_{ij} , a linhagem L1 foi umas das genitoras.

Para os teores de extrato etéreo nos grãos, os híbridos que mais contribuíram positivamente para o aumento desse teor foram L4xL7, L2xL6 e L2xL5, sendo que a amplitude de variação resultou em 15,29 vezes o desvio-padrão. Em dois dos três híbridos citados, a linhagem L2 foi uma das genitoras.

5. CONCLUSÕES

Para o programa de melhoramento genético, as linhagens de milho doce que se destacaram para os cruzamentos realizados foram L4 e L5, pois estas estiveram presentes, positivamente, em quase todas as combinações para os caracteres avaliados (massa, açúcares redutores, cinzas e proteínas) ou negativamente (fibras e amido).

Os híbridos indicados para serem cultivados, com bons resultados de rendimento em espiga para o produtor e qualidade para a indústria e o consumidor, são os híbridos simples L3xL7 e L4xL5.

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, D.E. Breeding special nutritional and industrial types. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. Corn and corn improvement. **American Society of Agronomy**, Madison, p.869-80. 1988.

ALLARD, R. **Princípios de melhoramento de plantas**. São Paulo: Edgar Blucher, 1971. 381p.

ANDREW, R.H. Factors influencing early seedling vigor of shrunken-2 maize. **Crop Science**, Madison, v.22, p.263-266, 1982.

ANDREW, R.H.; BRINK, R.A.; NEAL, N.P. Some effects of the waxy and sugary genes on endosperm development in maize. **Journal Agriculture Research**, Washington, v.69, p.355- 371, 1944.

ARAGÃO, C.A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays* L.) portadores do gene shrunken--2 (sh_2sh_2) utilizando o esquema dialélico parcial**. 2002. 101p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

ARAÚJO, E.F.; CORREA, P.C.; SILVA, R.F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessorção de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.991-995, 2001.

BARBIERI, V.H. B.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H. de; DUARTE, J.M.; GOMES, L.S.; SANTANA, D.G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.826-830, 2005.

BELL, R.D.; DARRAH, L.L.; ZUBER, M.S. Progress from mass selection for field emergence and seed weight in a sh2 population of maize. **Crop Science**, Madison, v.23, p.461-464, 1983.

BORDALLO, P.N.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JUNIOR, A.T.; GABRIEL, A.P.C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.123-127, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos/Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. cap.IV. p.116-141 (Série A: Normas Técnicas e Manuais Técnicos).

BRAZ, R.F.; GALVÃO, J.C.C.; FINGER, F.L.; MIRANDA, G.V.; PUIATTI, M.; ALMEIDA, A.A. Perda de peso pós-colheita de espigas de milho-verde em função de diferentes formas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.1, p.139-144, 2006.

CAMERON, J.W.; TEAS, H.J. Carbohydrate relationships in developing and mature endosperms of brittle and related maize genotypes. **American Journal Botanic**, Washington, v.41, p.50-55, 1954.

CANIATO, F.F.; GALVÃO, J.C.C.; FINGER, F.L.; RIBEIRO, R.A.; MIRANDA, G.V.; PUIATTI, M. Composição de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.38-44, 2004.

CAPOBIANGO, M.; VIEIRA, C.R.; SANTIAGO e SILVA, A.L.; COELHO, J.V.; SEGALL, S.D.; SILVESTRE, M.A.P.C. Extração química e enzimática das proteínas do fubá de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p.884-890, 2006.

CARVALHO, N.M. e NAKAGAWA, J. Composição química de sementes. In: CARVALHO, N.M. e NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed., Jaboticabal: FUNEP, 2000. Cap.5, p.66-97.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: UNICAMP, 2001. 213p.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

CREECH, R.G. Carbohydrate synthesis in maize. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.20, p.275-322, 1968.

CREECH, R.G. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. **Genetics**, Austin, v.52, p.1175-1186, 1965.

CRUZ, D.C. **Programa Genes** - Aplicativo computacional em genética e estatística. Versão 2007. Disponível em: www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm. Acesso em 20 set. 2007.

CRUZ, D.C.; REGAZZI, A.D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2004. 390p.

DOUGLAS, S.K.; JUVIK, J.A.; SPLITTSTOESSER, W.E. Sweet corn seedling emergence and variation in kernel carbohydrate reserves. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.21, n.3, p.433- 445, 1993.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE MARINGÁ. Universidade Estadual de Maringá – UEM. Maringá-PR.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization – **FAO Statistical Databases**. Disponível em: <http://www.apps.fao.org/default.jsp>. Acesso em 5 fev. 2006.

FEDERER, W.J. Diallel cross designs and their relation to fractional replication. **Der Zuchter**, v.37, p.174-178, 1967.

FERREIRA, A.S. Composição, avaliação organoléptica e padrão de qualidade de cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, p.22-24, 1992.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**, Jaboticabal, Funep, 273 p, 1992.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. Estrutura dos grânulos de amido. In: _____. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

GAMA, E.E.G.; MORO, J.R.; MAGNAVACA, R.; VIANA, R.T.; NASPOLINI FILHO, V. **Melhoramento do milho**. In: Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. Brasília, EMBRATER, p.23-38, 1983.

GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; LEMOS, M.A. Tipos especiais de milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório Técnico Anual**. Sete Lagoas, p.164-165, 1992.

GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N. Melhoramento genético e cultivares de milho doce. In: **A cultura do milho doce**. Sete Lagoas: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1992. (Circular Técnica, 18).

GARCIA, J.L.M.; BERNHARDT, L.W.; BLEINROTH, E.W.; MORI, E.E.; CAMPOS, S.D.S.; VEIGA, A.A; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I. Determinação do ponto de colheita do milho doce. **Boletim do Instituto de Tecnologia em Alimentos**, Campinas, v.58, p.107-127, 1978.

GARDNER, E.J.; EBERHART, S.A. A analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, North Caroline, v.22, p.439-452, 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biology Science**, Victoria, v.9, p.463-493, 1956.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames, Iowa State University Press, 1981. 468p.

HEREDIA ZÁRATE, N.A.; VIEIRA, M.C. Produção do milho doce cv. Superdoce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama-de-frango. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.05-09, 2003.

HOLDER, D.G.; GLOVER, D.V.; SHANNON, J.C. Interaction of shrunken-2 with five other carbohydrate genes in (*Zea mays* L.) **Crop Science**, Madison, v.14, p.643-646, 1974.

JINKS, J.L.; HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetic Crop**, News Letter, v.27, p.48-54, 1953.

KAYS, E.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532 p.

KUROZAWA, C. Glossário. **Globo Rural**. Disponível em <http://globoruralteve.globo.com/GRural/0,27062,LPTO-4373-0-L-M,00.html>. Acesso em: 20/08/2007.

LAUGHNAN, J.R. The effect of the sh2 factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. **Genetics**, Austin, v.38, p.485-499, 1953.

LAUNDRY, J.; MOUREAUX, T. Heterogeneity of the grain corn: selective extraction and composition in amino acids of the three isolate fractions. **Bull. Society Chemical Biology**, v.52, p.1021-1037, 1970.

LERAYER, A. **Guia do milho: tecnologia do campo à mesa**. CIB, p.1-16, julho, 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br>. Acesso em 10 set. 2007.

MACHADO, J.A. **Melhoramento genético do milho doce (*Zea mays L.*)**. Piracicaba, 1980, 78 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1980.

MACHADO, M.C.M.S.T.; REYES, F.G.R.; SILVA, W.J. Acúmulo de matéria seca e composição dos carboidratos de uma nova cultivar de milho, com endosperma triplo mutante "sugary-opaque-2-waxy". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, p.1789-1796, 1990.

MAGGIO, M.A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido "tropical"**. 2006, 56p. Dissertação (Mestrado). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2006.

MARCOS, S.K.; HONÓRIO, S.L.; JORGE, J.T.; AVELAR, J.A. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.41-44, 1999.

MISRA, P.S.; MERTZ, E.T.; GLOVER, D.L. Studies on corn proteins. IV. Endosperm protein changes in singles and double endosperm mutants of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.52, p.161-166, 1975.

MORRETTI, C.L.; HENZ, G.P. Manuseio pós-colheita de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **O cultivo do milho-verde**, Brasília: EMBRAPA, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR., L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.159-165, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, L.F.G; PEREIRA, M.G.; BRESSAN-SMITH, R. Caracterização e avaliação agronômica de híbridos e linhagens de milho doce (*su₁*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.283-288, 2006.

PAES, M.C.D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular Técnica**, n.15. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, p.1-6, 2006.

PAIVA, E.; VASCONCELOS, M.J.V.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. 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.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; VILLAS BOAS, G.L. Milho doce. **Informe Agropecuário**, v.14, p.17-22, 1990.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; GUIMARÃES, P.E.O. Avaliação da capacidade combinatória de dez linhagens de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, p.71-73, 1991.

PARK, D.N.; ARAYA, L.H. Fibra dietética Y obesidad. In: LAJOLO, F.M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E.W.; MENEZES, E.W. (Ed.). **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, 2001, cap.27, p.371-384.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. p.491-552.

PEAT, S.; WHELAN, W.J.; TURVEY, J.R. The soluble polyglucose of sweet corn (*Zea mays* L.). **Journal Chemical Society**, Londres, p.2317-2322, 1956.

PEREIRA, A.S. Composição, avaliação organoléptica e padrão de qualidade de cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, p.22-24, 1987.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Cultivares de milho para o consumo verde. **Circular Técnica**, n.15. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, p.1-7, Jan., 2002.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; GAMA, E.E.G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). O cultivo do milho verde. Embrapa: Brasília, 2003. p.17-30. cap.I.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI NETTO, S. **Programa de Melhoramento. Milho doce: novos híbridos**. EMBRAPA. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/docemel.htm>. Acesso em 13 nov. 2007.

ROMERO, M.C.; BARRETT, D.M. Rapid methods for lipoxygenase assay in sweet corn. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.4, p.696-700, 1997.

RONZELLI JUNIOR., P. Melhoramento genético de espécies alógamas. In: _____. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba: Gráfica, 1996. p.5-150. cap. VI.

SANTOS, I.C.; MIRANDA, G.V.; MELO, A.V.; MATTOS, R.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.S.; GALVÃO, J.C.C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.1, p.45-53, 2005.

SAS. **Statistical Analysis System**. Sas Institute Inc., Cary, NC, USA, 1999.

SAWAZAKI, E.; POMER, C.V.; ISHIMURA, I. Avaliação de cultivares de milho doce para utilização no estágio verde. **Ciência Cultural**, v.31, p.1297-1302, 1979.

SCAPIM, C.A.; CRUZ, C.D.; ARAÚJO, J.M. Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.19-21, 1995.

SCAPIM, C.A. **Cruzamentos dialélicos entre sete variedades de milho doce (*Zea mays* L.) e correlações entre caracteres de importância agrônômica e comercial**. 1994, 96p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, N. Melhoramento de milho doce. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1994. v.11, p.45-49.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F.; ARRUDA, P.; LOVATO, M. Nutrimaiz, a tropical sweet maize cultivar of high nutritional value. **Maydica**, Bergamo, v.23, p.129-136. 1978.

SOBERALSKE, R.M.; ANDREW, R.H. Gene effects on kernel moisture and sugars of near-isogenic lines of sweet corn. **Crop Science**, Madison, v.18, p.743-746, 1978.

SOUZA, I.R.P.; MAIA, A.H.N.; ANDRADE, C.L.T. **Introdução e avaliação de milho doce na região do baixo Paranaíba**. Teresina: EMBRAPA-CNPAl, 1990. 7p.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal American Science Agronomy**, Washington, v.34, p.923-932, 1942.

STORCK, L.; LOVATO, C.; COMASSETTO, V. Avaliação do rendimento e outras características agronômicas de cultivares de milho doce. **Revista Cent. Ciência Rural**, Santa Maria, v.14, p.153-160, 1984.

STORCK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.2, p.283-292, 1991.

STYER, R.C.; CANTLIFFE, D.J. Dependence of seed vigor during germination on carbohydrate source in endosperm mutants of maize. **Plant Physiology**, Bethesda, v.76, p.196-200, 1984.

SYNGENTA SEEDS. Syngenta Brasil. Milho Doce Tropical. Disponível em: <http://www.syngentaseeds.com.br>. Acesso em 07/09/2007.

TEIXEIRA, F.F.; SOUZA, I.R.P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W.F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.483-488, 2001.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. Formação da semente. In. ____ . **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1977, Cap.3. p.25-43.

TOLEDO, L.R. Opção pelo frio. **Globo Rural**. Editora Globo, 2001. Disponível em: <http://www.globo.com/globorural>. Acessado em 25/07/2006.

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.R. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas, 2.ed. Fundação Cargill, p.373-408, 1987.

TRACY, W.F. Sweet Corn. In: **Specialty Corns**, CRC Press, p.147-187, 1994.

VALENTINI L.; SHIMOYA. A; COSTA C.C.S. **Milho doce: viabilidade técnica de produção em Campos dos Goytacazes-RJ**. PESAGRO-RJ. 14p., 2002. (Comunicado técnico).

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

WATERS JUNIOR, L.; BLANCHETTE, B. Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v.108, n.5, p.78-781, 1983.